

NELCINO FRANCISCO DE PAULA

**CRESCIMENTO DE BOVINOS DE CORTE NO SISTEMA
PASTO/SUPLEMENTO SUBMETIDOS A DIFERENTES PLANOS
NUTRICIONAIS**

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
2012

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

T

P324c
2012

Paula, Nelcino Francisco, 1983-

Crescimento de bovinos de corte no sistema pasto /
suplemento submetidos a diferentes planos nutricionais /
Nelcino Francisco Paula. – Viçosa, MG, 2012.
xiii, 115f. ; 29cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Mário Fonseca Paulino

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Bovino de corte - Alimentação e rações. 2. Bovino de
corte - Nutrição. 3. Bovino de corte - Crescimento. 4. Bovino
de corte - Pesos e medidas. I. Universidade Federal de Viçosa.
II. Título.

CDD 22. ed. 636.20852

NELCINO FRANCISCO DE PAULA

**CRESCIMENTO DE BOVINOS DE CORTE NO SISTEMA
PASTO/SUPLEMENTO SUBMETIDOS A DIFERENTES PLANOS
NUTRICIONAIS**

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: 10 de agosto de 2012.

Luis Orlindo Tedeschi

Joanis Tilemahos Zervoudakis

Edenio Detmann
(Coorientador)

Marcos Inácio Marcondes
(Coorientador)

Mário Fonseca Paulino
(Orientador)

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original”.

Albert Einstein

Dedico,

Aos meus pais José Francisco de Paula e Maria Rosa de Paula; aos meus irmãos: Angelina, Roberto, Levindo, Zenilda, Maria, Elizabete e Alice pelo exemplo de amor, simplicidade, trabalho e honestidade; aos meus sobrinhos e ao grande amigo Walmir Lopes (in memorian). Aos meus avós Levino e Alice (in memorian).

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e por sempre ter guiado meus passos;

À Universidade Federal de Viçosa – Departamento de Zootecnia e a Texas A&M University – Animal Science pelo acolhimento e por possibilitarem a realização deste trabalho;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela concessão de bolsa de estudos e financiamento do trabalho de pesquisa;

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal (INCT-CA) pelo apoio para realização deste trabalho de pesquisa;

Ao prof. Mário Fonseca Paulino pela oportunidade, confiança, pelos ensinamentos e por representar um exemplo pessoal e profissional;

Ao prof. Edenio Detmann pelos ensinamentos e pela contribuição neste trabalho;

Ao prof. Luis Orlindo Tedeschi pela confiança, orientação, amizade e pelo acolhimento alegre em College Station durante o doutorado sanduíche na Texas A&M University.

Ao prof. Joanis Tilemahos Zervoudakis por não ter medido esforços para contribuir com este trabalho, pela amizade, apoio e conselhos desde a época de mestrado.

Ao prof. Marcos Inácio Marcondes pela amizade e pelo imprescindível apoio na reta final deste trabalho.

Ao prof. Sebastião de Campos Valadares Filho pelos ensinamentos.

Aos professores Luciana Keiko Hatamoto Zervoudakis e Luciano da Silva Cabral da UFMT pela amizade e pelo apoio nesta caminhada.

Aos todos os demais professores do Departamento de Zootecnia – UFV;

Ao grande amigo Victor Rezende (Zé Pequeno) pela amizade, pelo convívio alegre e por estar sempre presente na condução dos experimentos;

Ao Mozart Fonseca pela amizade construída, pelos momentos de descontração e pela ajuda durante minha estadia na Texas A&M;

Aos funcionários do setor de Bovinocultura de Corte Joãozinho, Neco, Norival e Belmiro pela contribuição na condução dos experimentos e pelo convívio agradável;

Aos funcionários do laboratório Animal Marcelo Cardoso, Zé Geraldo, Vanor, Vicente, Antônio, Graça e Joélcio pela amizade e pela ajuda nos abates e dissecações;

Aos funcionários do DZO, Celeste, Fernanda, Adilson, Rosana, Venâncio, Edson e aos demais por estar sempre a disposição;

Aos funcionários do laboratório de Nutrição Animal Monteiro, Fernando, Welligton, Mario, Vera, Valdir e Plínio pela contribuição durante as análises laboratoriais;

À “equipe do manejo” do Setor de Bovinos de Corte, Livinha, Ériton, Aline, Sidney (Magal), Leandro, Daniel, Carla, Javier e Ivanna, que não mediram esforços para tornar este trabalho possível;

À todos os estagiários e bolsistas que passaram pelo setor de bovinocultura de corte em especial a Roberta, Léozão, Bernardo, Keithon e Antenor;

Aos bolsistas Ivan Smith (Tibil) e Gabriel Biancardi pela amizade e dedicação na condução dos experimentos. Sem vocês, com certeza teria sido muito mais difícil.

Aos amigos da República K-Zona Rural, Bruno Lucchi (Ministro), Nivaldo Faber (Niva), Guilherme Pugliesi (Guigui), Guilherme Moura (Gogó), Paulo Gustavo (PG), André, Maurício Piona, Gilson, Daniel Rates (Dog's), Renanzim, Wender (Goianim), Ivan Smith (Tibil), Bruno (Goiano), Bernardo e a todos os demais pela amizade, pelo convívio alegre e pelos momentos de descontração;

À minha querida Dorinha, por ter me suportado e pelo zelo com a república;
Aos “agredados”, Pedro (Pidrim), Sophia, o pequeno João Pedro, Liminha, Grazi, Hélida, Denise Okano, Tiago (Guedão), Isabela, Poliana e Paulinho pelos momentos de alegria;

À minha namorada Bruna pelo carinho e apoio nesta reta final;

Aos grandes amigos Welton Cabral (Epitas), Gilson Mendes (Divinão), Luiz Carlos (o *Brachiaria*) e Bruno Pitsch (Goiano) pelo apoio sempre;

À todos os colegas de pós-graduação em especial a Ivanna, Isis Scatolin e Fabiana Lana por sempre estarem presente;

Aos meus amigos de infância, Alessandro, Wesley, Ailton e Wender pela torcida;

Aos colegas das Repúblicas: Os cavalos deitados, Vaca véia, Toca do tatu e Sete Léguas;

E a todos aqueles que direta ou indiretamente fizeram parte desta jornada;

Meus sinceros agradecimentos

BIOGRAFIA

NELCINO FRANCISCO DE PAULA, filho de José Francisco de Paula e Maria Rosa de Paula, nasceu em Poxoréu – Mato Grosso em 24 de novembro de 1983.

Em dezembro de 2000, conclui o ensino médio e o curso de Técnico em Agropecuária na Escola Agropecuária de 2º Grau “Cidade dos Meninos”.

Em março de 2001, iniciou o curso de graduação em Zootecnia na Universidade Federal de Mato Grosso, concluindo em janeiro de 2006.

Em março de 2006 iniciou o curso de mestrado em Ciência Animal na Universidade Federal de Mato Grosso sob orientação do Prof. Joanis Tilemahos Zervoudakis, concentrando seus estudos na área de Nutrição e Produção de Ruminantes, submetendo-se a defesa de dissertação em abril de 2008.

Em julho de 2008, iniciou o curso de doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa na área de Nutrição e Produção de Ruminantes sob orientação do Prof. Mário Fonseca Paulino;

Em julho de 2011 iniciou o “doutorado sanduíche” na Texas A&M University, sob orientação do Prof. Luis Orlindo Tedeschi.

Em agosto de 2012 submeteu-se a defesa de tese sob orientação do Prof. Mário Fonseca Paulino, coorientação, Prof. Edenio Detmann e Prof. Marcos Inácio Marcondes, com participação dos professores Luis Orlindo Tedeschi e Joanis Tilemahos Zervoudakis.

SUMÁRIO

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
LITERATURA CITADA	6
CAPÍTULO 1.....	8
Planos de suplementação para bovinos de corte em pastagem tropical: características nutricionais e desempenho produtivo.....	8
RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	9
Introdução	10
Material e Métodos	11
Resultados e Discussão.....	22
Referências.....	42
CAPÍTULO 2.....	45
Exigências de proteína e energia de bovinos de corte em pastejo	45
RESUMO.....	45
ABSTRACT.....	46
Introdução	47
Material e Métodos	48
Resultados e Discussão.....	57
Conclusão.....	60
Referências.....	61
CAPÍTULO 3.....	63
Predicting carcass and body fat composition using biometric measurements of grazing beef cattle	63
ABSTRACT.....	63
INTRODUCTION	64
MATERIALS AND METHODS.....	65
RESULTS AND DISCUSSION	72
LITERATURE CITED	83
CAPÍTULO 4.....	92
Características produtivas e nutricionais de vacas não-gestantes recebendo suplementos de baixo consumo	92
RESUMO.....	92
ABSTRACT.....	93
Introdução	94
Material e Métodos	95

Resultados e Discussão.....	103
Conclusão.....	110
Referências.....	111
APÊNDICE.....	113

RESUMO

PAULA, Nelcino Francisco de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2012. **Crescimento de bovinos de corte no sistema pasto/suplemento submetidos a diferentes planos nutricionais.** Orientador: Mário Fonseca Paulino. Coorientadores: Edenio Detmann e Marcos Inácio Marcondes.

Quatro experimentos foram realizados com o objetivo de avaliar o crescimento de bovinos de corte da fase de amamentação até o abate recebendo diferentes planos de suplementação e avaliar a variação de peso corporal e características nutricionais de vacas de corte não-gestante. No experimento 1, avaliou-se o consumo e digestibilidade dos nutrientes, síntese de proteína microbiana e características produtivas de bovinos de corte com predominância de sangue Nelore (>50%) com idade e peso médio inicial de 120 dias e $132,5 \pm 5,4$ kg, respectivamente. Estes animais (44) foram avaliados desde a fase de amamentação até os 18 meses de idade, em pastagens de *Urochloa decumbens*, durante as fases de transição águas-seca, seca, transição seca-águas e águas. Foram avaliados quatro planos de suplementação: mistura mineral, baixo, médio e alto nível de fornecimento de suplemento. De maneira geral, verificou-se aumento no consumo de nutrientes nas diferentes épocas do ano com a suplementação, mas decréscimo no consumo de forragem à medida que se aumentou a quantidade de suplemento fornecida. Os coeficientes de digestibilidade também foram influenciados pelo plano de suplementação. À medida que se aumentaram os níveis de fornecimento de suplemento, houve aumento na excreção de nitrogênio. Quanto as características produtivas, observou-se que maiores níveis de suplementação promoveram maior peso corporal final (PCF) dos animais com peso ao abate de 359, 365,9, 397,5 e 443 kg, para os planos de suplementação controle, baixo, médio e alto, respectivamente. Quanto ao ganho médio diário (GMD), verificou-se em todas as fases de produção que o plano alto consumo de suplemento proporcionou maiores valores, sendo: 0,807 0,633, 0,560 e 0,776 kg na fase de transição águas-seca, seca, transição seca-águas e águas, respectivamente. O uso da suplementação proporcionou maiores pesos, rendimentos de carcaça e cortes comerciais quando comparados aos animais que receberam apenas mistura mineral, com os maiores valores para o plano alto consumo de suplemento. No experimento 2, avaliou-se as exigências de energia para manutenção e ganho de peso e proteína líquida para ganho de peso de bovinos de corte em pastejo. Utilizaram-se os mesmos animais e planos de suplementação relatados anteriormente. Quatro animais

foram abatidos como referência, sendo os animais remanescentes abatidos de forma escalonada nas diferentes fases de produção. A relação média entre peso de corpo vazio (PCVZ) e peso corporal jejum (PCJ) dos animais experimentais foi de 0,910 e entre o ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ) e o GMD foi de 0,907. As exigências de energia líquida de manutenção (Elm) e energia metabolizável para manutenção (EMm) são 68,5 kcal/PCVZ^{0,75} e 124 kcal/PCVZ^{0,75}, respectivamente. A eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção e ganho de peso é de 0,5524 e 0,24, respectivamente. As exigências de energia líquida para ganho (ELg) podem ser obtidas pela equação: $ER = 0,035 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{0,5653}$ e a PLg com a equação: $PR = 18,6722 + 78,6388 \times GPCVZ + 31,9809 \times ER$. O experimento 3 foi realizado com o objetivo de desenvolver equações para predição da gordura da carcaça e do corpo usando medidas biométricas corporais e medidas obtidas posmorte. Foram utilizados os mesmos animais, planos de suplementação e protocolo de abate relatado nos experimentos anteriores. Antes do abate os animais foram pesados e medidas biométricas foram tomadas incluindo distância de íleos (HBW), de ísquios (PBW), largura de abdômen (AW), comprimento do corpo (BL), altura de garupa (RH), altura de cernelha (HW), comprimento de garupa (PGL), profundidade de costela (RD), perímetro torácico (GC), profundidade de garupa (RuD), comprimento diagonal do corpo (BDL) e largura de tórax (TW). Outras medidas foram: área total corporal (TBS), volume corporal (BV), gordura subcutânea (SF), gordura interna (InF), gordura intermuscular (ImF), gordura física e química da carcaça e do corpo e gordura da seção HH. As medidas biométricas melhoram as estimativas da TBS. Os dados indicam também que as medidas biométricas em associação com peso corporal foram precisas em conter a variabilidade da gordura subcutânea, gordura interna, gordura física e química da carcaça e do corpo. Adicionalmente, o desenvolvimento de equações usando a gordura da seção HH em associação com o peso corporal foi melhor para prever a gordura corporal que a gordura da seção HH sozinha. O experimento 4 foi realizado para avaliar o fornecimento de diferentes níveis de suplementos de baixo consumo sobre mudanças no peso e escore de condição corporal (ECC), consumo e digestibilidade dos nutrientes da dieta de vacas com predominância de sangue zebu, não gestante, com peso corporal inicial de 394,7±13,14 kg em pastagem de *Urochloa decumbens* durante o período seco. Quatro tratamentos foram avaliados: Controle, T250, T500 e T750, sendo 250, 500 e 750 g de suplemento/animal/dia respectivamente.

Verificaram-se média de 409,8 kg, 0,181 kg e 4,85 pontos, respectivamente para PCF, GMD e ECC final. Quanto ao consumo de nutrientes da dieta, observou-se que o consumo de PB, carboidrato não-fibroso e extrato etéreo (EE) em kg/dia aumentaram à medida que aumentou-se os níveis de suplementação. O consumo de MS médio foi 20,31 g/kg de PC. Notou-se efeito quadrático da suplementação sobre os coeficientes de digestibilidade da MS, matéria orgânica, fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína e nutrientes digestíveis totais. Efeito linear para os coeficientes de digestibilidade da PB e EE. O fornecimento de diferentes níveis de suplemento não influenciou a eficiência de síntese de proteína microbiana.

ABSTRACT

PAULA, Nelcino Francisco de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August of 2012. **Beef cattle growth in the grazing/supplement system receiving different nutritional plans.** Adviser: Mário Fonseca Paulino. Co-advisers: Edenio Detmann and Marcos Inácio Marcondes.

Four experiments were conducted to evaluate the effects of different nutritional plans on growth of beef cattle of the suckling to slaughter, and body weight (BW) change, and nutritional characteristics of non-pregnancy cow. In experiment 1 evaluated intake, digestibility, microbial protein synthesis, and productive performance of beef cattle crossbred (at last 50% Nellore cross) with initial age of 120 day and shrunk BW (SBW) 132.5 ± 5.4 kg. The animals (44) were divided into four groups and grazed *Urochloa decumbens*. They received different four supplementation strategies in four production phases: transition rainy-dry, dry, transition dry-rainy and rainy. The animals were randomly assigned to one of four nutritional plans of supplementation: mineral only, low, medium, or high supplement intake. There was increase in the intake of nutrients, but decrease in dry matter forage intake (DMFI), with increase of the supplementation. In general, the digestibility increased with supplementation. The increase in the supplementation, increase the nitrogen excretion. Overall, was observed that high supplementation increase the final BW of animals with slaughter weight of 359, 365.9, 397.5, and 443 for control, low, medium, and high respectively. The average daily gain of high supplementation was biggest in all production phases with values of 0.807, 0.633, 0.560, and 0.776 in the transition rainy-dry, dry, transition dry-rainy and rainy production phase respectively. The supplementation allowed increase in weight, carcass dressing, and commercial cuts when compared to animals control group, with larger values to high supplement intake. In experiment 2, evaluated the energy requirement the energy requirement for maintenance and weight gain and net protein requirement for weight gain of beef cattle crossbred under tropical grazing conditions. It used the same animals and nutritional plans of the previous experiment. Four animals were slaughtered as reference and the remaining were slaughtered serially in the different phases. The average relation between empty BW (EBW) and SBW was 0.910 and between EBW gain (EBWG) and average gain day (AGD) was 0.907. The net and metabolizable energy requirements are $68.5 \text{ kcal/EBW}^{0.75}$ and $124 \text{ kcal/EBW}^{0.75}$, respectively. The efficiency of metabolizable energy utilization for maintenance and BW gain is 0.5524 and 0.24, respectively. The net energy weight gain

(NEWG) can be obtained by equation: $RE = 0.035 \times EBW^{0.75} \times EBWG^{0.5653}$ and the net protein weight gain (NPWG) by equation: $RP = 18.6722 + 78.6388 \times EBWG + 31.9809 \times RE$. The experiment 3 was conducted to develop equations to predict carcass and body fat compositions using biometric measures (BM) and body postmortem measurements. It used the same animals, nutritional plans and slaughter protocol of the previous experiment. The day before each slaughter, animals were weighed and BM were taken, including hook bone width (HBW), pin bone width (PBW), abdomen width (AW), body length (BL), rump height (RH), height at withers (HW), pelvic girdle length (PGL), rib depth (RD), girth circumference (GC), rump depth (RuD), body diagonal length (BDL), and thorax width (TW). Others measurements included were total body surface (TBS), body volume (BV), subcutaneous fat (SF), internal fat (InF), intermuscular fat (ImF), carcass physical fat (CF), empty body physical fat (EBF), carcass chemical fat (CFch), empty body chemical fat (EBFch), fat thickness in the 12th rib (FT), and 9 – 11th rib section fat (HHF). The BM improved estimates of TBS. The data indicate that BM in association with SBW were precise in accounting for variability of SF, InF, CF, EBF, CFch, and EBFch. Furthermore, the development of an equation using HHF as predictor, in combination with SBW, was a better predictor of CF and EBF than using HHF by itself. The experiment four was conducted to evaluate the effect of level different of low intake supplements on BW change, body condition score (BCS), intake, digestibility and microbial efficiency of non-pregnancy cow, crossbreed, with zebu blood predominance and initial BW of 394.7 ± 13.14 kg in *Urochloa decumbens* during dry season. Four treatments were evaluated: **Control** (without supplementation), **T250**, **T500**, and **T750**, corresponding 250, 500, and 750 g of supplement/animal/day, respectively. The average was 409.8 kg, 0.181 kg, and 4.85 point for final BW, AGD, and BCS respectively. There was increase of the intake of crude protein (CP), non-fibrous carbohydrates, and ether extract (EE) with the level supplementation. The average total dry matter intake was 20.31 g/kg of BW. The digestibility coefficients dry matter, organic matter, neutral detergent fiber, and total digestible nutrients showed a quadratic response and a linear effect on digestibility coefficients of the CP and EE according supplementation level. The supplementation level not influenced the microbial protein synthesis.

INTRODUÇÃO GERAL

A bovinocultura de corte brasileira vem passando por grandes transformações nos últimos anos, decorrentes do processo de globalização da economia mundial. Por muito tempo, a atividade desenvolveu-se com base no crescimento vegetativo do rebanho, baseado na incorporação de novas áreas, até então recurso abundante (Paulino et al., 2008). Tal fato, embora resultasse em algumas vantagens, notadamente no reduzido custo de produção, na maioria das situações não permitia otimização da produção animal.

Atualmente, temas como: demanda mundial por alimentos, legislação florestal, produção de biocombustível, valorização da terra frente ao bom momento das *commodities* agrícolas, bem como segurança alimentar e nutricional; vêm sinalizando que a bovinocultura de corte brasileira deverá estabelecer modelos que permitam redução nos ciclos produtivos.

Mesmo com perfil tecnológico diferenciado em relação às décadas de 1980 e 1990, a bovinocultura de corte brasileira apresenta como principal característica o fato de ser desenvolvida utilizando predominantemente gramíneas tropicais como principal fonte de nutrientes, destacando-se por sua praticidade e baixo custo de produção. Todavia em virtude de algumas características quali-quantitativas destas gramíneas, resultantes dos padrões climáticos dos trópicos, em muitas situações a utilização destas como única fonte de nutrientes não permite atender os objetivos impostos pelos novos padrões de sustentabilidade sócio-econômico-ambiental.

Sendo assim, a produção de carne a pasto segue a sazonalidade da produção de forrageiras. Verifica-se com isso comportamento marcante da 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. Leng (2008) ressaltou a importância da nutrição adequada na otimização das taxas de crescimentos dos animais e na redução de emissões de metano, haja vista, que os ruminantes, especialmente aqueles criados em condições de pastagem, tem sido considerados como os principais responsáveis pela produção deste gás.

A suplementação nutricional, aliada ao manejo correto das pastagens, tem sido uma das principais ferramentas de manejo nutricional capaz de disponibilizar nutrientes para otimização da produção. No entanto, verifica-se que ainda existem questionamentos sobre a viabilidade técnica e econômica da suplementação na fase de

cria e no período das águas, o nível ideal de fornecimento do suplemento a ser utilizado em cada fase de produção e mesmo a resposta produtiva possível de ser alcançada com animais zebuínos.

Adicionalmente, observa-se que na maioria dos trabalhos realizados sobre suplementação de bovinos a pasto geralmente avaliam-se períodos específicos do ciclo produtivo, comumente durante o período de menor disponibilidade e qualidade da forragem. Portanto, pouco se sabe sobre as inter-relações entre níveis de suplementação, quantidade e qualidade da forragem (que oscila em função da época do ano), e taxa de crescimento animal, que podem influenciar a resposta biológica destes animais quando submetidos a diferentes planos de suplementação desde a fase de amamentação até o abate.

O crescimento é um fenômeno biológico que envolve interações entre fatores hormonais, nutricionais, genéticos e de metabolismo, sendo definido como o aumento do tamanho, decorrente de mudanças na capacidade funcional de vários órgãos e tecidos do animal, que ocorre desde a concepção até a maturidade. O conhecimento da curva de crescimento de bovinos de corte é de extrema importância, pois fornece informações para o estabelecimento de planejamentos estratégicos de manejo e de práticas de alimentação, contribuindo para a tomada de decisão sobre a adoção de determinada tecnologia.

Neste aspecto, evidências científicas apontam que a fase pré-desmame é a fase da vida do animal em que verifica-se as maiores taxas de ganho de peso, podendo alcançar em apenas 7 meses de vida, de 25 a 50% do peso corporal adulto. Nesta fase, o leite oferece nutrientes indispensáveis ao bezerro sob uma forma simples e de fácil absorção de maneira a suprir as exigências relativamente altas nesta fase. No entanto, entre os 3 e 4 meses de idade, ocorrem mudanças consideráveis no trato digestório do bezerro, ou seja, o animal transforma-se efetivamente em um animal ruminante (Porto et al., 2009). Esse período coincide com a redução da produção de leite da matriz (Rulofson & Zollinger, 1993), colocando o bezerro em situação desfavorável no tocante ao equilíbrio nutricional, por apresentar baixa disponibilidade dos nutrientes necessários, ou seja, o leite e o pasto podem não satisfazer às demandas do animal para seu máximo crescimento.

Sendo assim, a suplementação em sistema *creep feeding* pode constituir uma prática de manejo nutricional capaz de contornar tais problemas e possibilitar aos

animais expressarem seu crescimento. No entanto, pouco se sabe sobre as respostas técnicas, nutricionais e econômicas da utilização de diferentes níveis de suplementação em sistema *creep feeding*, especialmente em animais que serão recriados e terminados em condições de pastejo.

Ao analisar estes princípios nas demais fases de produção, entende-se que um programa de suplementação eficiente deve adicionar nutrientes à dieta do animal e não substituir nutrientes que estariam presentes na forragem ingerida naturalmente; ou seja, o suplemento deve ser fornecido em quantidades que permitam corrigir deficiências nutricionais, estimular o funcionamento ruminal e manter elevadas ingestão e digestão de forragem pelo animal (Paulino et al., 2008).

Em sistemas de produção de animais com estação de monta definida (novembro – janeiro) e que preconiza o abate aos 18 meses, a fase de recria geralmente, ocorre durante a estação seca e transição seca/águas. Esta fase geralmente envolve animais e condições quantitativas e qualitativas da forragem bem diferentes da fase de cria.

Durante o período seco a queda na qualidade da forragem em função do aumento na parede celular e lignificação (Van Soest, 1994), influencia negativamente a digestibilidade e consumo voluntário (Lazarini et al., 2009; Sampaio et al., 2010). Observa-se ainda que os teores proteicos destas gramíneas dificilmente atingem o valor de 7% de PB, relatado por Lazarini et al., (2009) como mínimo para que não haja comprometimento do crescimento microbiano ruminal e, conseqüentemente, para que ocorra utilização eficiente dos carboidratos fibrosos da forragem basal.

Já no final do período seco e início da estação das chuvas (transição seca/águas), observa-se uma 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 presente sob forma de proteínas solúveis para formas insolúveis associadas à parede celular (Paulino et al., 2003).

Por fim, no final do período das águas realiza-se normalmente a terminação (18 meses) de animais produzidos a pasto, evitando-se sobreposição de categorias. Nesta época do ano, verifica-se que os pastos tropicais geralmente possibilitam desempenhos considerados bons, mas ainda espera-se respostas ao fornecimento de suplementos.

Evidencia-se então, a importância de se definir a quantidade de suplementos que podem influenciar a resposta animal em função da época do ano.

Por outro lado, para que os animais expressem seu crescimento para produção de carne devem ser atendidas às suas exigências nutricionais. Para cada tipo de animal existe uma determinada exigência nutricional, a qual varia ainda conforme a fase de produção. Somente através do conhecimento destas exigências é possível o balanceamento de dietas adequadas para se atingir o nível de produção almejados. Apesar disto, poucas são as informações sobre as exigências nutricionais de animais em regime de pastejo.

A maioria dos dados publicados no Brasil refere-se a animais confinados (Valadares Filho et al., 2006; 2010). Ainda nota-se larga utilização dos sistemas internacionais para a determinação das exigências dos animais (ARC, 1980; CSIRO, 1990; AFRC, 1993; NRC, 2000; CSIRO, 2007), desenvolvidas com bovinos e em condições de produção diferentes daqueles que representam a pecuária brasileira. Diferenças na composição do ganho em animais suplementados podem interferir com as exigências de ganho. Estes fatores podem levar às diferenças na proporção de deposição de tecidos corporais, alterando as exigências dos animais.

Portanto, mais estudos são necessários para o entendimento dos mecanismos de resposta à suplementação nas diferentes épocas do ano e fases de produção de forma a possibilitar a quantificação das exigências nutricionais dos animais criados em condições de pastejo.

Adicionalmente, a avaliação e aplicação de medidas biométricas corporais em bovinos de corte, especialmente na estimação da composição em gordura são de grande interesse para o desenvolvimento e validação de modelos que simulem o padrão de crescimento e requerimentos nutricionais em bovinos de corte.

O uso de medidas biométricas corporais tomadas no animal vivo como preditores da composição corporal tem sido sugeridas anteriormente (Cook et al., 1951; Fischer, 1975). Muitas destas medidas refletem primeiramente o comprimento de ossos longos. Todas essas indicam como a forma do corpo está mudando e têm sido usadas como preditores de peso e composição corporal (Lawrence & Fowler, 2002; Fernandes et al., 2010). Em estudo recente, Fernandes et al. (2010) verificaram que o uso de medidas biométricas combinadas com medidas tomadas *posmortem* podem ser

utilizadas para prever as quantidades de gordura física e química de bovinos criados em condições de pastejo.

Desta forma, objetivou-se com este estudo:

- Avaliar as características nutricionais e o desempenho produtivo de bovinos no sistema pasto / suplemento desde a fase de amamentação até o abate;
- Estimar a inter-relação entre medidas biométricas corporais e composição da carcaça e gordura corporal, e desenvolver modelos matemáticos que possam ser utilizados para prever a composição corporal de bovinos em pastejo;
- Avaliar o conteúdo corporal e determinar as exigências corporais de bovinos em sistema de pastejo submetidos aos diferentes planos de suplementação para abate aos 18 meses; e
- Avaliar as características nutricionais, variações no peso e escore de condição corporal, consumo e digestibilidade de vacas não gestantes recebendo suplementos de baixo consumo;

Os capítulos a seguir foram elaborados seguindo as normas da **Revista Brasileira de Zootecnia**, exceto o capítulo 3 que foi elaborado conforme as normas do periódico **Journal of Animal Science**, sendo que este já foi submetido.

LITERATURA CITADA

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL – AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. Agricultural and food research council. CAB International. Wallingford. 1993. 176p.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirements of ruminants livestock**. London: 1980.
- COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION – CSIRO. **Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants**. CSIRO Publishing. Collingwood. 2007. 296p.
- COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION - CSIRO. **Feeding standards for Australian livestock - ruminants**. Victoria: Australia Agricultural Council. 1990. 266p.
- COOK, A.C.; KOHLI, M.L.; DAWSON, W.M. Relationships of five body measurements to slaughter grade, carcass grade, and dressing percentage in milking shorthorn steers. **Journal of Animal Science**, v.10, p.386–393, 1951.
- FERNANDES, H.J.; TEDESCHI, L.O.; PAULINO, M. F. et al. Determination of carcass and body fat compositions of grazing crossbred bulls using body measurements. **Journal Animal Science**, v. 88, p.1442-1453, 2010.
- FISHER, A.V. The accuracy of some body measurements on live beef steers. **Livestock. Production Science**, v.2, p.357-366, 1975.
- LAWRENCE, T.L.J.; FOWLER, V.R.. **Growth of farm animals**. 2nd ed. CAB Publishing, New York, NY. USA, 2002.
- LAZZARINI, I.; DETMANN, E.; SAMPAIO, C.B. et al. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.2021- 2030, 2009.
- LENG, R.A. Decline in available world resources; implications for livestock production systems in Asia. **Livestock Research for Rural Development**, v.20 (1), 2008.
- 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.
- PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALENTE, E.E.L. Nutrição de bovinos em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2008, Viçosa. **Anais...** Viçosa: IV, p.131-169, 2008.
- POPPI, D.P. E 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. Fontes de energia em suplementos múltiplos para bezerros Nelore em creep-feeding: desempenho produtivo, consumo e digestibilidade dos nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.1329-1339, 2009.
- RULOFSON, F. ZOLLINGER, W.A. **Creep-feeding beef calves**. Oregon: Oregon State University Extension Service, 7p. EC 935. 1993.
- SAMPAIO, C.B.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F. et al. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Tropical Animal Health and Production**, v.42, 1471-1479, 2010.
- VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos – BR CORTE**. 1 ed. Viçosa : UFV, Suprema Gráfica Ltda. 2006, 142p.
- VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, M.L.; PAULINO, P.V.R. **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados BR CORTE**. 2 ed. Viçosa : UFV, Suprema Gráfica Ltda. 2010, 193p.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476p.

CAPÍTULO 1

Planos de suplementação para bovinos de corte em pastagem tropical: características nutricionais e desempenho produtivo

RESUMO: Objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes planos de suplementação proteico-energética sobre o consumo, digestibilidade, síntese de proteína microbiana e desempenho produtivo de bovinos de corte com predominância de sangue Nelore (>50%) com idade e peso médio inicial de 120 e 132,5±5,4 kg, respectivamente. Estes animais (44) foram avaliados desde a fase de amamentação até os 18 meses de idade, em pastagens de *Urochloa decumbens*, durante as fases de transição águas-seca, seca, transição seca-águas e águas. Foram avaliados quatro planos de suplementação: mistura mineral, baixo, médio e alto nível de fornecimento de suplemento. As estimativas do consumo e digestibilidade foram realizadas por intermédio da técnica dos indicadores (óxido crômico, dióxido de titânio e fibra em detergente neutro indigestível). Verificou-se aumento no consumo de nutrientes, mas decréscimo no consumo de forragem à medida que se aumentou a quantidade de suplemento fornecida. Os coeficientes de digestibilidade foram positivamente influenciados pelos planos de suplementação. De maneira geral, observou-se que os maiores níveis de suplementação promoveram maior peso corporal final dos animais com peso ao abate de 359, 365,9, 397,5 e 443 kg, para os planos de suplementação controle, baixo, médio e alto, respectivamente. Quanto ao ganho médio diário, verificou-se em todas as fases de produção que o plano alto proporcionou os maiores valores, sendo 0,807, 0,633, 0,560 e 0,776 kg na fase de transição águas-seca, seca, transição seca-águas e águas, respectivamente. A suplementação proporcionou maiores pesos, rendimentos de carcaça e cortes comerciais quando comparados ao controle, com os maiores valores para o plano alto consumo de suplemento.

Palavras-chave: consumo, forragem, ganho de peso, suplemento proteico-energético

Supplementation plans to beef cattle under tropical pasture: nutritional characteristics and productive performance

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effects of different nutritional plans on intake, digestibility, microbial protein synthesis, and productive performance of cattle crossbred under tropical grazing conditions. It contained 44 animals, from different crossbred genetic groups (at least 50% Nellore cross) with initial age of 120 d and shrunk BW 132.5 ± 5.4 kg. The animals were divided into four groups and grazed *Urochloa decumbens*. They received different four supplementation strategies in four production phases: transition rainy-dry, dry, transition dry-rainy and rainy). The animals were randomly assigned to one of four nutritional plans of supplementation (mineral only, low, medium, or high supplement intake). The estimation of intake and digestibility were conducted using the indicators technique (chromic oxid, titanium dioxide and neutral detergent fiber indigestible). All variables evaluate were influenced ($P < 0.10$) to production phase and plans x phase interaction. There was increase in the intake of nutrients, but decrease in DM forage intake (DMFI), with increase of the supplementation. In general, the digestibility increased with supplementation. Overall, was observed that high supplementation increase the final body weight of animals with slaughter weight of 359, 365.9, 397.5, and 443 for control, low, medium, and high respectively. The average daily gain of high supplementation was biggest in all production phases with values of 0.807, 0.633, 0.560, and 0.776 in the transition rainy-dry, dry, transition dry-rainy and rainy production phase respectively. The supplementation allowed increase in weight, carcass dressing, and commercial cuts when compared to animals control group, with larger values to high supplement intake.

Keywords: forage, intake, protein-energetic supplement, weight gain

Introdução

A produção de bovinos de corte em regiões tropicais, como o Brasil, caracteriza-se por utilizar as gramíneas como principal fonte de nutrientes (Paulino et al., 2010) e pela criação predominante de animais *Bos taurus indicus*, especialmente a raça Nelore e seus cruzamentos (Millen et al., 2011).

Todavia, os padrões climáticos das regiões tropicais tornam a produção de carne a pasto extremamente dinâmica, haja vista a inconstância na oferta de nutrientes. Verificam-se oscilações marcantes na resposta animal ao longo do ano, resultantes de períodos em que a disponibilidade de nutrientes parece satisfatória, normalmente durante a estação chuvosa, e períodos em que os baixos *inputs* de nutrientes, especialmente proteína, tornam o desempenho animal limitado. Tal fato ocorre com frequência na estação seca do ano.

Sob esta ótica, a suplementação, aliada ao manejo correto das pastagens, tem sido uma das principais ferramentas de manejo nutricional capaz de disponibilizar nutrientes para aumentar a taxa de digestão, síntese de proteína microbiana e assim aumentar o consumo, extração de energia da forragem e fluxo de nutrientes para o trato posterior, viabilizando e estabelecendo bovinocultura condizente com os novos padrões de sustentabilidade socioeconômica e ambiental preconizado (Detmann et al., 2004; Paulino et al., 2008).

Estudos realizados nestas regiões têm reportado efeitos positivos da suplementação sobre o consumo, digestibilidade e eficiência microbiana (Detmann et al., 2004; Lazzarini et al., 2009; De Paula et al., 2011; Porto et al., 2011). Frequentemente, o conteúdo de proteína na forragem basal, tem sido considerado a base para a resposta animal a planos de suplementação. Quando estes níveis são maiores que 7% tem sido observados benefícios de menor magnitude com a suplementação proteica.

Por outro lado, com níveis inferiores a 7% na forragem basal a resposta tem sido dependente da quantidade e características do suplemento (Lazzarini et al., 2009; Sampaio et al., 2010).

Adicionalmente, é notório que a maioria dos trabalhos desenvolvidos em condições de pastejo concentra-se em determinada fase da vida do animal, especialmente no período de menor qualidade e disponibilidade de forragem. Del Curto et al. (1990) relataram a dificuldade em explicar resposta a suplementação de diferentes pesquisas mesmo quando os suplementos e a forragem são as mesmas, em virtude da forte influência de planos nutricionais prévios dos animais. Verifica-se, portanto a necessidade de mais conhecimento no que se refere à base nutricional que pode influenciar a resposta animal ao longo das diferentes fases de produção e as possíveis interações com a sazonalidade das forrageiras tropicais.

Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de planos de suplementação sobre o consumo, digestibilidade dos nutrientes, eficiência microbiana, desempenho produtivo e características de carcaça em bovinos consumindo forragem tropical do período de amamentação até os 18 meses.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no setor de Bovinocultura de Corte do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, entre março de 2009 e maio de 2010.

Os animais foram avaliados continuamente durante as fases de produção: Fase 1 – cria, amamentação no período de transição águas – seca; Fase 2 - recria no período seco; Fase 3 - recria no período de transição seca-águas e Fase 4 - terminação no período das águas.

A fase de cria iniciou-se com 44 bezerros com predominância de sangue Nelore (>50%), amamentados e acompanhados por suas respectivas mães, com idade e peso médio inicial de 120 dias e $132,5 \pm 5,4$ kg, respectivamente. Na fase de recria na seca (após o desmame dos animais com aproximadamente 8 meses), utilizaram-se 40 animais remanescentes da fase de cria e com duração de 84 dias. Na fase de recria na transição seca-águas utilizaram-se 36 animais remanescentes da recria na seca e na última fase (águas) utilizaram-se 28 animais oriundos da fase de recria na transição seca-águas.

A área experimental constou de 4 piquetes, formados com *Urochloa decumbens*, providos de bebedouros e cochos cobertos. Na fase de cria, os cochos foram duplos, ou seja, de um lado um cocho colocado mais alto para acesso apenas das vacas e do outro, um cocho mais baixo com acesso privativo aos bezerros. Nas demais fases o cocho também foi coberto com acesso bilateral, de forma a permitir acesso simultâneo de todos os animais.

Ao início do experimento, após pesagem inicial, a cada animal foi sorteado um dos quatro planos nutricionais (**Baixo, Médio e Alto** consumo de suplemento) e um suplemento (**Controle**) em que os animais receberam apenas mistura mineral (Tabela 1). O plano nutricional atribuído a cada animal, ao início do experimento, foi utilizado em todas demais fases experimentais, visando contemplar os efeitos cumulativos e residuais de cada tratamento.

Controle de endo e ectoparasitas foram realizados no início do experimento e sempre que necessário.

Os suplementos proteicos-energéticos foram formulados para conterem 300 g de proteína bruta (PB)/kg de matéria natural nas fases de transição águas/seca, seca e

transição seca/águas e 240 g de PB/kg de matéria natural no período das águas (Tabela 2) e foram fornecidos diariamente por volta das 10h00.

Tabela 1 - Planos nutricionais para bovinos de corte em pastejo em função da quantidade de suplemento concentrado fornecida.

Fase de Produção	Planos nutricionais ¹			
	Controle ²	Baixo	Médio	Alto
Cria/Águas-secas	-	0,250	0,500	1,000
Recria/Seca	-	0,500	1,000	2,000
Recria/Seca-águas	-	0,500	1,000	2,000
Terminação/Águas	-	0,750	1,500	3,000

¹/kg de suplemento/animal/dia; ²/acesso irrestrito a mistura mineral.

Tabela 2 – Composição dos suplementos com base na matéria natural (kg/kg de suplemento).

Ingredientes	Fases de Produção			
	Cria Águas/seca	Recria Seca	Recria Seca-águas	Terminação Águas
Farelo de soja	550,0	391,0	391,0	307,0
Milho moído	225,0	290,0	290,0	335,0
Sorgo moído	225,0	290,0	290,0	335,0
Uréia/SA ¹	-	29,0	29,0	23,0
M. mineral ^{2, 3}	0,040	0,050	0,050	0,060
Proteína bruta ⁴	300	300	300	240

¹SA = sulfato de amônio;

²Quantidade de mistura mineral/animal/dia adicionada ao suplemento proteico-energético;

³Composição percentual da mistura mineral: fosfato bicálcico, 50,00; cloreto de sódio, 47,775; sulfato de zinco, 1,40; sulfato de cobre, 0,70; sulfato de cobalto, 0,05; iodato de potássio, 0,05 e selenito de sódio, 0,025.

⁴g/kg de matéria natural de suplemento.

No início e final de cada fase de produção os animais foram pesados, após jejum de aproximadamente 14 horas. O peso corporal final (PCF) e o ganho médio diário (GMD) foi obtido em cada fase de produção. A cada 28 dias os animais eram pesados, sem jejum prévio, tendo em vista o acompanhamento do crescimento.

A cada 28 dias procedeu-se a amostragem da forragem disponível aos animais. Para avaliação quantitativa, a forragem foi cortada rente ao solo de quatro áreas

delimitadas por um quadrado metálico de 0,5 x 0,5 m (0,25 m²) escolhidos aleatoriamente em cada piquete experimental. Após a coleta, as amostras foram pesadas e homogeneizadas, e a partir destas foram retiradas duas alíquotas: uma para avaliação da disponibilidade total de MS e outra para análise da composição da massa disponível em termos de folha verde, folha seca, colmo verde e colmo seco. Das amostras destinadas à estimação da disponibilidade total de forragem, foi calculado o percentual de MS potencialmente digestível (MSpD) ofertada aos animais. Esse resultado foi obtido por intermédio do resíduo insolúvel em detergente neutro (FDNi) avaliado após incubação *in situ* (saco F57 Ankon) das amostras por 288 conforme recomendado por Valente et al. (2011). A MSpD foi calculada segundo a equação proposta por Paulino et al. (2008):

$$MSpD = 0,98 \times (100 - FDN) + (FDN - FDNi)$$

onde: 0,98 = coeficiente de digestibilidade verdadeiro do conteúdo celular; FDN = fibra em detergente neutro; FDNi = FDN indigestível.

Para avaliação qualitativa, amostras da forragem foram obtidas via simulação manual do pastejo animal a cada 28 dias. Na fase de cria, convencionou-se obter uma amostra por simulação manual para vacas e outra para bezerros, dada a possível diferença de seletividade entre categorias. Adicionalmente, a cada 14 dias na fase de cria e 7 dias nas demais fases de produção os animais foram rotacionados entre piquetes, tendo em vista evitar possíveis efeitos dos piquetes, especialmente quanto a disponibilidade e qualidade da forragem. Ressalta-se que os animais foram mantidos no mesmo plano de suplementação.

As amostras para avaliação quantitativa e qualitativa da forragem foram pesadas e imediatamente levadas para estufa com circulação forçada de ar (55°C/72 horas), processadas em moinho de facas tipo Wiley (1 e 2 mm) e armazenadas para análise.

Os dados climáticos referentes ao período experimental foram coletados na estação meteorológica da Universidade Federal de Viçosa e estão apresentados na Figura 1.

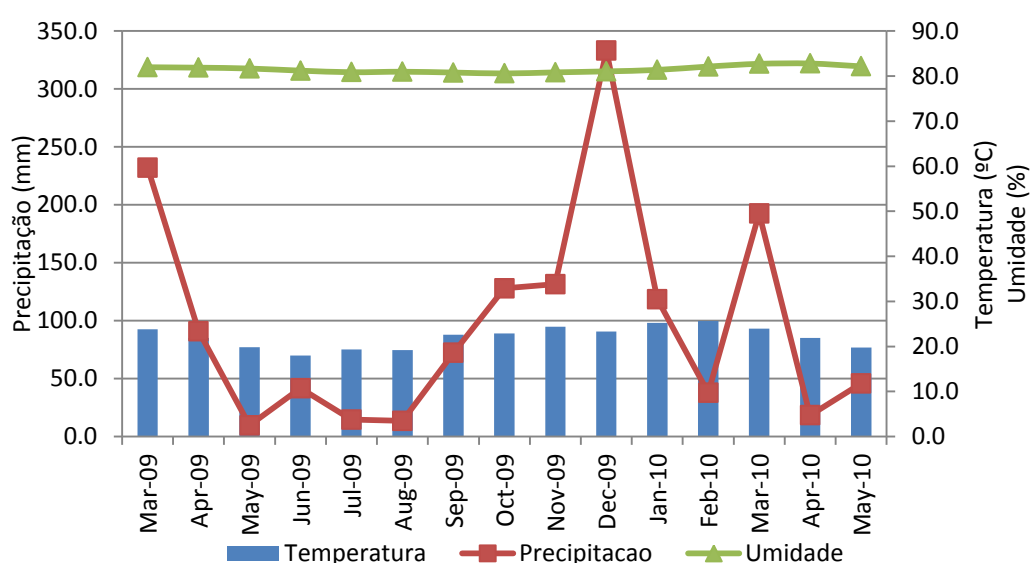


Figura 1 – Dados meteorológicos do período experimental.

A avaliação das características nutricionais foi realizada em cada fase de produção. Os ensaios foram realizados à partir do 9º dia do segundo período experimental de cada fase de produção por intermédio da técnica dos indicadores. Empregou-se o óxido crômico como indicador para estimação da excreção fecal e o dióxido de titânio como indicador do consumo de suplemento (Titgemeyer et al., 2001). A FDNi foi utilizada como indicador interno para estimação do consumo de pasto.

Cada ensaio teve duração de 9 dias, sendo os seis primeiros destinados à adaptação dos animais ao óxido crômico e dióxido de titânio e os três dias restantes

para coletas em horários diferenciados. O dióxido de titânio foi adicionado diariamente ao suplemento concentrado de cada tratamento, na proporção de 6 g/bezerro. O óxido crômico foi acondicionado em cartucho de papel (6 g) e aplicado via sonda esofágica. Entre o 7º e 9º dia procedeu-se à coleta de amostras de fezes, tomadas diretamente no reto dos animais, às 16h00, 12h00 e 08h00, respectivamente. As amostras fecais foram identificadas e secas em estufa de ventilação forçada de ar. Posteriormente as amostras foram moídas em moinho de faca com peneira com malha de 1 e 2 mm, sendo as amostras compostas por animal e armazenadas em potes plásticos.

No dia oito do ensaio procedeu-se uma avaliação quantitativa e qualitativa da forragem conforme descrito anteriormente.

Aos 28 dias do segundo período da fase de cria foi realizada uma coleta de leite, tendo em vista a obtenção da produção e composição deste. Para tanto, os bezerros foram apartados de suas mães, por 12 horas (18h00 às 6h00). As vacas foram esgotadas através de ordenha manual com aplicação de oxitocina. A estimativa da produção de leite foi ajustada para 24 horas. Adicionalmente, amostras de leite foram enviadas ao laboratório de qualidade de leite da EMBRAPA – Gado de Leite para análise de composição centesimal (método espectrometria de absorção no infravermelho médio).

Nos ensaios de consumo e digestibilidade das demais fases de produção (recria na seca, recria na transição seca/águas e terminação nas águas) o procedimento foi o mesmo, exceto para quantidade de indicador fornecido que foi 10 g de óxido crômico e de dióxido de titânio/animal/dia.

No 9º dia do ensaio de cada fase de produção foi realizada a coleta, nos animais, de amostras “spot” de urina, em micção espontânea e de sangue, realizadas aproximadamente quatro horas após o fornecimento do suplemento. Após a coleta, 10 mL de urina foram diluídas em 40 mL de H₂SO₄ 0,036 N (Valadares et al., 1999) e

congeladas para posterior avaliação dos teores de creatinina, derivados de purina (ácido úrico e alantoína) e ureia.

As amostras de sangue foram coletadas após a coleta de urina utilizando-se tubos com vácuo e gel acelerador de coagulação (BD Vacutainer® SST II Advance), sendo as amostras imediatamente centrifugadas e o plasma congelado para posterior determinação dos teores de ureia sérica.

Nas amostras de forragem obtidas via simulação manual, suplementos e fezes, processadas em peneiras de 1 mm, foram avaliados os teores de MS, matéria orgânica (MO), PB, lignina (ácido sulfúrico 72% p/p), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) com as devidas correções para cinza e proteína, constituindo-se a fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína (FDNcp) e fibra em detergente ácido corrigida para cinza e proteína (FDAcp) de acordo com recomendações de Detmann et al. (2012). Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) seguiram recomendações de Detmann & Valadares Filho (2010);

$$CNF = MO - [EE + FDNcp + (PB - PBu + U)]$$

em que: CNF = teor de carboidratos não-fibrosos (%); MO = teor de matéria orgânica (%); EE = teor de extrato etéreo (%); FDNcp = teor de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (%); PB = teor de proteína bruta (%); PBu = teor de proteína bruta oriunda da ureia (%); U = teor de ureia (%).

As amostras de fezes e óxido crômico foram analisadas quanto a concentração de cromo em espectrofotômetro de absorção atômica. Adicionalmente, as amostras de fezes e de dióxido de titânio foram analisadas por colorimetria quanto à concentração de titânio seguindo recomendações de Detmann et al. (2012).

Tabela 3 - Composição química (g/kg) da *Urochloa decumbens* em cada fase de produção e do leite consumido pelos animais.

Itens ¹	Fase de Produção			
	Cria Águas/seca	Recria Seca	Recria Seca/Águas	Terminação Águas
MS ²	282,4±12,3	286,8±7,4	306,4±23,0	247,4±8,0
MO ³	910,0±2,8	901,9±3,0	912,2±1,9	925,2±2,5
PB ³	100,9±5,0	79,9±5,9	81,0±6,4	111,5±5,6
EE ³	10,1±0,45	6,0±0,31	6,4±0,2	10,3±0,7
FDNcp ³	558,4±12,4	569,7±16,0	600,5±9,56	537,9±30,1
CNF ³	240,6±8,3	246,4±7,5	224,4±7,6	265,5±8,4
FDAcp ³	309,1±80	329,0±10,5	346,5±7,4	321,8±7,8
Lignina ³	32,1±2,8	38,7±8,0	27,3±4,3	30,3±1,6
FDNi ³	188,9±11,1	204,3±7,4	208,7±15,0	178,2±7,8
Componentes do Leite (g/kg)				
	Proteína	Gordura	Lactose	ES
Média	40,4±7,0	38,7±2,1	44,0±0,9	135,3±3,3

¹ MS – matéria seca; MO – matéria orgânica; PB – proteína bruta; EE – extrato etéreo; FDNcp – FDN corrigida para cinzas e proteína; CNF – carboidratos não fibrosos; FDAcp – fibra em detergente ácido corrigida para cinzas e proteína; FDNi – FDN indigestível; ²em g/kg de matéria natural; ³em g/kg de MS.

Tabela 4 - Composição química dos suplementos de acordo com o plano nutricional e fase de produção.

Itens ¹	Cria	Recria	Recria	Terminação
	Águas/seca	Seca	Seca/águas	Águas
MM ²	0,040	0,050	0,050	0,060
MS ³	885,21	901,57	893,47	893,76
MO ⁴	961,53	966,20	964,45	971,99
PB ⁴	321,17	329,46	325,54	280,24
PIDN/PB ⁵	132,51	131,59	149,20	176,60
EE ⁴	20,97	20,33	20,31	20,75
FDNcp ⁴	110,36	101,96	109,18	99,25
CNF ⁴	509,04	566,24	561,67	613,19
FDA ⁴	47,88	39,95	49,45	39,95
FDNi ⁴	11,05	10,67	12,82	14,88
Lignina ⁴	3,17	1,91	3,28	2,67

¹MM – mistura mineral; MS – matéria seca; MO – matéria orgânica; PB – proteína bruta; PIDN/PB – proteína insolúvel em detergente neutro; EE – extrato etéreo; FDN – fibra em detergente neutro; FDNcp – FDN corrigida para cinzas e proteína; CNF – carboidratos não fibrosos; FDA – fibra em detergente ácido; FDNi – FDN indigestível ²quantidade, em kg, de mistura mineral adicionada à mistura protéico-energética imediatamente antes do fornecimento; ³em g/kg de matéria natural; ⁴em g/kg de MS; ⁵em g/kg de PB.

As estimativas de consumo voluntário foram obtidas utilizando-se a FDNi como indicador interno, quantificadas por procedimento de incubação *in situ* por 288 horas, utilizando alíquotas processadas em peneira de malha 2 mm, segundo recomendações de Valente et al., (2011).

A excreção de matéria seca fecal foi calculada como:

$$MSF = \frac{QFI}{CIF} \times 100$$

em que: MSF = matéria seca fecal (g/dia); QFI = quantidade fornecida do indicador (g); CIF = concentração do indicador (cromo) nas fezes (%);

O consumo de matéria seca de suplemento (kg/dia) foi estimado segundo a equação:

$$CS = \frac{MSF \times CIF}{CIS}$$

em que: CS = consumo de matéria seca de suplemento (kg/dia); MSF = matéria seca fecal (kg/dia); CIF = concentração do indicador nas fezes (kg/kg); CIS = concentração do indicador no suplemento.

As estimativas do consumo voluntário foram obtidas segundo a equação:

$$CMST = \frac{[(EF \times CIF) - (CS \times CIS)]}{CIFO} + CS + CL$$

em que: CMST = consumo de matéria seca total (kg/dia); EF = excreção fecal (kg/dia); CIF = concentração do indicador (FDNi) nas fezes (kg/kg); CS = consumo de suplemento (kg/dia); CIS = concentração do indicador (FDNi) no suplemento (kg/kg); CIFO = concentração do indicador (FDNi) na forragem (kg/kg); e CL = consumo de matéria seca de leite (kg/dia), para a fase de amamentação.

As amostras de urina e sangue foram analisadas quanto ao teores de ureia pelo método enzimático-colorimétrico (Ureia Liquicolor - Human do Brasil – In Vitro Diagnóstica); assim como para ácido úrico na urina (Uric Acid Liquicolor - Human do Brasil – In Vitro Diagnóstica). Para análise de creatinina na urina utilizou-se o método do Picatro Alcalino (Creatinina - Human do Brasil – In Vitro Diagnóstica). As análises de alantoína foram realizadas pelo método colorimétrico, conforme método de Fujihara et al. (1987). O cálculo do volume urinário diário foi feito empregando-se a relação entre a excreção diária de creatinina (EC), proposta por Barbosa et al. (2006), e a sua concentração nas amostras *spot*:

$$EC_{(mg/kg\ PV)} = 27,11 \times PC$$

Desta forma, a excreção urinária diária de compostos nitrogenados foi obtida pelo produto entre sua concentração nas amostras *spot* e o valor estimado de volume urinário.

A excreção total de derivados de purinas foi calculada pela soma das quantidades de alantoína e ácido úrico excretados na urina, expressas em mmol/dia.

As purinas absorvidas (Y, mmol/dia) foram calculadas a partir da excreção de derivados de purinas (X, mmol/dia), por intermédio da equação:

$$Y = (X - 0,30 \times PV^{0,75})/0,80$$

em que: 0,80 = recuperação de purinas absorvidas como derivados urinários de purinas; 0,30 x PV^{0,75} = contribuição endógena para a excreção de purinas (Barbosa et al., 2011).

A síntese ruminal de compostos nitrogenados (Y, g Nmic/dia), calculada em função das purinas absorvidas (X, mmol/dia), utilizando-se a equação descrita por Chen & Gomes (1992), com exceção da relação N purinas: N total das bactérias de 0,137, conforme Barbosa et al. (2011):

$$Y = \frac{70X}{0,93 \times 0,137 \times 1000}$$

em que: 70 é o conteúdo de N de purinas (mgN/mol); 0,137, a relação N purinas:N total nas bactérias; e 0,93, a digestibilidade das purinas bacterianas.

O peso vivo jejum foi obtido após 16 horas sem acesso a alimentação. Os animais foram abatidos por concussão cerebral seguido por secção da artéria carótida e veia jugular. Todos os componentes corporais, incluindo sangue, órgãos internos, aparelho digestório, gordura visceral, língua, rabo, couro, cabeça, pés e carcaça foram lavados e pesados. O peso de corpo vazio (PCVZ) foi computado como a soma de todos os componentes.

A carcaça de cada animal foi dividida em duas partes iguais. Cada meia carcaça foi pesada a quente e resfriada a - 1° C. Após 24 horas de resfriamento as meias carcaças foram novamente pesadas para obtenção do peso da carcaça fria. A espessura de gordura subcutânea e a área de olho de lombo foram mensuradas na 12th costela da meia-carcaça esquerda. Em seguida, a meia-carcaça direita foi fisicamente separada em gordura, músculo e osso. Todos os componentes foram pesados.

As variáveis estudadas foram analisadas segundo delineamento inteiramente casualizado em esquema de medidas repetidas no tempo por intermédio do método de modelos mistos, segundo o modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + a_{(i)j} + F_j + (P \times F)_{ij} + \varepsilon_{(ij)k}$$

em que: Y_{ijk} = variável resposta medida na unidade experimental k submetida ao plano nutricional i durante a fase j; μ = constante geral; P_i = efeito do plano nutricional i (efeito fixo); F_j = efeito da fase de produção j (efeito fixo); $a_{(i)j}$ = efeito de animal aninhado em plano nutricional i na fase de produção j (efeito aleatório) $(P \times F)_{ij}$ =

interação entre os efeitos principais (efeito fixo); e ε_{ijk} = erro aleatório não-observável, pressuposto de distribuição normal.

Utilizou-se o procedimento PROC MIXED do SAS (versão 9.2). Para a análise das variáveis, estruturas de matriz de covariância dos erros foram ajustadas. Dentre todas as estruturas investigadas, CS foram as melhores conforme o critério de informação bayesiano (BIC), a qual também foi utilizada nos modelos subsequentes. Após a ANOVA as comparações entre médias foram realizadas pelo teste DMS de Fisher, adotando $\alpha = 0,10$ como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I.

Resultados e Discussão

Verificou-se em todas as fases de produção que as disponibilidades de MS total de forragem permaneceram acima de 4000 kg/ha (Figura 2). Mesmo durante o período seco a disponibilidade de forragem parece não ter limitado o consumo dos animais, o que pode ser atribuído ao maior regime de chuva que comumente observado para esta época do ano (Figura 1). A MSpD representou 65,2, 65,6, 66,6 e 71,3% da disponibilidade de MS total, respectivamente para as fases de transição águas-seca, seca, transição seca-águas e águas.

A disponibilidade de folha verde, componente da massa de forragem preferido pelos animais, foi mais pronunciada durante o período das águas, correspondendo a aproximadamente 22% da disponibilidade total de MS, versus 15, 12 e 20%, respectivamente para o período de transição águas-seca, seca e transição seca-águas. Por outro lado, a evolução fenológica da forragem resultou em maior disponibilidade de folha seca durante o período seco, aproximadamente 23% da disponibilidade total de MS, versus 15, 13 e 12% respectivamente para transição águas-seca, transição seca-águas e águas.

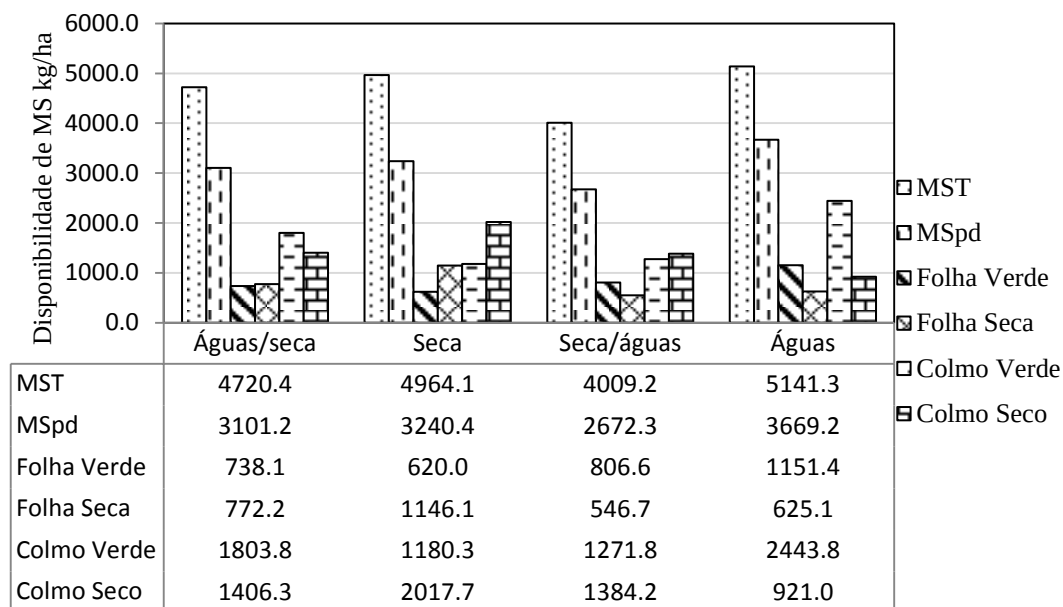


Figura 2 – Disponibilidade de forragem (kg de MS/ha) nas fases de produção.

Quanto à disponibilidade de colmo, vale ressaltar, a maior participação de colmo seco na massa de forragem durante o período seco, aproximadamente 40,6%, e de colmo verde durante a época das águas, aproximadamente 47,5%.

Observaram-se teores de PB de aproximadamente 11% na época de transição águas-seca e águas (Tabela 3). Mesmo durante o período seco do ano, em que comumente notam-se teores de PB menores que 7% para gramíneas tropicais, verificaram-se teores de 7,9% de PB, como consequência da maior precipitação (Figura 1), podendo ser considerada uma situação atípica para esta época do ano.

Quanto ao consumo de matéria seca (CMS) em kg/dia (Tabela 5), verificou-se interação entre o plano de suplementação e fase de produção ($P < 0,10$), mas não houve interação ($P > 0,10$) quando o CMS foi avaliado em g/kg de peso corporal (PC).

Nas fases de transição águas-seca e seca, o CMS em kg/dia e/ou g/kg PC não foram influenciados ($P > 0,10$) pelos planos de suplementação. Na fase de transição seca-águas o CMS (kg/dia) foi maior ($P < 0,10$) para os animais dos planos médio e alto

consumo de suplemento. Por outro lado, quando o CMS foi avaliado em g/kg de PC não foram observadas diferenças ($P>0,10$) entre os planos de suplementação.

Na fase das águas o CMS em kg/dia foi maior ($P<0,10$) para o plano alto consumo de suplemento e menor para controle. No entanto, quando analisado em g/kg de PC não foram notadas diferenças.

Na fase de transição seca-águas, a qual os animais estavam em amamentação, a participação do leite como alimento principal na dieta dos animais, parece equilibrar possíveis variações no CMS. O CMS médio observado foi 24,7 g/kg de PC. Estes valores são bem inferiores aos reportados pelo NRC (1996) de 35,3 g/kg de PC para animais de 150 kg de PC inicial e 450 kg de PC à maturidade, com ganho médio de 0,75 kg/dia.

Normalmente, durante a época seca do ano, as forrageiras tropicais apresentam alto conteúdo de parede celular e baixo conteúdo de PB (Paulino et al., 2010). Portanto, frequentemente têm sido observados efeitos benéficos do fornecimento de suplementos proteicos nesta fase (Mathis, 2003; Souza et al., 2010; Sampaio et al., 2010; Bohnert et al., 2011; Porto et al., 2011). A mais provável explicação para ausência de diferenças no CMS foi o fato do ano de realização do corrente trabalho ser considerado atípico para as condições de Brasil, onde frequentemente observam-se níveis de PB durante o período seco bem inferior ao encontrado neste estudo (79 g/kg de MS). Lazzarini et al. (2009), sugeriram 70 g de PB/kg de MS, como mínimo para que não haja comprometimento do crescimento microbiano ruminal e, conseqüentemente, para que ocorra utilização eficiente dos carboidratos fibrosos da forragem basal. Pequenos benefícios têm sido observados em resposta a suplementação proteica em situações nas quais a disponibilidade de nitrogênio seja suficiente para suportar o crescimento microbiano e

utilização da energia disponível (Mathis et al., 2000). Nesta fase, o consumo médio dos animais foi de aproximadamente 18,96 g/kg de PC.

Nas fases de transição seca-águas e águas o maior CMS (kg/dia) para o plano alto consumo de suplemento, e intermediário para baixo e médio em relação ao controle foi resultado do maior consumo de nutrientes destes animais nas fases anteriores e consequentemente maiores taxas de crescimento. Tal fato é confirmado quando o CMS foi avaliado com base em g/kg de PC, em que os planos nutricionais não influenciaram o CMS, com média de 21,72 e 22,5 g/kg de PC respectivamente para fase transição seca-águas e águas.

Por outro lado, ao comparar o CMS (g/kg de PC) de cada plano de suplementação nas diferentes fases de produção, verifica-se que independente do plano de suplementação a fase em que o CMS foi mais afetado é a seca. Adicionalmente, nota-se que para todos os planos o CMS (g/kg de PC) tende a ser maior na fase de transição águas-seca, possivelmente em virtude da participação efetiva do leite na dieta destes animais, qualidade da forragem produzida e fase de crescimento dos animais.

Quanto ao consumo de matéria seca de forragem (CMSF) em kg/dia (Tabela 5), verificou-se interação entre plano de suplementação e fase de produção ($P < 0,10$), mas não notou-se interação ($P > 0,10$) quando o CMSF foi avaliado em g/kg de PC. Observou-se efeito ($P < 0,10$) do plano de suplementação e fase de produção.

Na fase de transição águas-seca, o CMSF (g/kg de PC) foi menor para os animais submetidos ao plano médio e alto consumo de suplemento, em virtude do efeito de substituição da forragem pelos maiores níveis de suplemento. Os coeficientes de substituição indicam que para consumo de cada 1 g de suplemento/kg de PC, há decréscimo de aproximadamente 0,31, 0,85, 0,83 g de forragem respectivamente para os planos médio, baixo e alto consumo de suplemento.

Tabela 5 - Médias de mínimos quadrado para consumo de matéria seca, matéria seca de forragem e coeficiente de substituição

Plano	Fase de Produção			
	Cria Águas/seca	Recria Seca	Recria Seca/Águas	Terminação Águas
Consumo de Matéria Seca (kg/dia)				
Controle	4,90Ab	4,57Ab	5,06Cb	6,62Ca
Baixo	4,91Abc	4,58Ab	5,74BCb	8,39Ba
Médio	4,59Ac	4,75Ac	6,58ABb	7,94Ba
Alto	4,91Ac	4,78Ac	6,96Ab	9,91Aa
Erro padrão	0,40	0,42	0,44	0,49
Consumo de Matéria Seca (g/kg de PC)				
Controle	25,27Aa	19,16Ab	20,07Ab	20,61Ab
Baixo	25,90Aa	19,10Ac	21,35Abc	23,93Aab
Médio	23,49Aab	18,82Ab	22,87Aa	21,34Aab
Alto	23,99Aa	18,78Ab	22,60Aa	24,12Aa
EPM	1,25	1,31	1,38	1,57
Consumo de Matéria Seca de Pasto (kg/dia)				
Controle	4,45Abc	4,57Abc	5,05Ab	6,60Ba
Baixo	4,07ABc	4,09Ac	5,26Ab	7,68Aa
Médio	3,66ABc	3,87Ac	5,66Ab	6,51Ba
Alto	3,47Bc	2,91Bc	5,14Ab	7,22Aa
Erro padrão	0,36	0,37	0,39	0,43
Consumo Matéria Seca de Pasto (g/kg de PC)				
Controle	22,81Aa	19,17Ab	20,09Aab	20,66ABab
Baixo	21,42Aa	16,98ABb	19,52ABab	21,84Aa
Médio	18,68Ba	15,33Bb	19,68Aa	17,69Bab
Alto	16,65Ba	11,44Cb	16,70Ba	17,56Ba
EPM	1,11	1,17	1,23	1,41
Coeficiente de substituição (g de suplemento/g de forragem)				
Controle	-	-	-	-
Baixo	-0,31	-1,03	-0,31	0,57
Médio	-0,86	-1,10	-0,13	-0,81
Alto	-0,84	-1,05	-0,57	-0,47

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na mesma coluna e letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem pelo teste DMS $\alpha = 0,10$.

Em virtude da diversidade de condições experimentais, resultados variáveis têm sido encontrados na literatura. Tais diferenças podem ser atribuídas às diferenças na composição dos suplementos e forragens, níveis de fornecimento do suplemento, tipo de forragem e quantidade de leite produzida pelas vacas. No presente estudo, entende-se que a qualidade da forragem e o efeito de substituição resultante dos maiores níveis de suplemento ocasionaram as diferenças apresentadas.

Comportamento semelhante a fase de transição águas-seca foi observado na fase seca para o CMSF. Destacando-se que no plano alto consumo de suplemento o CMSF foi mais afetado, 11,44 g/kg de PC, um decréscimo de 25,4, 32,6 e 40,3% em relação a médio, baixo e controle respectivamente. A cada 1 g de suplemento/kg de PC consumido, houve um decréscimo de aproximadamente 1,03, 1,1 e 1,05 g de forragem para os planos baixo, médio e alto consumo de suplemento, respectivamente. Nota-se, portanto, que o efeito deletério sobre o CMSF na fase seca foi mais pronunciado em relação à fase de transição águas-seca.

De maneira geral, o CMSF de baixa qualidade aumenta com o fornecimento de suplementos proteicos (McCollum & Galyean, 1985; Del Curto et al., 1990; Moore 1999, Lazzarini et al., 2009). Todavia, segundo Bohnert et al. (2011), o consumo de forragem em resposta a suplementação é dependente do tipo de forragem. De acordo com estes autores, o consumo de gramíneas C4 de baixa qualidade nunca é maximizado sem o fornecimento de suplementos proteicos. Neste estudo, uma provável explicação para o decréscimo no CMSF pode ser atribuído à melhor qualidade da forragem e aos maiores níveis de fornecimento de suplemento, quando comparado a outros trabalhos.

Na fase das águas, verificou-se comportamento similar a fase de transição águas/seca, com os maiores níveis afetando de forma mais severa o CMSF.

Nesta fase (águas) o conteúdo de PB na forragem foi de aproximadamente 11%. De acordo com Costa et al. (2011), o decréscimo no CMSF pode ocorrer tendo em vista a manutenção da relação PM:EM em patamares adequados ao conforto animal, evitando excesso relativo de energia circulante. Sendo assim, entende-se que o fornecimento de maiores níveis de suplemento, como nos planos médio e alto deste estudo, forçaria ainda mais o desequilíbrio na razão PM:EM, com decréscimo no CMSF por intermédio de mecanismo metabólicos (Detmann et al., 2010; Costa et al., 2011). Ademais, estes

autores sugerem que o fornecimento de suplementos com altos teores de proteína em detrimento a maiores níveis (quantitativos) de suplementos com moderado teor proteico pode ser mais efetivo em maximizar o CMSF.

Corroborando com a discussão acima, notou-se um acréscimo de 0,56 g no CMSF para cada 1 g de suplemento/kg de PC no plano baixo consumo de suplemento na fase das águas. Portanto, o fornecimento de níveis mais moderados de suplementos durante esta época torna-se mais efetivo, haja vista o acréscimo no CMSF.

De maneira geral, ao analisar o efeito dos planos de suplementação entre as fases de produção, observa-se que assim como para CMS, o CMSF parece ser mais afetado para todos os planos na época seca. Adicionalmente, nota-se que este efeito é mais pronunciado à medida que aumenta-se os níveis de suplementação.

Quanto ao consumo de fibra (Tabela 6), foi notada interação ($P < 0,10$) plano de suplementação e fase de produção quando avaliado em kg/dia, mas não notou-se interação em g/kg de PC. Na fase seca os menores consumo de FDN (CFDNcp) em kg/dia foram para o plano alto consumo de suplemento e na fase das águas para controle. Quando analisado em g/kg de PC, observou-se na fase de transição águas-seca e seca que à medida que o consumo de suplemento foi aumentado, reduziu-se o consumo de fibra.

A ausência de diferenças no CMS (g/kg de PC), a baixa concentração de FDNcp no suplemento em relação a forragem consumida e o efeito de substituição demonstrado anteriormente, tornaram CFDNcp (g/kg de PC) menor em relação ao controle a medida que aumentou-se o consumo de suplemento na fase transição águas/seca e seca.

Frequentemente durante o período seco em regiões tropicais tem sido reportado efeitos positivos da suplementação proteica e ou com compostos nitrogenados sobre o CMSF e consequentemente sobre o CFDNcp (Souza et al., 2010). Por outro lado, o uso

de suplementos energéticos tem promovido efeitos deletérios (Souza et al., 2010). Tais resultados têm sido atribuídos a deficiências globais de compostos nitrogenados (Lazarini et al., 2009, Sampaio et al., 2010).

Neste estudo o teor de PB durante o período seco foi de 7,9%, portanto superior ao comumente relatado para gramíneas tropicais nesta época. Possivelmente, este seja o motivo da ausência de efeitos benéfico da suplementação proteica sobre o CFDNcp. Adicionalmente, o acréscimo de proteína via suplemento com níveis crescentes de suplementação, adiciona também energia ao sistema que possivelmente promoveu um efeito deletério sobre o consumo de fibra.

Durante o período de transição seca-águas não foram observadas diferenças ($P>0,10$) no CFDNcp (g/kg de PC) e pouca diferença foi observada na fase águas. Mesmo com a melhoria na qualidade da forragem produzida em relação a fase seca, verifica-se que os maiores níveis de suplementação não promoveram decréscimos tão severos no CFDNcp.

Entre as fases de produção, verificou-se que para todos os planos de suplementação que o CFDNcp foi menor na fase seca. Tal fato, também recai sobre os aspectos discutidos anteriormente.

Quanto ao consumo de PB (CPB) (Tabela 6), verificou-se interação entre o plano de suplementação e fase de produção ($P<0,10$).

A ausência de diferenças no CMS (g/kg de PC) e maior concentração de proteína no suplemento em relação a forragem resultou em maiores CPB para os animais que receberam suplementação. Em todas as fases, verificaram-se maiores CPB para os animais do plano alto consumo de suplemento, com valores intermediários para baixo e médio e menores valores para os animais controle.

Tabela 6 – Médias de mínimos quadrado para consumo de fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína (FDNcp), proteína bruta (PB) e nutrientes digestíveis totais (NDT).

Plano	Fase de Produção			
	Cria Águas/seca	Recria Seca	Recria Seca/Águas	Terminação Águas
Consumo de FDNcp (kg/dia)				
Controle	2,48Ac	2,61Ac	3,04Ab	3,54Ba
Baixo	2,30Ac	2,38Ac	3,21Ab	4,20Aa
Médio	2,10Ab	2,30ABb	3,51Aa	3,65ABa
Alto	2,05Ac	1,86Bc	3,3Ab	4,17Aa
EPM	0,20	0,21	0,22	0,25
Consumo de FDNcp (g/ kg de PC)				
Controle	12,73Aa	10,92Ab	12,06Aab	11,11ABab
Baixo	12,11ABa	9,88ABb	11,92Aa	11,96Aa
Médio	10,72BCab	9,10Bc	12,17Aa	9,90Bbc
Alto	9,88Ca	7,31Cb	10,71Aa	10,16ABa
EPM	0,64	0,68	0,71	0,81
Consumo de PB (kg/dia)				
Controle	0,58Bb	0,36Cc	0,41Dc	0,74Ca
Baixo	0,65Bb	0,47BCc	0,57Cbc	1,04Ba
Médio	0,64Bbc	0,58Bc	0,75Bb	1,11Ba
Alto	0,78Ac	0,83Ac	0,99Ab	1,54Aa
EPM	0,05	0,055	0,053	0,08
Consumo de NDT (kg/dia)				
Controle	2,99Ab	2,26Bc	2,58Cbc	4,00Ca
Baixo	3,21Ab	2,50ABc	3,16BCb	5,10Ba
Médio	2,89Ac	2,71ABc	3,59Bb	4,97Ba
Alto	3,33Ac	2,97Ac	4,27Ab	6,33Aa
EPM	0,25	0,27	0,28	0,31

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na mesma coluna e letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem pelo teste DMS $\alpha = 0,10$.

Para os animais em amamentação (*creep feeding*) o CPB para baixo e médio ficou bem próximo aos valores recomendados pelo NRC (1996) de aproximadamente 660 g para um animal zebuino com 150 kg com GMD de 750 g / dia. Para os animais do plano alto consumo o CPB foi superior.

Observou-se interação ($P < 0,10$) entre plano de suplementação e fase de produção para consumo de NDT (CNDT) (Tabela 6). Os maiores níveis de fornecimento de suplemento promoveram maiores CNDT, exceto na fase 1 que não houve diferenças entre os planos de suplementação. Este comportamento pode ser

atribuído a maior concentração de nutrientes no suplementos e ao maior peso corporal dos animais que receberam suplemento nas fases de produção.

No tocante ao coeficiente de digestibilidade (Tabela 7), observou-se interação entre plano de suplementação e fase de produção ($P < 0,10$) para todas as variáveis avaliadas. Verificou-se efeito do plano de suplementação e fase de produção ($P < 0,10$), exceto para coeficiente de digestibilidade da FDN (CDFDN) em que não foram observadas diferenças ($P > 0,10$) para plano de suplementação.

Quanto aos CDMS, observaram-se maiores ($P < 0,10$) valores para o plano alto consumo de suplemento, exceto na fase das águas em que não se observou diferenças com os demais planos de suplementação. De maneira geral, nota-se que o CDMS dos animais que receberam apenas mistura mineral foi o mais afetado e que baixo e médio consumo apresentaram comportamento intermediário.

Na fase de transição de águas-seca, o maior CDMS para o plano alto consumo de suplemento pode ser atribuído ao fato de não ter sido detectadas diferenças no CMS e o suplemento apresenta maior digestibilidade que a forragem. Nesta fase o nível baixo consumo de suplemento parece ter potencializado o consumo e a digestibilidade da MS de forragem, quando comparado ao plano médio. Conforme mostrado anteriormente a partir do plano médio observou-se decréscimo no CMSF, no entanto, o aumento de 250 g (baixo) para 500 g (médio) consumo respectivamente, não foi suficiente para melhorar a digestibilidade da dieta em médio consumo. Quando o plano é alto consumo de suplemento (1000 g de suplemento), houve maior digestibilidade devido à presença desta maior quantidade.

Na fase seca o CDMS foi maior para os animais suplementados em relação ao controle, destacando-se o plano alto consumo de suplemento que apresentou maior

CDMS entre os suplementados. Comportamento semelhante a fase da seca foi observado na fase de transição seca-águas.

Tabela 7 – Médias de mínimos quadrados para coeficiente de digestibilidade

Plano	Fases de Produção			
	Cria Águas/seca	Recria Seca	Recria Seca/Águas	Terminação Águas
Coeficiente de digestibilidade da MS (g/kg de MS)				
Controle	633,5Ca	515,1Cb	503,4Cb	613,5Aa
Baixo	676,7Ba	566,8Bc	544,0Bd	616,7Ab
Médio	653,4Ca	570,3Bc	531,9Bd	624,2Ab
Alto	711,4Aa	618,6Abc	601,1Ac	635,1Ab
EPM	8,89	9,32	9,77	10,91
Coeficiente de digestibilidade da PB (g/kg de MS)				
Controle	627,1Ca	459,5Cb	298,9Cc	655,4ABa
Baixo	691,3Ba	592,3Bb	465,1Bc	630,7Bb
Médio	688,7Ba	628,0Bb	447,9Bc	644,4ABab
Alto	727,9Aa	730,1Aa	619,5Ac	684,7Ab
EPM	15,00	15,74	16,60	18,87
Coeficiente de digestibilidade da FDNcp (g/kg de MS)				
Controle	660,3Ba	573,1Bc	637,4Ab	638,9Ab
Baixo	693,0Aa	602,1Ac	626,5Ab	630,1ABb
Médio	676,0ABa	605,8Ac	630,3Ab	624,2ABbc
Alto	687,9Aa	566,4Bd	639,2Ab	608,0Bc
EPM	7,79	8,16	8,58	9,65
Nutrientes Digestíveis Totais (g/kg de MS)				
Controle	607,2Da	492,2Cc	511,1Cb	598,0Ca
Baixo	652,8Ba	547,0Bc	546,3Bc	606,5BCb
Médio	627,0Ca	565,2Bb	543,4Bc	624,6ABa
Alto	675,2Aa	628,0Abc	612,1Ac	639,4Ab
EPM	8,29	8,67	9,08	10,11

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na mesma coluna e letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem pelo teste DMS $\alpha = 0,10$.

Na fase das águas não foram observadas diferenças ($P > 0,10$) no CDMS. Entende-se que a ausência de diferenças no CMS (g/kg PC) e a alta qualidade da forragem para os padrões tropicais tenha ocasionada este resultado.

Quanto ao CDPB (Tabela 7), observou-se de maneira geral, que foi maior para o plano alto e intermediário para o plano baixo e médio consumo de suplemento, exceto na fase das águas em que o plano alto não diferiu do controle e médio. Na fase de

transição águas-seca o consumo de suplemento aumentou o CDPB, quando comparado ao controle. Para os animais que receberam apenas mistura mineral, o CDPB foi 62,7%, quando o consumo de suplemento foi baixo e/ou médio, houve um acréscimo no CDPB de aproximadamente 10%, quando foi alto consumo, houve um acréscimo de aproximadamente 16% quando comparado ao controle.

Na fase de transição seca-águas, verificou-se que mesmo com forragem de melhor qualidade em relação ao período seco, o CDPB dos animais que receberam apenas mistura mineral foi baixo. De acordo com Detmann et al. (2010), embora os teores de proteína aumentem rapidamente nesta fase pelo surgimento de folhas novas, o perfil químico da PB durante este período revela altas proporções de NNP e de compostos nitrogenados associados à fibra insolúvel. Sendo assim, pode haver um desbalanço metabólico da razão PM/EM, pela ausência de carboidratos prontamente fermentescíveis, culminando com menor utilização da PB consumida.

Ao avaliar-se cada plano de suplementação entre as fases de produção, nota-se que a fase em que o CDPB foi mais afetado foi a fase de transição seca-águas, sendo o efeito desta fase mais severo para os animais submetidos apenas a suplementação mineral.

Quanto ao CDFDN observou-se forte influência da fase de produção. Na fase seca, observou-se que tanto o não fornecimento de suplemento (controle) quanto o fornecimento de maior quantidade (alto) afetaram de forma negativa o CDFN. Na fase das águas o plano alto consumo de suplemento foi o mais afetado, embora não tenha sido diferente de baixo e médio.

Na maioria das situações o uso de suplementos proteicos e/ou compostos nitrogenados durante o período seco, em que a forragem geralmente é de baixa

qualidade (< 7% de PB), tem sido observado aumento no CDFDN (Souza et al., 2010; Porto et al., 2011; Bohnert et al., 2011).

Neste estudo, mesmo durante o período seco a forragem apresentou níveis de PB acima de 7% que seria o mínimo necessário para que não haja comprometimento do crescimento microbiano ruminal (Lazzarini et al., 2009).

Adicionalmente, o aumento dos níveis de fornecimento de suplementos, tem sido reportado por promover efeito deletério no CDFDN. Neste estudo, as quantidades de suplemento fornecidas nos planos baixo e médio comportaram-se de forma similar em todas as fases, destacando-se na fase da seca pelo incremento no CDFDN, todavia quando o plano de suplementação passou de médio para alto, verificou-se decréscimo no CDFDN, na fase seca.

De maneira geral, nota-se que para todos os planos de suplementação, o CDFDN foi menor na seca, destaca-se ainda que a combinação período seco com os maiores níveis de suplementação foi o mais afetado.

A concentração de NDT na dieta (Tabela 7) de maneira geral seguiu comportamento similar à digestibilidade, sendo maior para o plano alto, intermediário para baixo e médio consumo de suplemento e menor para controle. Este comportamento pode ser atribuído a maior densidade energética dos suplementos e os modestos efeitos da suplementação sobre o consumo. Embora este comportamento tenha sido notado para todas as fases, verifica-se que nas fases seca e transição seca-águas o teor de NDT foi menor para todos os planos, possivelmente em virtude da menor qualidade do pasto em comparação as demais fases.

Verificou-se interação ($P < 0,10$) entre plano de suplementação e fase de produção para os parâmetros da nutrição proteica avaliada (Tabela 8), exceto para proteína bruta microbiana (g/kg de NDT). Somente nitrogênio microbiano (NMIC) não

foi afetado pelo plano de suplementação ($P>0,10$). Este resultado pode ser atribuído a boa qualidade da forragem mesmo durante o período seco. De acordo com Lazzarini et al. (2009), o fluxo de PBM para o intestino delgado não aumenta com a inclusão de PB quando a dieta apresenta teores de PB superior a 7,0%. Entre as fases de produção notou-se que a medida que os animais cresceram e também em virtude do aumento da quantidade de suplementação, houve maior produção de nitrogênio microbiano.

Tabela 8 – Médias de mínimos quadrados para parâmetros da nutrição protéica.

Plano	Fases de Produção			
	Cria Águas/seca	Recria Seca	Recria Seca/Águas	Terminação Águas
Nitrogênio Microbiano (g/dia)				
Controle	45,90Ad	68,64Ac	86,84Bb	110,81Aa
Baixo	41,29Ac	69,84Ab	93,31Ba	102,45Aa
Médio	50,35Ad	66,62Ac	122,87Aa	102,07Ab
Alto	50,32Ac	63,57Ab	119,62Aa	114,09Aa
EPM	5,42	5,67	5,96	6,68
Proteína Bruta Microbiana (g/kg NDT)				
Controle	105,77Ac	190,09Aab	209,01ABa	172,64Abc
Baixo	85,89Ac	180,91Aa	192,42ABa	133,65Bb
Médio	110,78Ac	161,84ABb	214,51Aa	131,02Bbc
Alto	101,88Ac	139,13Bb	180,06Ba	113,63Bbc
EPM	12,39	13,00	13,71	1,55
Nitrogênio Ureico Urinário (g/dia)				
Controle	21,21Bb	7,70Dc	20,02Cb	37,77Ca
Baixo	28,61ABb	31,74Cb	24,33Cb	48,20BCa
Médio	31,45Ab	45,42Ba	33,73Bb	54,93Ba
Alto	36,98Ac	76,04Aab	71,30Ab	79,50Aa
EPM	4,23	4,44	4,67	5,28
Nitrogênio Sérico (mg/dL)				
Controle	11,04Cab	7,89Cc	9,50Cbc	12,05Ca
Baixo	15,62Ba	12,79Bb	9,76Cc	14,27BCab
Médio	15,03Bab	13,75Bbc	12,65Bc	16,36Ba
Alto	18,83Ab	21,84Aa	20,49Aab	18,90Ab
EPM	0,88	0,92	0,96	1,07

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na mesma coluna e letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem pelo teste DMS $\alpha = 0,10$.

A eficiência de produção de proteína bruta microbiana (g/kg de NDT) também foi pouco influenciada pelos planos de suplementação. A partir do período seco, notou-se que para os maiores níveis de suplementação (médio e alto) houve um decréscimo na PBM. Entre as fases de produção notou-se que os menores valores de PBM para todos os tratamentos ocorreu no período de melhor qualidade da forragem (transição águas-seca e águas).

De maneira geral, a excreção de nitrogênio ureico urinário (g/dia) e a concentração de nitrogênio ureico sérico aumentaram com os maiores níveis de fornecimento de suplemento. Estes resultados podem ser atribuídos ao maior consumo de proteína para animais recebendo suplementação concentrada, notadamente no período de melhor qualidade da forragem. Sendo assim, entre as fases, pode-se verificar que as maiores excreções ocorreram na fase das águas.

Quanto ao desempenho produtivo dos animais (Tabela 9), verificou-se interação ($P < 0,10$) entre plano de suplementação e fase de produção para peso corporal final (PCF) e ganho médio diário (GMD).

Durante a fase de transição águas-seca, em que os animais estavam em amamentação, a suplementação não proporcionou diferenças ($P > 0,10$) no PCF dos animais, com média de 212 kg (Tabela 9). Este valor é bem superiores a média nacional, de aproximadamente 170 kg (ANUALPEC, 2011). A ausência de diferenças significativas nesta fase pode ser atribuída à participação efetiva do leite na dieta dos animais e à boa qualidade da forragem que manteve o *status* nutricional dos animais quando comparado a animais que receberam suplementação em sistema *creep feeding*.

A suplementação e mesmo o uso somente de mistura mineral, permitiu aumento ($P < 0,10$) no PCF durante o período seco e fase de transição seca-águas. Notou-se maior PCF para os animais do plano alto consumo de suplemento. A boa qualidade da

forragem durante o período seco em aumento no PCF até mesmo para os animais do controle.

Na fase das águas os ganhos adicionais das fases anteriores, mesmo que com poucas diferenças e o maior consumo de nutrientes permitiram maior peso corporal ao abate para animais que receberam suplementação durante todo o ciclo produtivo. Quando comparado ao controle, houve um aumento no PCF de 1,9, 10,7 e 23,39% para baixo médio e alto consumo de suplemento, respectivamente. Como resultado deste crescimento, notou-se que os maiores pesos para todos os planos de suplementação foram na fase das águas e menor na fase de transição águas-seca (Figura 3).

Quanto ao GMD, observou-se na fase de transição águas-seca aumento de 7,0, 0,9 e 21,9% para baixo, médio e alto consumo de suplemento, respectivamente, em relação ao controle, sendo o último significativo.

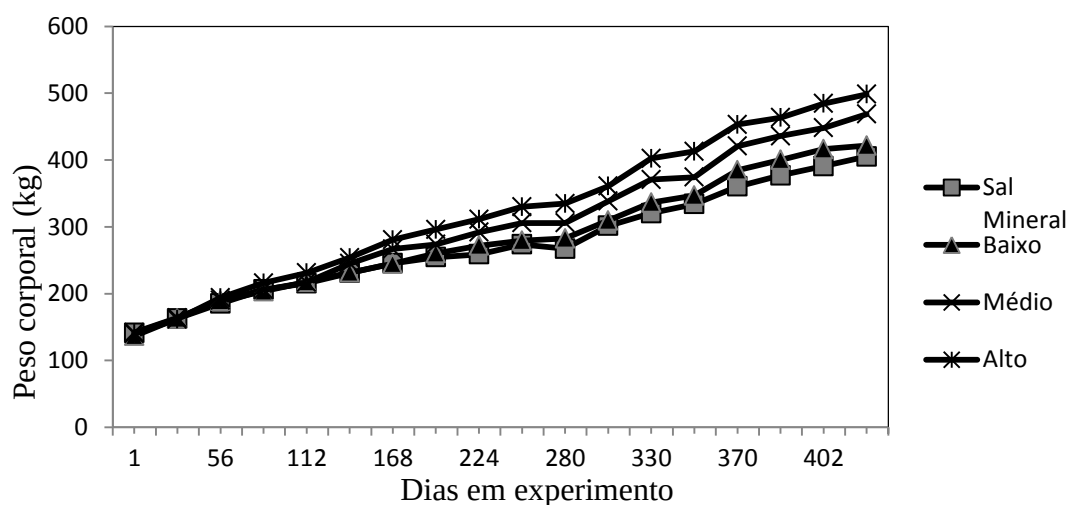


Figura 3 – Curva de crescimento dos diferentes planos de suplementação no período experimental (peso corporal sem jejum).

Durante as fases de seca e transição seca-águas, notou-se que o GMD dos animais foram de menor magnitude, quando comparados à fase de transição águas-seca, o que pode ser parcialmente atribuído à redução na qualidade da forragem. Maiores GMD foram observados para o plano alto consumo de suplemento seguido pelo plano

médio. Mesmo os animais que receberam apenas sal mineral apresentaram ganhos que podem ser considerados bons para o período.

Na fase de terminação (águas), a suplementação também proporcionou maiores ganhos de peso, notadamente para os planos alto e médio. Houve ganho adicional de – 23, 72 e 126 g para os planos baixo, médio e alto consumo de suplemento, respectivamente, quando comparado ao controle. Portanto, a conversão do suplemento em GMD pode ser considerada baixa. O motivo deste comportamento pode ser atribuído à elevada qualidade da forragem neste período e diferenças na composição do ganho dos animais, com maior proporções de gordura no ganho de animais sob suplementação, haja visto que eles já passaram a fase de crescimento e iniciaram a fase de terminação mais pesados em relação ao controle (Freitas et al., 2006).

Tabela 9 – Médias de mínimos quadrados para peso corporal final, ganho médio diário e consumo médio estimado de suplemento para cada fase de produção.

Plano Nutricional	Fase de Produção			
	Creep-feeding Águas/Seca	Recria Seca	Recria Seca/Águas	Terminação Águas
Peso Corporal Final (kg)				
Controle	207,0Ad	234,3Bc	270,3Bb	359,0Ca
Baixo	209,4Ad	241,6Bc	277,8Bb	365,9BCa
Médio	208,8Ad	251,7Abc	298,2Bb	397,5Ba
Alto	222,9Ad	277,3Ac	333,7Ab	443,0Aa
EPM	11,65	13,21	13,62	15,07
Ganho Médio Diário (kg)				
Controle	0,662Ba	0,318Cb	0,363Cb	0,650BCa
Baixo	0,709Ba	0,376Cc	0,350Cc	0,627Cb
Médio	0,668Ba	0,505Bb	0,464Bb	0,722ABa
Alto	0,807Aa	0,633Ab	0,560Ac	0,776Aa
EPM	0,026	0,036	0,034	0,031
Consumo médio estimado de MS de suplemento (kg/dia)				
Controle	-	-	-	-
Baixo	0,261	0,498	0,490	0,724
Médio	0,483	0,886	0,937	1,407
Alto	0,925	1,855	1,820	2,704

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na mesma coluna e letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem pelo teste DMS $\alpha = 0,10$.

Embora os animais do grupo controle tenham apresentados ganhos de peso positivos, mesmo durante o período seco, estes ganhos não foram suficientes para alcançar o crescimento dos animais no que se refere às características da carcaça (Tabela 10). Para peso de corpo vazio (PCVZ), peso da carcaça quente (PCQ), peso da carcaça fria (PCFr), rendimento de carcaça quente (RCQ), rendimento de carcaça fria (RCF), comprimento do corpo (COMPC) e área de olho de lombo (AOL cm²), verificou-se que os animais que receberam suplementação durante todas as fases de produção apresentaram maiores rendimentos ($P < 0,10$) que os animais que receberam apenas mistura mineral durante todo o ciclo de produção. De maneira geral, verificou-se valores intermediários para baixo e médio consumo de suplemento e os maiores valores para o plano alto consumo de suplemento.

Tabela 10 – Características da carcaça em função dos planos nutricionais.

Variável ¹	Planos de suplementação				EPM ²	P – valor ³
	Controle	Baixo	Médio	Alto		
PCVZ	325,2b	350,3b	393,6a	418,9a	13,44	<0,001
CARCQ	202,1b	225,3b	253,1a	267,4a	9,74	0,001
CARCF	196,9b	219,6b	247,0a	261,2a	9,43	<0,001
RCQ	0,539b	0,574a	0,577a	0,574a	0,72	0,005
RCF	0,525b	0,560a	0,563a	0,560a	0,70	0,004
OCARC	18,3b	17,4ab	16,7a	17,1a	0,41	0,099
MCARC	70,1	71,1	69,9	69,2	0,62	0,228
GCARC	11,2	11,0	12,4	13,3	0,68	0,105
COMPC	122b	121,6b	127ab	132a	2,56	0,035
AOL (cm ²)	58,1b	63,2ab	67,2a	70,6a	3,32	0,086
AOL (cm ² /kg)	0,294	0,289	0,270	0,270	0,01	0,403

¹ PCVZ = peso de corpo vazio; CARCQ = carcaça quente; CARCF = carcaça fria; RCQ = rendimento de carcaça quente; RCF = rendimento de carcaça fria; OCARC = osso da carcaça; MCARC = músculo da carcaça; GCARC = gordura da carcaça; COMPC = comprimento do corpo; AOL = área de olho de lombo; ² EPM = erro padrão da média;

³ Efeito do plano de suplementação;

Médias seguidas por letras iguais na mesma linha não diferem pelo teste DMS $\alpha = 0,10$.

Este fato reforça a hipótese da necessidade de suplementação em todas as fases do ciclo produtivo para abate de bovinos em idade de 18 meses em sistema de pastejo,

conforme preconizado por Paulino et al. (2010). Verificou-se maior proporção de osso na carcaça (OCARC) ($P < 0,10$) para os animais controle. Owens (1995) ressaltou que a restrição no consumo de nutrientes promove reduções na taxa de deposição dos componentes da carcaça.

Não foram verificadas diferenças ($P > 0,10$) nas proporções de músculo (MCARC) e gordura (GCARC) para os animais que receberam suplementação em relação ao controle.

Em adição ao maior PCVZ, verificou-se que todos os cortes comerciais foram influenciados ($P < 0,10$) pela suplementação. Verificou-se também, aumento de todos os cortes em função do aumento dos níveis de suplementação, com os maiores valores para o plano alto, intermediários para médio e baixo consumo de suplemento e menor para controle. Isto indica que o corpo do animal cresceu como um todo, incluindo todas as partes neste crescimento (Lawrence & Fowler, 2002).

Tabela 11 – Médias para cortes comerciais (kg) em função dos planos de suplementação

Variáveis	Planos de suplementação				EPM ¹	<i>P – valor</i> ²
	MM	Baixo	Médio	Alto		
Acém	44,4b	50,58b	59,54a	59,60a	3,00	0,006
Alcatra completa	35,37c	39,05bc	42,51ab	45,59a	1,57	0,002
Coxão	57,57c	63,70bc	69,42ab	74,56a	2,63	0,002
Paleta	33,77c	37,33bc	42,38ab	46,39a	2,18	0,004
Ponta de agulha	24,48b	28,13b	32,90a	35,22a	1,85	0,004

¹ EPM = erro padrão da média;

² Efeito do plano de suplementação;

Médias seguidas por letras iguais na mesma linha não diferem pelo teste DMS $\alpha = 0,10$.

Conclusão

Os maiores níveis de fornecimento de suplemento para bovinos de corte em condições tropicais aumentam o consumo e digestibilidade dos nutrientes da dieta nas diferentes épocas do ano e consequentemente o desempenho produtivo dos animais. No

entanto, nota-se considerável efeito de substituição da forragem pelo suplemento, notadamente para os planos médio e alto consumo de suplemento.

Referências

- ANUÁRIO DA PECUÁRIA BRASILEIRA – ANUALPEC. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2011. 360p.
- BARBOSA, A.M.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Effect of urinary collection days, concentrate levels and protein sources on creatinine, urea and purine derivatives excretions and microbial protein synthesis in Nellore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p. 870- 877, 2006.
- BARBOSA, A.M.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Endogenous fraction and urinary recovery of purine derivatives obtained by different methods in Nellore cattle. **Journal of Animal Science**. v.89, p.510-519. 2011.
- BOHNERT, D.W.; DELCURTO, T.; CLARK, A.A. et al. Protein supplementation of ruminants consuming low-quality cool- or warm-season forage: Differences in intake and digestibility. **Journal of Animal Science**, v.89, p.3707-3717, 2011.
- 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**. International Feed Research Unit. Rowett Research Institute, Aberdeen, UK. (Occasional publication), 1992, 21p.
- COSTA, V.A.C.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F. Consumo e digestibilidade em bovinos em pastejo durante o período das águas sob suplementação com fontes de compostos nitrogenados e de carboidratos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1788-1798, 2011.
- DEL CURTO, T.; COCHRAN, R.C.; HARMON, D.L. Supplementation of dormant tallgrass-prairie forage: I. Influence of varying supplemental protein and(or) energy levels on forage utilization characteristics of beef steers in confinement. **Journal of Animal Science**, v.68, p.515–531, 1990.
- DE PAULA, N.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.S. et al. Suplementação infrequente e fontes proteicas para recria de bovinos em pastejo no período seco: parâmetros nutricionais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p.40, p.882-891, 2011.
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, p.980- 984, 2010.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T. et al. Níveis de proteína bruta em suplementos múltiplos para terminação de bovinos mestiços em pastejo durante a época seca: desempenho produtivo e características de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.169-180, 2004.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Otimização do uso de recursos forrageiros basais. In: VIII SIMCORTE: Bovinocultura programada. IN: VII Simpósio de Produção de Gado de Corte e III Simpósio Internacional de Produção de Gado de Corte, 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa: VII SIMCORTE, p.191-240, 2010.
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, p.980- 984, 2010.

- FREITAS, J.A.; 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.
- FUJIIHARA, T.; ORSKOV, E.R.; REEDS, P.J. et al. The effect of protein infusion on urinary excretion of purine derivatives in ruminants nourished by intragastric nutrition. **The Journal of Agricultural Science**, v.109, n.1, p.7-12, 1987.
- DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C. et al. **Métodos para análise de alimentos**. Ed. 1.ed. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2012. 214p.
- LAWRENCE, T.L.J.; FOWLER, V.R. **Growth of farm animals**. 2 ed. CAB Publishing, New York, NY. USA.
- LAZZARINI, I.; DETMANN, E.; SAMPAIO, C.B. et al. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.2021- 2030, 2009.
- MATHIS, C.P. Protein and energy supplementation to beef cows grazing New Mexico rangelands. Circ. 564. Coop. Ext. Serv., New Mexico State University, Las Cruces, 2003.
- 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, p.224-232, 2000.
- MCCOLLUM, F.T.; GALYEAN, M.L. Influence of cottonseed meal supplementation on voluntary intake, rumen fermentation and rate of passage of prairie hay in beef steers. **Journal of Animal Science**, v.60, p.570–577, 1985.
- MILLEN, D.D.; PACHECO, R.D.L.; MEYER, P.M. et al. Current outlook and future perspectives of beef production in Brazil. **Animal Frontiers**, v.1, p.46-52, 2011
- MOORE, J.E.; BRANT, M.H.; KUNKLE, W.E. et al. Effects of supplementation on voluntary forage intake, diet digestibility, and animal performance. **Journal of Animal Science**, v.77(Suppl. 2), p.122–135, 1999..
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2000. 243p.
- OWENS, F.N.; GILL,D.R.; SECRIST, D.S. et al. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v.73, p.3152–3172, 1995.
- PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALENTE, E.E.L. Nutrição de bovinos em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2008, Viçosa. **Anais...** Viçosa: IV, p.131-169, 2008.
- PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Bovinocultura programada. IN: VII Simpósio de Produção de Gado de Corte e III Simpósio Internacional de Produção de Gado de Corte, 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa: VII SIMCORTE, p.267-298. 2010.
- PORTO, M.O.; PAULINO, M.F.; DETMANN, E. et al. Oferta de suplementos múltiplos para tourinhos nelore na fase de recria em pastagens durante o período da

- seca: desempenho produtivo e características nutricionais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2548- 2557, 2011.
- SAMPAIO, C.B.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F. et al. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Tropical Animal Health and Production**, v.42, 1471-1479, 2010.
- SOUZA, M.A.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F. et al. Intake, digestibility and rumen dynamics of neutral detergent fibre in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogen and/or starch **Tropical Animal Health and Production**, v.42, p.1299–1310, 2010.
- TITGEMEYER; E.C.; ARMENDARIZ, C. K.; BINDEL, D.J. et al. Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker for cattle. **Journal of Animal Science**, v.79, p.1059-1063, 2001.
- 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.
- VALENTE, T.N.P.; DETMANN, E.; QUEIROZ, A.C. et al. Evaluation of ruminal degradation profiles of forages using bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2565-2573, 2011.

CAPÍTULO 2

Exigências de proteína e energia de bovinos de corte em pastejo

RESUMO: Objetivou-se estimar as exigências de energia para manutenção e ganho de peso e proteína líquida para ganho de peso de bovinos de corte em pastejo. Utilizaram-se 48 bovinos de corte com predominância de sangue Nelore (>50%) com idade e peso médio inicial de 120 dias e $132,5 \pm 35$ kg, respectivamente. Estes animais foram avaliados desde a fase de amamentação até os 18 meses de idade, em pastagens de *Urochloa decumbens*, durante as fases de transição águas-seca, seca, transição seca-águas e águas. Os animais foram submetidos a quatro planos de suplementação: mistura mineral, baixo, médio e alto nível de fornecimento de suplemento. Quatro animais foram abatidos como referência, sendo os animais remanescentes abatidos de forma escalonada nas diferentes fases de produção. Para obtenção da energia líquida para ganho de peso (ELg) foi construída uma equação de regressão linear do logaritmo da energia retida (ER) em função do logaritmo do ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ). Para determinar a exigência de energia líquida de manutenção (ELm) dos animais foi construída uma equação exponencial da relação entre a produção de calor (PC) e o consumo de energia metabolizável (CEM). As exigências de proteína líquida para ganho (PLg) foram determinadas pela regressão linear múltipla da proteína retida (PR), GPCVZ e ER. A relação média entre peso de corpo vazio (PCVZ) e peso corporal jejum (PCJ) dos animais experimentais foi de 0,9097 e entre o GPCVZ e o ganho médio diário (GMD) foi de 0,9066. As exigências de ELm e energia metabolizável para manutenção (EMm) são $68,5 \text{ kcal/PCVZ}^{0,75}$ e $124 \text{ kcal/PCVZ}^{0,75}$, respectivamente. A eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção e ganho de peso é de 0,5524 e 0,24, respectivamente. As exigências de ELg podem ser obtidas pela equação: $ER = 0,035 \times \text{PCVZ}^{0,75} \times \text{GPCVZ}^{0,5653}$ e a PLg com a equação: $PR = 18,6722 + 78,6388 \times \text{GPCVZ} + 31,9809 \times ER$.

Palavras-chave: energia líquida, forragem, proteína líquida, suplementação

Protein and energy requirements of grazing beef cattle

ABSTRACT: This study was conducted to estimate the energy requirement for maintenance and weight gain and net protein requirement for weight gain of beef cattle crossbred under tropical grazing conditions. It contained 48 animals, from different crossbred genetic groups (at last 50% Nellore cross) with initial age of 120 d and shrunk BW (SBW) 132.5 ± 35 kg. These animals were evaluated in four production phases: transition rainy-dry, dry, transition dry-rainy and rainy). The animals were randomly assigned to one of four nutritional plans of supplementation (mineral only, low, medium, or high supplement intake). Four animals were slaughtered as reference and the remaining were slaughtered serially in the different phases. For obtain the net energy requirement for weight gain (NEWG) was regressing the log of the retained energy (RE) on the log of the empty body weight gain (EBWG). The estimate of the net energy requirements for maintenance (NEM) was obtained as an exponential equation between heat production (HP) and metabolizable energy intake (MEI). The net protein requirements for weight gain (NPWG) were obtained as function of the EBWG and RE. The average relation between EBW and SBW was 0.9097 and between EBWG and average gain day (AGD) was 0.9066. The net and metabolizable energy requirements are $68.5 \text{ kcal/EBW}^{0.75}$ and $124 \text{ kcal/EBW}^{0.75}$, respectively. The efficiency of metabolizable energy utilization for maintenance and body weight gain is 0.5524 and 0.24, respectively. The NEWG can be obtained by equation: $RE = 0.035 \times \text{EBW}^{0.75} \times \text{EBWG}^{0.5653}$ and the NPWG by equation: $RP = 18.6722 + 78.6388 \times \text{EBWG} + 31.9809 \times \text{RE}$.

Keywords: forage, net energy, net protein, supplementation

Introdução

O rebanho bovino brasileiro está estimado em aproximadamente 174 milhões de cabeças (ANUALPEC, 2011), sendo aproximadamente 80% destes animais oriundos de raças zebuínas (Sainz et al., 2006), sendo que a raça Nelore responde por aproximadamente 80% deste contingente (Oliveira et al., 2002).

Em qualquer sistema de produção, para que os animais expressem o seu crescimento para a produção de carne devem ser atendidas as suas exigências nutricionais através do balanceamento de rações e/ou suplementos. Para cada tipo de animal existe uma determinada exigência nutricional, que varia conforme a fase de produção. Somente através do conhecimento destas exigências é possível proporcionar aos animais as condições adequadas para atingirem níveis de produção almejados. Entretanto, poucas são as informações sobre as exigências nutricionais de animais em regime de pastejo no Brasil.

A maioria dos dados publicados no Brasil refere-se a animais confinados (Valadares Filho et al., 2006, 2010). Em adição, ainda verifica-se larga utilização dos sistemas internacionais para a determinação das exigências (ARC, 1980; CSIRO, 1990; AFRC, 1993; NRC, 1996; NRC, 2000, CSIRO, 2007), sendo o NRC (1996) o mais utilizado. No entanto, estes sistemas foram desenvolvidos em condições de produção bem diferentes daquelas que representam a bovinocultura brasileira e com animais de raças taurinas.

Recentemente, na segunda versão das Tabelas Brasileiras de Exigências Nutricionais para Zebuínos (Valadares et al., 2010) foram publicados de forma conjunta os primeiros dados sobre exigências nutricionais obtidas para animais terminados em condições de pasto. No entanto, verifica-se que mais informações devem ser obtidas para aumentar o banco de dados e assim melhorar as estimativas de exigências

nutricionais para animais criados neste sistema, notadamente para animais submetidos a diferentes planos de suplementação, haja vista que diferenças na composição do ganho em animais suplementados podem afetar as exigências de ganho.

Sendo assim, objetivou-se estimar as exigências de energia para manutenção e ganho de peso e as exigências de proteína para ganho de peso de bovinos em pastejo submetidos a diferentes planos de suplementação.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no setor de Bovinocultura de Corte do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, entre março de 2009 e maio de 2010.

Os animais foram avaliados continuamente durante as fases de produção: Fase 1 – cria, amamentação no período de transição águas – seca; Fase 2 - recria no período seco; Fase 3 - recria no período de transição seca-águas e Fase 4 - terminação no período das águas.

A fase de cria iniciou-se com 44 bezerros com predominância de sangue nelore (>50%), amamentados e acompanhados por suas respectivas mães, com idade e peso médio inicial de 120 dias e $132,5 \pm 35$ kg, respectivamente. Na fase de recria-seca (após o desmame dos animais), utilizaram-se 40 animais remanescentes da fase cria e teve duração de 84 dias. Na fase de recria (transição seca-águas) utilizaram-se 36 animais remanescentes da fase recria-seca e teve duração de 98 dias e na última fase (águas) utilizaram-se 28 animais oriundos da fase recria (transição seca-águas) e teve duração de 142 dias.

A área experimental constou de 4 piquetes, formados com *Urochloa decumbens*, providos de bebedouros e cochos cobertos. Na fase de cria, os cochos foram duplos, ou

seja, de um lado um cocho colocado mais alto para acesso apenas das vacas e do outro, um cocho mais baixo com acesso privativo aos bezerros. Nas demais fases o cocho também foi coberto com acesso bilateral, de forma a permitir acesso simultâneo de todos os animais.

Ao início do experimento, após pesagem inicial, a cada animal foi sorteado um dos quatro planos nutricionais (**Baixo, Médio e Alto** consumo de suplemento) e um suplemento (**Controle**) em que os animais receberam apenas mistura mineral (Tabela 1). O plano nutricional atribuído a cada animal, ao início do experimento, foi utilizado em todas demais fases experimentais, visando contemplar os efeitos cumulativos e residuais de cada tratamento.

Controle de endo e ectoparasitas foram realizados no início do experimento e sempre que necessário.

Tabela 1 - Planos nutricionais para bovinos de corte em pastejo em função da quantidade de suplemento concentrado fornecida.

Fase de Produção	Planos nutricionais ¹			
	Controle ²	Baixo	Médio	Alto
Cria/Águas-secas	-	0,250	0,500	1,000
Recria/Seca	-	0,500	1,000	2,000
Recria/Seca-águas	-	0,500	1,000	2,000
Terminação/Águas	-	0,750	1,500	3,000

^{1/} kg de suplemento/animal/dia; ^{2/} acesso irrestrito a mistura mineral.

Os suplementos proteicos-energéticos foram formulados para conterem 300 g de proteína bruta (PB)/kg de matéria natural nas fases de transição águas/seca, seca e transição seca/águas e 240 g de PB/kg de matéria natural no período das águas (Tabela 2) e foram fornecidos diariamente por volta das 10h00.

Tabela 2 – Composição dos suplementos com base na matéria natural (kg/kg de suplemento).

Ingredientes	Fases de Produção			
	Cria Águas/seca	Recria Seca	Recria Seca-águas	Terminação Águas
Farelo de soja	550,0	391,0	391,0	307,0
Milho moído	225,0	290,0	290,0	335,0
Sorgo moído	225,0	290,0	290,0	335,0
Uréia/SA ¹	-	29,0	29,0	23,0
M. mineral ^{2, 3}	0,040	0,050	0,050	0,060
Proteína bruta ⁴	300	300	300	240

¹SA = sulfato de amônio;

²Quantidade de mistura mineral/animal/dia adicionada ao suplemento proteico-energético;

³Composição percentual da mistura mineral: fosfato bicálcico, 50,00; cloreto de sódio, 47,775; sulfato de zinco, 1,40; sulfato de cobre, 0,70; sulfato de cobalto, 0,05; iodato de potássio, 0,05 e selenito de sódio, 0,025.

⁴g/kg de matéria natural de suplemento.

A cada 28 dias, procedeu-se a amostragem da forragem disponível aos animais. Para avaliação quantitativa, a forragem foi cortada rente ao solo de quatro áreas delimitadas por um quadrado metálico de 0,25 m², escolhidos aleatoriamente em cada piquete experimental.

Para avaliação qualitativa, a amostragem da forragem foi obtida via simulação manual do pastejo animal a cada 28 dias, por dois avaliadores devidamente treinados.

As amostras para avaliação quantitativa e qualitativa da forragem foram pesadas e imediatamente levadas para estufa com circulação forçada de ar (55°C/72 horas), processadas em moinho de facas tipo Wiley (1 e 2 mm) e armazenadas para análise.

A avaliação das características nutricionais foi realizada em cada fase de produção. Os ensaios foram realizados à partir do 9º dia do segundo período experimental de cada fase de produção por intermédio da técnica dos indicadores. Empregou-se o óxido crômico como indicador para estimativa da excreção fecal e o dióxido de titânio como indicador do consumo de suplemento (Titgemeyer et al., 2001). A FDNi foi utilizada como indicador interno para estimação do consumo de pasto.

Cada ensaio teve duração de 9 dias, sendo os seis primeiros destinados à adaptação dos animais ao óxido crômico e dióxido de titânio e os três dias restantes para coletas em horários diferenciados. O dióxido de titânio foi adicionado diariamente ao suplemento concentrado de cada tratamento, na proporção de 6 g/bezerro. O óxido crômico foi acondicionado em cartucho de papel (6 g) e aplicado via sonda esofágica. Entre o 7º e 9º dia procedeu-se à coleta de amostras de fezes, tomadas diretamente no reto dos animais, às 16h00, 12h00 e 08h00, respectivamente. As amostras fecais foram identificadas e secas em estufa de ventilação forçada de ar. Posteriormente as amostras foram moídas em moinho de faca com peneira com malha de 1 e 2 mm, sendo as amostras compostas por animal e armazenadas em potes plásticos.

No dia oito do ensaio procedeu-se uma avaliação quantitativa e qualitativa da forragem conforme descrito anteriormente.

Aos 28 dias do segundo período da fase de cria foi realizada uma coleta de leite, tendo em vista a obtenção da produção e composição deste. Para tanto, os bezerros foram apartados de suas mães, por 12 horas (18h00 às 6h00). As vacas foram esgotadas através de ordenha manual com aplicação de oxitocina. A estimativa da produção de leite foi ajustada para 24 horas. Adicionalmente, amostras de leite foram enviadas ao laboratório de qualidade de leite da EMBRAPA – Gado de Leite para análise de composição centesimal (método espectrometria de absorção no infravermelho médio).

Nos ensaios de consumo e digestibilidade das demais fases de produção (recria na seca, recria na transição seca/águas e terminação nas águas) o procedimento foi o mesmo, exceto para quantidade de indicador fornecido que foi 10 g de óxido crômico e de dióxido de titânio/animal/dia.

Nas amostras de forragem obtidas via simulação manual, suplementos e fezes, processadas em peneiras de 1 mm, foram avaliados os teores de MS, matéria orgânica

(MO), PB, lignina (ácido sulfúrico 72% p/p), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) com as devidas correções para cinza e proteína, constituindo-se a fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína (FDNcp) e fibra em detergente ácido corrigida para cinza e proteína (FDAcp) de acordo com recomendações do Detmann et al., (2012). Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) seguiram recomendações de Detmann & Valadares Filho (2010);

$$CNF = MO - [EE + FDNcp + (PB - PBu + U)]$$

em que: CNF = teor de carboidratos não-fibrosos (%); MO = teor de matéria orgânica (%); EE = teor de extrato etéreo (%); FDNcp = teor de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (%); PB = teor de proteína bruta (%); PBu = teor de proteína bruta oriunda da ureia (%); U = teor de ureia (%).

As amostras de fezes e óxido crômico foram analisadas quanto a concentração de cromo em espectrofotômetro de absorção atômica. Adicionalmente, as amostras de fezes e de dióxido de titânio foram analisadas por colorimetria quanto à concentração de titânio seguindo recomendações do Detmann et al., (2012).

As estimativas de consumo voluntário foram obtidas utilizando-se a FDNi como indicador interno, quantificadas por procedimento de incubação *in situ* por 288 horas, utilizando alíquotas processadas em peneira de malha 2 mm, segundo recomendações de Valente et al., (2011).

A excreção de matéria seca fecal foi calculada como:

$$MSF = \frac{QFI}{CIF} \times 100$$

em que: MSF = matéria seca fecal (g/dia); QFI = quantidade fornecida do indicador (g);
CIF = concentração do indicador (cromo) nas fezes (%);

O consumo de matéria seca de suplemento (kg/dia) foi estimado segundo a equação:

$$CS = \frac{MSF \times CIF}{CIS}$$

em que: CS = consumo de matéria seca de suplemento (kg/dia); MSF = matéria seca fecal (kg/dia); CIF = concentração do indicador nas fezes (kg/kg); CIS = concentração do indicador no suplemento.

As estimativas do consumo voluntário foram obtidas segundo a equação:

$$CMST = \frac{[(EF \times CIF) - (CS \times CIS)]}{CIFO} + CS + CL$$

em que: CMST = consumo de matéria seca total (kg/dia); EF = excreção fecal (kg/dia);
CIF = concentração do indicador (FDNi) nas fezes (kg/kg); CS = consumo de
suplemento (kg/dia); CIS = concentração do indicador (FDN)i no suplemento (kg/kg);
CIFO = concentração do indicador (FDNi) na forragem (kg/kg); e CL = consumo de
matéria seca de leite (kg/dia), para a fase de amamentação.

Os animais seguiram um protocolo de abate dividido em quatro etapas: Ao início do experimento (fase de cria), quatro animais foram abatidos como referência dos animais que permaneceram no experimento. Ao final da fase cria (desmame) mais quatro animais foram abatidos, sendo um de cada plano de suplementação. O terceiro abate foi realizado ao final da fase seca e foram abatidos quatro animais, sendo um animal de cada plano de suplementação. O quarto abate foi realizado ao final do período de transição seca-águas. Durante o período das águas mais um abate de 8

animais (dois de cada tratamento) foi realizado. O último abate foi realizado ao final do período das águas (o restante dos animais).

O peso corporal em jejum (PCJ) foi obtido após 16 horas sem acesso a alimentação. Os animais foram abatidos por concussão cerebral seguido por secção da artéria carótida e veia jugular. O sangue foi coletado, pesado e uma amostra de cada animal foi acondicionada em recipiente e levada à estufa de ventilação forçada, a 55°C, durante 72 horas, para determinação do teor de matéria seca (MS), sendo, posteriormente, moídas em moinho de bola. Adicionalmente, todos os componentes, incluindo órgãos internos (pulmões, coração, rins, traqueia, fígado, trato reprodutivo e baço), aparelho digestório (rúmen, retículo, omaso, abomaso, intestino grosso e delgado), gordura visceral, língua, rabo, couro, cabeça, pés e carcaça foram lavados e pesados e posteriormente foram moídos em um Cutter de 65 litros, de onde foi retirada uma amostra que representou os órgãos e vísceras dos animais. O peso de corpo vazio (PCVZ) foi computado como a soma de todos os componentes corporais.

A carcaça de cada animal foi dividida em duas partes iguais. Cada meia carcaça foi pesada a quente para obtenção do peso da carcaça quente e resfriada a - 1° C. Após 24 horas de resfriamento as meias carcaças foram novamente pesadas para obtenção do peso da carcaça fria. A espessura de gordura subcutânea e a área de olho de lombo foram mensuradas na 12th costela da meia-carcaça esquerda. Em seguida, a meia-carcaça direita foi fisicamente separada em gordura subcutânea, gordura intermuscular, músculo e osso. Todos os componentes foram pesados. A gordura intermuscular e a subcutânea foram somadas para obtenção da gordura física da carcaça. A gordura física do corpo vazio foi calculado pela soma dos pesos da gordura física interna e gordura física da carcaça. O tecido muscular e o tecido adiposo foram moídos e o tecido ósseo

serrado em partes menores. Foi retirada uma amostra representativa de cada componente, para determinação direta dos teores de proteína, gordura da carcaça.

A relação obtida entre o PCVZ e o PCJ dos animais, foi utilizada para estimativa do PCVZ inicial dos animais que permaneceram no experimento.

As amostras coletadas (órgãos e vísceras, músculo+gordura, osso do pé, osso da cabeça, osso da carcaça, tecido mole e couro) foram liofilizadas por 72 a 96 h para determinação da matéria pré-seca gordurosa (MSG). Em seguida, as amostras foram submetidas a um pré-desengorduramento (MSPD) por extração por éter de petróleo no aparelho Soxhlet por um período que variou de 3 a 6 horas. Posteriormente, as amostras foram moídas em moinho de bola, para determinações de nitrogênio total e extrato etéreo, conforme recomendações de Detmann et al., (2012). A gordura removida no pré-desengorduramento foi calculada pela diferença entre a MSG e a MSPD.

O cálculo do consumo de energia metabolizável (CEM) foi realizado multiplicando o consumo do nutriente pelo seu respectivo coeficiente de digestibilidade, e em seguida pelo seu valor calórico. Para a conversão da energia digestível (ED) em energia metabolizável (EM) foi utilizado o fator sugerido pelo NRC (2000), segundo a equação $EM = 0,82 \times ED$.

O cálculo da energia corporal foi realizado com base nos teores corporais de proteína e gordura e seus respectivos equivalentes calóricos de 5,6405 e 9,3929 (ARC, 1980), respectivamente.

Equações de regressão para as exigências de energia líquida para ganho (ELg) foram obtidas com base no ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ), para um determinado $PCVZ^{0,75}$ nos animais, exceto referência, utilizando o modelo:

$$ER = a \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^b$$

Onde ER é a energia retida (ER, Mcal/PCVZ^{0,75}/dia) e 'a' e 'b' são coeficientes da regressão.

As estimativas das exigências de energia líquida para manutenção (ELm) foram obtidas a partir do intercepto da regressão exponencial entre a produção de calor (PC) e o CEM como equação sugerida por Valadares Filho et al. (2010). Através do método iterativo foi determinado o ponto onde o CEM e a PC se igualam, sendo esse valor considerado como a estimativa dos requerimentos de energia metabolizável para manutenção (EMm). O modelo utilizado foi:

$$PC = \beta_0 \times \exp^{\beta_1 \times CEM}$$

em que PC é a produção de calor (Mcal/PCVZ^{0,75}), CEM é o consumo diário de energia metabolizável (Mcal/PCVZ^{0,75}), β_0 e β_1 são parâmetros da regressão.

Para cálculo da eficiência de uso da energia metabolizável para manutenção (km) foi obtida a relação entre as exigências líquidas e metabolizáveis de energia para manutenção (Garrett, 1980). A eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho de peso (kg) foi estimada como a inclinação da regressão linear entre a ER e o CEM, segundo o NRC (2000) e Ferrel & Jenkins (1998).

As exigências de proteína líquida para ganho (PLg) foram obtidas pela regressão linear múltipla da proteína retida (PR, g/dia) no GPCVZ (kg/dia) e da ER (Mcal/dia) de acordo com a equação:

$$PR = \beta_0 + \beta_1 \times GPCVZ + \beta_2 \times ER$$

Onde β_0 , β_1 e β_2 são parâmetros da equação.

Resultados e Discussão

A relação média entre PCVZ e PCJ dos animais experimentais foi 0,910. Este valor está bem próximo ao sugerido pelo NRC (2000) de 0,891 e Valadares Filho et al. (2010) de 0,895, ambos para animais em sistema de confinamento. Para animais em pastejo o valor sugerido por Valadares Filho et al. (2010) é de 0,863. Resultados similares ao do presente estudo também foram verificados nos trabalhos de Porto et al. (2012), Rocha (2011), Fernandes (2010), Sales et al. (2009) que relataram valores de 0,907, 0,901, 0,894 e 0,899, respectivamente. Outros trabalhos também realizados em condições de pastejo encontraram valores um pouco inferior: Zervoudakis et al. (2002), Fregadolli (2005) e Moraes et al. (2009) , 0,8575; 0,8746 e 0,8877, respectivamente.

A relação entre o GPCVZ e o GMD foi de 0,907. Este valor é inferior ao sugerido por Valadares Filho et al. (2010) de 0,955 e superior ao valor encontrado por Porto et al. (2012) de 0,886.

A produção de calor foi obtida de forma indireta pela diferença entre o CEM e a ER no corpo vazio. O intercepto representa os requerimentos de ELM. No presente estudo, o valor encontrado foi de 68,5 kcal/PCVZ^{0,75}. A partir da equação e utilizando o método iterativo, obteve a EMm, como o ponto em que o CEM e a PC se igualam, sendo este valor de 124 kcal/kg de PCVZ^{0,75}/dia. A eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção (km) obtida foi de 0,5524.

O valor encontrado para ELM foi um pouco inferior aos valores recomendados por Valadares Filho et al. (2010) de 71,7 kcal/PCVZ^{0,75} para animais em pastejo e 74,2 kcal/PCVZ^{0,75} para animais confinados. De acordo com estes autores, as diferenças entre animais em pastejo e animais confinados parece estar relacionada ao fato que animais sob condições de pastejo reduzem o custo energético associado as funções

vitais. Já o NRC (2000) sugere um desconto de 10% nas exigências de ELM de raças zebuínas, isso resultaria em $69 \text{ kcal/PV}^{0,75}/\text{dia}$ com acréscimos de 9 a 20% para animais machos não castrados. Outros autores, Porto et al. (2012), Moraes et al. (2009) trabalharam em condições experimentais semelhantes e reportaram valores de Elm bem próximos ao encontrados no presente estudo, 71,9 e 69,33 $\text{kcal/PCVZ}^{0,75}$

Para a exigência de EMm, verificou-se que o valor de 124 $\text{kcal/kg de PCVZ}^{0,75}/\text{dia}$ foi similar ao valor reportado por Valadares Filho et al. (2010) de 124,7 $\text{kcal/kg de PCVZ}^{0,75}/\text{dia}$. Estes valores são aproximadamente 11% superior aos valores obtidos para animais em condições de confinamento o que pode ser atribuído ao maior dispêndio de energia para locomoção, apreensão de forragem e eficiência de uso da energia dietética (CSIRO, 2007; Valadares Filho et al., 2010). Estes resultados também são similares aos reportados por Porto et al. (2012). O sistema australiano (CSIRO, 2007) sugere um acréscimo nas exigências de energia de manutenção de 10 - 20% para animais em condições de pasto quando comparado a animais criados em confinamento, sendo este valor também dependente da declividade do terreno e da distância a ser percorrida para obtenção do alimento e de água.

A eficiência de uso da energia metabolizável para manutenção (k_m) encontrada no presente estudo foi de 0,5524 (68,5 dividido por 124), sendo este valor próximo ao encontrado por Porto et al. (2012) e Sales et al. (2009) de 0,58 e 0,55 respectivamente. Valadares Filho et al. (2006) recomendaram 0,63 para animais em condições de confinamento. No entanto, relataram problemas no uso da concentração de EM da dieta na estimativa da k_m , principalmente para alimentos de baixa digestibilidade. Adicionalmente, estes autores verificaram que a k_m é afetada pela eficiência parcial de uso da energia metabolizável para ganho (k_g) e o GPCVZ. Isto sugere diferenças na k_m entre animais criados em condições de pastejo e animais confinados.

A equação da ER (Mcal/dia), obtida em função do PCVZ e GPCVZ foi:

$$ER = 0,035 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{0,5653}$$

Observa-se que o intercepto da equação acima é inferior aos valores propostos por Valadares Filho et al. (2010) para machos inteiros em confinamento e em pastejo de 0,053 e 0,052, respectivamente. O expoente do GPCVZ também é menor que aquele sugerido por Valadares Filho et al. (2010) para animais em pastejo de 1,062.

A eficiência de uso da energia metabolizável para ganho de peso, obtida como o coeficiente de inclinação da equação de regressão da ER em função do CEM para ganho foi de 0,24 que é similar ao valor reportado por Porto et al. (2012). Outros autores Moraes et al. (2009) e Sales et al. (2009), encontraram valores um pouco superior 0,26 e 0,29 respectivamente. Valadares Filho et al. (2010) ressaltaram a alta variabilidade dos valores encontrados para k_g entre os experimentos. Na primeira edição do BR-Corte, os valores de k_g foram determinados em função da quantidade de concentrado na dieta, sendo 0,35 para dietas com baixa energia (menos que 50% de concentrado na dieta) e 0,47 para dietas com mais de 50% de concentrado na dieta. Na segunda edição, estes autores reportaram que a eficiência com que a energia é retida no corpo depende das proporções de energia retida na forma de proteína e gordura e como estas proporções são variáveis, notadamente em função do plano nutricional, k_g não pode ser constante. Sendo assim, sugerem estimativas de k_g baseada na composição do ganho.

A estimativa da proteína líquida para ganho de peso foi obtida através da equação de regressão múltipla da proteína retida (PR) em função da energia retida (ER) e GPCVZ. A equação obtida neste estudo foi:

$$PR = 18,6722 + 78,6388 \times GPCVZ + 31,9809 \times ER$$

De acordo com Valadares filho et al. (2010) as exigências líquidas de proteína para crescimento e terminação são dependentes do conteúdo de matéria seca livre de gordura no ganho de peso. No presente estudo, nota-se que à medida que aumenta a energia retida há um aumento na proteína retida, quando era esperado uma redução (Porto et al. 2012). Entende-se que este fato seja resultado da idade média dos animais e menor peso ao abate quando comparado a animais confinados. Uma vez que a maior parte da energia retida foi à custa de tecido magro.

Conclusão

As exigências de energia líquidas e metabolizável para manutenção de bovinos de corte em pastejo são de 68,5 e 124 kcal/ kg de PCVZ^{0,75}, respectivamente, com eficiência de uso da energia metabolizável de 0,5524. As exigências de energia líquida para ganho de peso podem ser obtidos pela equação: $ER = 0,035 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{0,5653}$, uma eficiência de uso da energia metabolizável de 0,24. As estimativas da exigência de proteína líquida para ganho de peso são obtidas com a equação: $PR = 18,6722 + 78,6388 \times GPCVZ + 31,9809 \times ER$.

Referências

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL – AFRC. Energy and protein requirements of ruminants. Agricultural and food research council. CAB International. Wallingford. 1993. 176p.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirements of ruminants livestock**. London: 1980.
- ANUÁRIO DA PECUÁRIA BRASILEIRA – ANUALPEC. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2010. 360p.
- 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, p.335-342, 2008.
- COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION – CSIRO. Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants. CSIRO Publishing. Collingwood. 2007. 296p.
- DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C. et al. **Métodos para análise de alimentos**. Ed. 1.ed. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2012. 214p.
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, p.980- 984, 2010.
- FERNANDES, H. J. **Estudo do crescimento de tourinhos em pastejo recebendo suplementação concentrada com diferentes perfis protéicos**. 2009. 288 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2009.
- FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. Body composition and energy utilization by steers of diverse genotypes fed a high-concentrate diet during the finishing period: II. Angus, Boran, Brahman, Hereford, and Tuli sires, **Journal of Animal Science**, v.76, p.647-657, 1998.
- FREGADOLLI, F.L. **Composição corporal e exigências nutricionais de novilhos de três grupos genéticos em pastejo**. Jaboticabal, SP. UNESP, 2005, 85p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2005.
- GARRETT, W.N. Factors influencing energetic efficiency of beef production, **Journal of Animal Science**, v.51, p.1434-1440, 1980.
- MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1217-1240, 2002.
- MORAES, E.H.B.K.; PAULINO, M.F.; MORAES, K.A.K. et al. Exigências de energia de bovinos de corte em pastejo, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.933-940, 2009.
- MORAES, E.H.B.K.; PAULINO, M.F.; MORAES, K.A.K. et al. Exigências de proteína de bovinos anelados em pastejo, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.601-607, 2010.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle.** 7.ed. National Academic Press. Washington, D.C.: 1996. 242p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrients requirements of beef cattle.** 7.ed. Washington, D.C.: 2000. 242p.
- PORTO, M.O.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. et al.. Nutritional requirements of energy, protein and macrominerals for maintenance and weight gain of young crossbred Nellore × Holstein bulls on pasture, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p.734-745, 2012.
- SAINZ, R.D.; BARIONI, L.G.; PAULINO, P.V.R. et al. Growth patterns of Nellore vs. British beef cattle breeds assessed using dynamic, mechanistic model of cattle growth and composition. In: KEBREAB, E.; DIJKSTRA, J.; BANNINK, A. et al. (eds). **Nutrient digestion and utilization in farm animals: modeling approaches.** Wageningen: CABI publishing, 2006. 480p.
- SALES, M.F.L.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Composição corporal e requisitos energéticos de bovinos de corte sob suplementação em pastejo, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.1355-1362, 2009
- SALES, M.F.L.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Exigências proteicas de bovinos de corte suplementados a pasto, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.2066-2072, 2010.
- TITGEMEYER; E.C.; ARMENDARIZ, C. K.; BINDEL, D.J. et al. Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker for cattle. **Journal of Animal Science**, v.79, p.1059-1063, 2001.
- VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, M.L. et al. **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados – BR CORTE.** ed: 2. Viçosa: UFV, Suprema Gráfica Ltda, 2010, 193p.
- 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.
- VALENTE, T.N.P.; DETMANN, E.; QUEIROZ, A.C. et al. Evaluation of ruminal degradation profiles of forages using bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2565-2573, 2011.
- ZERVOUDAKIS, J.T.; PAULINO, M.F.; DETMANN, E. et al. Conteúdo corporal e exigências líquidas de proteína e energia de novilhos suplementados no período das águas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.530-537, 2002.

CAPÍTULO 3

Predicting carcass and body fat composition using biometric measurements of grazing beef cattle¹

ABSTRACT: This study was conducted to develop equations to predict carcass and body fat compositions using biometric measures (BM) and body postmortem measurements, and to determine the relationships between BM and carcass fat (CF), and empty body fat (EBF) compositions of 44 crossbred bulls under tropical grazing conditions. The animals were serially slaughtered in four groups at approximately 84 d (n = 4), 168 d (n = 8), 235 d (n = 8), and 310 d (n = 24) of growth. The d before each slaughter, animals were weighed and BM were taken, including hook bone width (HBW), pin bone width (PBW), abdomen width (AW), body length (BL), rump height (RH), height at withers (HW), pelvic girdle length (PGL), rib depth (RD), girth circumference (GC), rump depth (RuD), body diagonal length (BDL), and thorax width (TW). Others measurements included were total body surface (TBS), body volume (BV), subcutaneous fat (SF), internal fat (InF), intermuscular fat (ImF), carcass physical fat (CF), empty body physical fat (EBF), carcass chemical fat (CFch), empty body chemical fat (EBFch), fat thickness in the 12th rib (FT), and 9 – 11th rib section fat (HHF). The stepwise procedure was used to select the variables included in the model. The r^2 and the root mean square error (RMSE) were used to account for precision and variability. Our results indicated that lower rates of fat deposition can be attributed to young animals and low concentration of dietary energy under grazing conditions. The BM improved estimates of TBS ($r^2 = 0.999$) and BV ($r^2 = 0.997$). The adequacy evaluation of the models developed to predict TBS and BV using theoretical equations indicated precision, but lower and intermediate accuracy ($C_b = 0.138$ and 0.79), respectively, were observed. The data indicated that BM in association with shrunk BW

(SBW) were precise in accounting for variability of SF ($r^2 = 0.967$ and RMSE = 0.94 kg), InF ($r^2 = 0.984$ and RMSE = 1.26 kg), CF ($r^2 = 0.981$ and RMSE = 2.98 kg), EBF ($r^2 = 0.985$ and RMSE = 3.99), CFch ($r^2 = 0.940$ and RMSE = 2.34), and EBFch ($r^2 = 0.934$ and RMSE = 3.91). Results also suggested that approximately 70% of body fat was deposited as CF and 30% as InF. Furthermore, the development of an equation using HHF as predictor, in combination with SBW, was a better predictor of CF and EBF than using HHF by itself. We concluded that the prediction of physical and chemical CF and EBF composition of grazing animals can be improved using BM as predictor.

Key Words: Adipose tissue, body composition, cattle, equation, modeling, pasture

INTRODUCTION

Methods for determining carcass and body composition of beef cattle have been extensively studied because of their nutritional and economic importance (Fisher, 1975; Hedrick, 1983; Bonilha et al., 2011). Techniques that are noninvasive have been preferred due to practicality. In this aspect, BW has been widely used in determining the growth rates of animals and to predict their likely body composition and, therefore, the rates at which various tissues have grown (Lawrence and Fowler, 2002). In addition, body fat has been shown as one of the most variable components in the body or carcass and hence, the most difficult to predict (Jones et al., 1978; Owens, 1995; Bonilha et al., 2011).

The use of body biometric measures (**BM**) taken on live animals as predictors of the body composition was suggested long ago (Cook et al., 1951; Fischer, 1975). Most of these linear measurements primarily reflect the lengths of long bones of the animal.

Overall, they indicate the way in which the body shape is changing and have been used as predictors of both animal live weight and body composition (Lawrence and Fowler, 2002; Fernandes et al., 2010). In a recent study, Fernandes et al. (2010) found that combinations of different BM obtained *in vivo* or *postmortem* can be a tool to predict physical and chemical amounts of fat in the carcass and body of grazing animals. However, notably in grazing beef cattle, the prediction of adipose tissue deposition in the carcass and body and the adipose tissue distribution in different regions of the body using live body measurements are limited and incomplete (Lawrence and Fowler, 2002).

The objectives with this study were (1) to develop prediction equations for carcass and body fat compositions using BM, (2) to determine the relationships between BM and carcass and empty body fat (**EBF**) compositions of crossbred animals under tropical grazing conditions in the tropics, (3) to analyze the distribution of fat depots in the body, and (4) to develop prediction equations for total body surface (**TBS**) and body volume (**BV**) using BM.

MATERIALS AND METHODS

Humane animal care and handling procedures of the Universidade Federal de Viçosa (Brazil) were followed in this research.

Animals. The data utilized in this trial were obtained at the Federal University of Viçosa, Brazil, between July of 2009 and May of 2010. This trial used 44 animals, from different crossbred genetic groups (at least 50% Nellore breed) with initial age of 8.4 ± 0.8 mo and shrunk BW (**SBW**) 203 ± 35 kg. The animals were divided into four groups and grazed *Urochloa decumbens*. The animals received four different supplementation strategies. Different nutritional strategies, variation in the forage

composition along the study, and different ADG were not considered when developing the equations. These strategies were needed to obtain sufficient variation in the body composition to mimic animal growth patterns under practical conditions. The animals were randomly assigned to one of four nutritional supplementation strategies: mineral only, low, medium, or high concentrate supplement intake. Three growing phases of 84, 84, and 142 d were used to adjust the daily amount of supplement being offered. Four animals were slaughtered at the beginning of the first experimental phase as baseline. Then, four groups of animals were slaughtered at approximately 84 d (n = 4), 168 d (n = 8), 235 d (n = 8), and 310 d (n = 20) of growth.

Biometrics measures. The day before each slaughter, animals were weighed to obtain the full BW (**FBW**) and BM. The measures were always performed by the same technician. Animals were trained in a chute before the experiment commenced. Each animal was normally positioned in a squeeze chute and anatomical locations were used as reference points for the BM determination. The positions of each measurement point were determined by palpation as recommended by Fischer (1975). The BM were adapted from Fischer (1975), Lawrence and Fowler (2002), and Fernandes et al. (2010), and were taken with the aid of a large caliper (Hipometro type Bengala with two bar, Walmur, Porto Alegre, Brazil) and a graduated plastic flexible tape. Measurements included hook bone width (**HBW**) as the distance between the 2 ventral points of the tuber coxae (large calipers); pin bone width (**PBW**) as the distance between the 2 ventral tuberosity of the tuber ischia (large calipers); abdomen width (**AW**) measured as the widest horizontal width of the abdomen (paunch) at right angles to the body axis (large calipers); body length (**BL**) as the distance between the dorsal point of the scapulae and the ventral point of the tuber coxae (tape); rump height (**RH**) measured from the ventral point of the tuber coxae, vertically to the ground (large calipers);

height at withers (**HW**) measured from the highest point over the scapulae, vertically to the ground (large calipers); pelvic girdle length (**PGL**) as the distance between the ventral point of the tuber coxae and the ventral tuberosity of the tuber ischii (large calipers); rib depth (**RD**) measured vertically from the highest point over the scapulae to the end point of the rib (at the sternum) (large calipers); girth circumference (**GC**) taken as the smallest circumference just posterior to the anterior legs, in the vertical plane (tape); rump depth (**RuD**) measured as the vertical distance between the ventral point of the tuber coxae and the ventral line (large calipers); body diagonal length (**BDL**) measured as the distance between the ventral point of the tuber coxae and the cranial point of shoulder (tape); and thorax width (**TW**) the widest horizontal width across shoulder region (at the back) using large calipers.

Slaughter and body composition techniques: Shrunk BW was obtained after 16 h of feed withdrawal. Animals were desensitized with a non-penetrating stunner and killed by exsanguination using conventional humane procedures. Blood was weighed and sampled for posterior analysis. All the body components were cleaned and weighed. They included internal organs (lungs, heart, kidneys, trachea, liver, reproductive tract, and spleen), digestive tract (rumen, reticulum, omasum, abomasum, and small and large intestines), KPH, visceral fat, tongue, tail, hide, head, feet, and carcass. Empty BW (**EBW**) was computed as the sum of all body components. Viscera and organs were ground together immediately after slaughter, sub-sampled, and frozen. Similarly, hide, head, and 2 feet (1 front and 1 back) were sampled and frozen for subsequent analyses of DM and chemical fat content. Internal physical fat (**InF**) was calculated by summing the KPH and the visceral fat. The hide was also subsampled and ground.

Measuring body volume and total body surface. The BV was measured using a cylindrical water tank. After an animal was stunned, the body (except the head) was lifted and submerged into the water tank. A transparent tubing that was tightly and vertically connected to the outside of the tank was used to measure how much the water level was altered by the animal submerges. A measuring tape alongside the transparent tubing was used to determine this distance. The level of water before and after the animal submersion was recorded. The BV was computed using the water level difference and the radius of the water tank.

The TBS was determined by adapting the method described by Brody and Elting (1926) as follows: the TBS was measured immediately after slaughter and the removal of the hide, which was completely extended over a 3 x 3 m banner, containing a 4 cm² grid, and the coordinates of the hide were taken and the TBS was calculated using a spreadsheet. In addition, for comparison purposes, we used another method to determine TBS that consisted of marking a 20 x 20 cm on the hide of the live animal located on the top and back left region of the body, respecting a ratio of 1:2 of shaded to non-shaded hide area. The reason for the ratio of 1:2 was to account for a possible variability in the thickness of the hide. After the animal was slaughtered, the marked area was cut and the TBS was calculated by dividing the total hide weight by the weight of the marked area times 400 cm².

Carcass measurements and components. The carcass of each animal was split into two identical, longitudinal halves. The half carcasses were weighed and chilled at -1° C. After 24-h chill, the carcasses were again weighed to obtain the chilled carcass weight. The 9– 11th rib section was removed from the left carcass (Hankins and Howe, 1946) and it was dissected into bone, muscle, and fat (**HHF**) and weighed. After measuring the fat thickness in the 12th rib (**FT**), the right half carcass was physically

separated in subcutaneous fat (**SF**), intermuscular fat, muscle, and bone. All components were weighed and sampled to determine chemical composition. The intermuscular fat and SF were summed to represent the total carcass physical fat (**CF**). The EBF was calculated by summing InF and CF weights.

Chemicals analyses. Except for blood samples, which were dried at 60°C for 72 h, all other samples were freeze dried for 72 to 96 h and partially defatted by washing them with petroleum ether in an Soxhlet extract apparatus for approximately 6 h. The amount of fat lost during the process was computed by weight difference. All samples were ground using a ball mill and analyzed for ether extract and DM. The ether extract of the dried sample was conducted in a XT15 extractor (Ankom, Macedon - NY, 14502) using XT4 filter bags as suggested by AOCS (2009), utilizing petroleum ether. The total chemical fat content of each sample was the sum of the partial fat (Soxhlet extraction) and the ether extract (XT15 extractor). The amount of carcass chemical fat (**CFch**) and the empty body chemical fat (**EBFch**) were estimated by multiplying each component weight by its fat content.

Model Development

Predicting TBS and BV. The technique used to develop theoretical equations to predict TBS and BV was adapted from Thompson et al. (1983), which considered the animal body has a cylinder shape and two parallel planes (base and top), beginning at the thorax and ending at the posterior junction of the buttocks. The TBS was computed as the surface and volume of the cylinder, respectively as shown in Eqs. [1] to [5]. Equation [1] is the sum of the lateral body surface (Eq. [2]) and the surface of the top and base of the cylinder (Eq. [3]). The radius of the body was calculated with the GC as shown in Eq. [4] and used to compute the BV as shown in Eq. [5].

$$TBS = LBS + Sbt \quad [1]$$

$$LBS = \frac{2\pi \times RB \times BL}{10^4} \quad [2]$$

$$Sbt = 2 \times \frac{(\pi \times RB^2)}{10^4} \quad [3]$$

$$RB = \frac{GC}{2\pi} \quad [4]$$

$$BV = \frac{\pi \times RB^2 \times BL}{10^6} \quad [5]$$

where *TBS* is the total body surface, m²; *LBS* is the lateral body surface, m²; *BV* is the body volume, m³; *RB* is the radius of the body, cm; *Sbt* is the base and top (parallel planes) surface area, m²; $\pi = 3.1416$; and *BL* is the body length.

The predicted values of TBS or BV were regressed on the observed TBS or BV to adjust for body parts that TBS and BV equations were not able to take into account. In addition, other empirical equations to predict TBS and BV were developed using SBW and BM.

Prediction of the physical subcutaneous fat. An equation was developed to theoretically predict SF (Eq. [6]) based on TBS, FT, and fat density (912 kg/m³) as suggested by Bieber et al. (1961). The predicted values of SF were regressed on values of observed SF to adjust variation that was not included by theoretical equation.

$$SFp = \frac{TBS \times FT \times 912}{100} \quad [6]$$

where SFp is the predicted subcutaneous fat, kg; TBS is total body surface, m²; and FT is fat thickness, cm.

Predictions of subcutaneous, carcass, and body fats. Equations were developed using information either obtained in vivo (e.g. SBW) or after the slaughter of the animal. The equation development was done in six steps. In each step, variables associated with the deposition of InF, CF, and EBF were included in the model. These variables were included in the model to adjust the variation not explained by SBW by itself. In the first step, an equation was developed for all variables using SBW as the

only predictor (Eq. [1], [4], [6], [11] in Table 4; Eq. [1], [7] in Table 5). In the second step, an equation for SF was developed using SF estimated by a theoretical equation (Eq. [2] in Table 4). In the third step, SBW and SF were used as predictors for CF (Eq. [7] in Table 4) and CF (Eq. [2] in Table 5); CF was also used to predict EBF (Eq. [12] in Table 4) and EBFch (Eq. [8] in Table 5); and SBW and CF were used as predictors of EBF (Eq. [13] in Table 4). In the fourth step, HHF was used to estimate CF (Eq. [8] in Table 4), EBF (Eq. [14] in Table 4), CFch (Eq. [4] in Table 5), and EBFch (Eq. [9] in Table 5). The HHF was added to the model because it has been widely used to estimate carcass and body compositions due to its easy quantification, low costs, and high correlation with CF and EBF (Hankins and Howe, 1946). In the fifth step, SBW and HHF were used to estimate CF (Eq. [9] in Table 4), EBF (Eq. [15] in Table 4), CFch (Eq. [5] in Table 5), and EBFch (Eq. [10] in Table 5). In the sixth step, SBW and BM were utilized as possible predictors of SF (Eq. [3] in Table 4), InF (Eq. [5] in Table 4), CF (Eq. [10] in Table 4), EBF (Eq. [16] in Table 4), CFch (Eq. [6] in Table 5), and EBFch (Eq. [11] in Table 5). Several BM have been suggested as possible predictors of the pattern of growth and the distribution of fat in the carcass and the body of grazing animals under similar conditions to our study (Fernandes et al., 2010).

Statistical Analyses and Model Evaluation

Statistical analyses. Statistical analyses were performed using SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC). Descriptive statistics were obtained with PROC MEANS and Pearson correlation coefficients among variables were obtained with PROC CORR to decide which variables were more related with the variation of fat depots. Linear regressions were developed to estimate TBS, BV, SF, InF, CF, EBF, CFch, and EBFch with PROC REG. The STEPWISE and Mallow's Cp options were used in PROC REG to determine significant ($P < 0.05$) variables to be included in the statistical models. 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 among variables and their quadratic effects were evaluated and removed from the model if they were not significant of 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 evaluation. The comparison of observed and predicted TBS, BV, and SF were realized, and the r^2 and the simultaneous F -test for intercept equal to 0 and slope equal to 1 were evaluated. Additionally used the concordance correlation coefficient (CCC) and the root of the mean square error of the prediction (RMSEP) as discussed by Tedeschi (2006). The accuracy for these comparisons was obtained by comparing the bias correction (Cb) statistic as reported by Lin (1989).

RESULTS AND DISCUSSION

Descriptive Statistics and Correlation Analyses

Table 1 shows age, BW, body characteristics, body components, and BM used to develop the equations. The number of observation used to determine TBS, and BV differs because of the difficulty to be measured. The data was collected immediately after the weaning of the animals and extended until the slaughter of the animals; therefore the age ranged from 8.4 to 19.2 mo. This large range in the age, supplementation plans, and forage quality caused a variation of FBW from 149 to 550 kg and consequently, variation for fat depots and body components. A small quantitative of fat depots in carcass and empty body was detected when compared to others studies (Cianzio et al., 1985; Bonilha et al., 2008; Bonilha et al., 2011). Our data suggested a deposit of 20.98 kg of CF for animals with 334 kg of SBW, contributing to approximately 69% of the EBF. Additionally, about 24% of CF was deposited as SF and the remaining 76% was deposited as ImF. Cianzio et al. (1985) reported a deposit

of 37% of SF in the carcass of crossbred steers during the growing phase from 11 to 19 mo of age. This difference is likely due to the feeding protocol and animal characteristics such as age and breed. In a similar study, Fernandes et al. (2010) also observed low fat content. They attributed to the young animals and the low concentration of dietary energy under grazing conditions. The average of dressing percentage was 55.8%, which is in agreement with that reported by Fernandes et al. (2010) when using animal of similar genetics and under similar feeding conditions.

Table 2 shows Pearson correlation coefficients between variables taken on the live animal, carcass, and body characteristics that were used in developing the prediction equations. Significant correlations of the SBW and BM were observed ($P < 0.01$). The BL, and GC variables were highly correlated with body characteristics. Lawrence and Fowler (2002) and Thompson et al. (1983) reported a strong relationship between these variables and FBW. Gresham et al. (1986) also reported high relationships of SBW and GC with CF. This is likely due to the fact that the body of the animal grows as a whole, including all body parts, during the growth phase (Fernandes et al., 2010). Large correlations between SBW, CF, and EBF were also observed (Table 2).

Equations to Predict TBS and BV

Predicting TBS. Equations developed to predict TBS and BV are listed in Table 3. The TBS and BV developed with Eqs. [1] and [4], respectively, were based on the hypothesis that the body of an animal has the shape of a cylinder since it was the best geometric figure tested in attempt to explain TBS. Eq. [1] was efficient in predicting the observed TBS. Although the observed TBS was 1.57 times greater than that predicted by Eq. [1] (Table 3) suggested a high precision ($r^2 > 0.99$). This mean

bias is likely because the cylinder area did not account for the neck and legs surfaces. Despite of this underestimation, a small RMSE of 0.129 m² was observed. This result indicated the use of Eq. [1] might be a better predictor of TBS than the assumption that the body has shape of a frustum as previously suggested by Fernandes et al. (2010). The Eq. [2] in Table 3 used only SBW as the predictor of TBS. However, a smaller r² and an increased RMSE (0.9084 and 0.1697, respectively) compared to Eq. [1] in Table 3 were observed. The Eq. [3] in Table 3 suggested that SBW and HW would be a better predictor of TBS than SBW alone, but the r² and RMSE (0.9991 and 0.134, respectively) were similar to that observed for Eq. [1] in Table 3.

Our finding is in agreement with Pani et al. (1976), who reported that equations derived from SBW with a linear measurement of HW, BL, or GC estimated TBS of Harijana cattle more accurately than an equation based on SBW alone. Fernandes et al. (2010) showed that SBW and BL are important BM affecting the TBS. Brody and Elting (1926), Pani et al. (1976), and Pani et al. (1981) reported that HW and BL were good predictors of TBS. These authors suggest that the energy metabolism of animals is directly proportional to their TBS, but practicable and accurate methods for measuring the TBS of living animals were not established.

The evaluation of the accuracy of the models developed to predict TBS using theoretical equations indicated that Eq. [1] was precise (r² = 0.952) to account for the variation of the observed values. The intercept was different from zero ($P < 0.001$) and the slope was different from one ($P < 0.001$), indicating possible mean and systematic biases. In addition, the Cb (0.138) and CCC (0.134) indicated lower accuracy of the model. The RMSEP of the prediction was 1.64 m², which represented approximately 36.7 % of the variation.

Predicting BV. The Eq. [4] in Table 3 was developed to predict BV by including body parts not accounted by the BV of the cylinder as shown in Eq. [5]. The Eq. [4] in Table 3 was able to explain approximately 94% of the variation of the observed BV with a small RMSE of 0.016 m³. Although Eq. [4] in Table 3 had a smaller r^2 than Eq. [1] in Table 3, Eq. [4] had a smaller slope coefficient than Eq. [1], suggesting that while the observed BV would increase only 2.8% for each m³ of predicted BV, the observed TBS would increase 57% for each m² of predicted TBS.

Fernandes et al. (2010) predicted an extra volume of about 1.7 times greater than the observed volume when they considered that the animal's body had a shape similar to a frustum. The Eq. [5] in Table 3 considered only SBW and it had an increased r^2 (0.997) and smaller RMSE (0.003) compared to the use of the BV of a cylinder (Eq. [4] in Table 3). These values were similar to those reported by Fernandes et al. (2010), (0.999 and 0.005, respectively), confirming the high correlation between SBW and BV (also showed in Table 2). Because of that high correlation between BV and SBW, there was practically no improvement in the r^2 and RMSE (0.997 and 0.0037, respectively) when BM were allowed to the model to predict BV. The Eq. [6] in Table 3 indicated that, although significant, HBW and RH could explain little additional variation. Fernandes et al. (2010) reported that this relationship of BV with SBW may be linked to small variations in body composition of these animals, principally fat content, resulting from the lower diet energy density for animals under grazing conditions, including animals during the backgrounding phase.

Gill et al. (1993a, b) and Owens et al. (1995) evaluated the effects of various production systems and backgrounding conditions. They reported that although the fat mass increased with age or weight, the fat mass that was accumulated during the background period varied with energy intake during the background period and it was

lower for calves that had grazed the full summer season and had heavier initial BW than those that had grazed a shorter period of time.

The regression of observed on predicted BV values indicated that Eq. [4] in Table 3 was precise ($r^2 > 0.94$) in predicting the observed BV and the accuracy was intermediate ($C_b = 0.790$ and $CCC = 0.768$). However, the intercept was different from zero and the slope was different from one, suggesting that the prediction of BV using the theoretical equation was not consistent with the observed values.

Equations to Predict Subcutaneous Fat, Internal Fat, and Carcass and Empty Body Fats

Predicting subcutaneous fat. A large portion of the variability of SF was accounted for by SBW ($r^2 = 0.830$) (Eq. [1] in Table 4). Fernandes et al. (2010) also reported a high precision in predicting SF when SBW was the only predictor of SF. As SBW increased, SF increased by 22 g/kg SBW in our study while Fernandes et al. (2010) reported a relationship of 40 g/kg. This difference is likely related to animal variation and nutritional planes (Wright and Russel, 1984). The precision in predicting SF using the theoretical equation (Eq. [6]), which is based on TBS, FT, and FD, was intermediate ($r^2 = 0.58$ and $RMSE = 1.25$ kg; Eq. [2] in Table 3).

Variations in the distribution of SF of young animals seem to be difficult to predict because of the small amount of this tissue. The Eq. [3] in Table 4 included BM and SBW in predicting the SF. The stepwise selection indicated that BL and HW explained the variation in SF not explained by the SBW alone (Eq. [1]) by 13.7% more. When these variables were included in the statistical model there was an increase of the r^2 from 0.83 to 0.967 and a decrease in the RMSE from 1.01 to 0.94 compared with Eq. [1] in Table 4.

However, BL had a negative relationship with SF. Fernandes et al. (2010) also reported that the precision in predicting SF was improved when BM were included in the model. The variable HW was also selected in the prediction of TBS, showing that this variable plays an important role explaining variation in characteristics that involve relationships with body surface. Equation [3] in Table 4 also suggested an increase of 30 g of SF per kg of SBW.

The results of model evaluation indicate that Eq. [1] was not precise ($r^2 = 0.597$) and had lower accuracy ($C_b = 0.460$ and $CCC = 0.355$). In addition, the RMSEP was very high (around 5.257 kg).

Predicting internal fat. Equations [4] and [5] in Table 4 were used to estimate the internal fat, which was comprised of visceral fat plus KPH. The Eq. [4] in Table 4 was based only on SBW and had an r^2 of 0.866 and RMSE of 1.32 kg. The Eq. [5] in Table 4 included PBW to explain the variation in InF not account for by SBW alone. The inclusion of this BM improved the precision of the prediction (r^2 of 0.984 and RMSE of 1.26). Despite of the strong relationship observed in our work using BM, other noninvasive techniques can be concurrently used to improve these estimates. Ribeiro et al. (2008) reported that real-time ultrasound measurements might be able to explain the variation in InF. The authors indicated that real-time ultrasound measurements of the kidney fat depth can accurately and precisely predict the observed carcass kidney fat depth, which is highly correlated with carcass KPH weight and the carcass KPH weight can be used to estimate total InF.

Holloway et al. (1990) also reported that ultrasonic measurement at the rib was important to predict the percentage of body fat in the viscera and the measurement over the rump was important to predict the percentage of body fat in the KPH. The measurement of InF is difficult and expensive, and it usually requires slaughter of the

animal (Ribeiro et al., 2008) and the dissection of the gastrointestinal tract (Holloway et al. 1990). Therefore, the development of equations to predict these components can expedite and reduce the cost of InF determination.

Predicting carcass fat. Equations to predict CF are shown in Table 4. All equations had high r^2 values. A large portion of the variability of the CF was accounted for by including SBW as the sole predictor (Eq. [6]). This result provided further evidence that SBW was the single important variable in estimating carcass fat. Equation [6] in Table 4 had a r^2 of 0.83 and an RSME of 3.47 kg and suggested an increase of 79 g of CF for each kg increased in SBW. Fernandes et al. (2010) also indicated that SBW was a good estimator of the variation in CF (r^2 of 0.897 and RMSE of 3.22 kg). In an attempt to improve Eq. [6] in Table 4, Eq. [7] in Table 4 was developed by including variable SF because it is a readily available value. There was an increase in the r^2 to 0.984 and a decrease in the RMSE to 2.84 kg. This suggested that the SF can be a good predictor of the variation in CF and can be used to explain the variation not accounted by SBW alone. The Eq. [7] in Table 4 suggested that only 42 g of CF were increased per unit of increased SBW and an increase of 1.38 kg of CF for each kg increased in SF. This result projected a deposit of 76% intermuscular fat and 24% of SF.

A variable that have been used as a good and reliable predictor of the carcass composition and body fat is the 9th to 11th rib section (Hankins and Howe, 1946 and Alhassam et al., 1975). The fat content is the most variable component in the carcass and body measurements because it depends on many factors, including breed, sex, age and maturity (Tedeschi et al., 2004, Bonilha et al., 2011). Therefore, the inclusion of the HHF with the SBW as shown in Eq. [9] in Table 4 improved the predictability of CF compared to only using HHF (Eq. [8] in Table 4). With this equation, there was an increase of approximately 26 kg of CF for each increase in HHF when SBW was held

constant. When we allowed BM variables to be added to the statistical model (Eq. [10] in Table 4), SBW was the first variable admitted in the model, indicating an increase of 76 g of CF for each increase in kg of SBW similar to Eq. [6] in Table 4. The Eq. [10] in Table 4 also had RD and GC as important variables in predicting CF variation.

Holloway et al. (1990) reported that GC is an important BM variable to explain variation in the distribution of fat, being related to all depots, except percentage of total EBF in soft tissue. Fernandes et al. (2010) also reported a better prediction of CF when BM were included in the model. However, the equation of Fernandes et al. (2010) included only abdomen width. The precision of the equation that included SBW and BM as predictors (Eq. [10] in Table 4) was similar to the equations that included SBW and SF (Eq. [7] in Table 4), or SBW and HHF (Eq. [9] in Table 4). Therefore, these results suggested that BM obtained in the live animal might be useful in the prediction of CF.

Predicting empty body fat. Similarly to the equations developed to predict CF, all the equations to predict EBF had a high r^2 ($> 0.87\%$) (Table 4). This similarity was expected between carcass and empty body because carcass is the largest fat component of the body fat. The Eq. [11] in Table 4 used only SBW as the predictor of EBF and it accounted for approximately 88% of the variation of EBF. Therefore, SBW is also the single important variable for estimating EBF. This equation estimated an increase of 113 g of EBF for each kg of SBW. The difference between 113 g of EBF per kg of SBW estimate by Eq. [11] (Table 4) and the 79 g of CF per kg of SBW (Eq. [6]) is exactly the 34 g of InF per kg of SBW predicted by Eq. [4] (Table 4).

The inclusion of CF to predict EBF (Eq. [13] in Table 4) increased the precision ($r^2 = 0.999$ and $RMSE = 1.18$). This equation predicted an increase of 1.184 g of EBF for each kg of increase in CF. Fernandes et al. (2010) reported a similar value of

1.220 g of EBF/kg of CF when SBW and CF were used in the model. Additionally, our equation estimated 17 g of EBF per kg of SBW. Because the EBF is the sum of CF and InF, the values above suggested a deposit of 17 g of InF/kg of SBW plus 184 g of InF/kg of CF. Using Eq. [13] (Table 4) and assuming the mean values of 334 kg of for SBW and 20.98 kg for CF, we obtained estimates of EBF of 30.5 kg and 9.54 kg for InF. These values are similar to the values observed (Table 1) and they suggested that approximately 70% of body fat was deposited as CF and 30% as InF. These estimates are similar to those reported by Ferrell and Jenkins (1984) and Fernandes et al. (2010).

When the EBF was estimated using only HHF, we obtained an r^2 of 0.92 and RMSE = 3.28 (Eq. [14] in Table 4). The Eq. [15] in Table 4 used HHF and SBW to predict EBF. A large increase in the precision and accuracy in predicting EBF in relation to Eq. [11] (Table 4) was observed, demonstrating that HHF is an important variable to explain the variation in EBF not explained by the SBW alone. This equation estimated an increase of 47 g of EBF/kg of SBW and 33.05 kg of EBF/kg of HHF with an r^2 of 0.992 and RMSE of 2.82. Therefore, HHF (Eq. [14] in Table 4) was more efficient in explaining the variation of EBF than SBW (Eq.[11] in Table 4), when used as single predictors.

Equation [16] (Table 4) estimated EBF using SBW and BM. The stepwise procedure included RD along with SBW. There was an increase in the RMSE to 3.99 kg and a small decrease in the $r^2 = 0.985$ when compared with Eq. [15] (Table 4), suggesting that RD should be important BM in estimating both carcass and body fat, but HHF yielded better predictions. Fernandes et al. (2010) suggested AW as important BM in the estimate of EBF.

Development of Equations to Predict Chemical Fat in the Carcass and Empty Body

Predicting carcass chemical fat. Equations developed to predict CFch are shown in Table 5. Similar to the previous equations, the SBW seemed to be the main variable in predicting CFch. In general, all equations developed to predict CFch had high r^2 . The Eq. [1] in Table 5 used only SBW ($r^2 = 0.925$) and indicated that an average of 94 g of CFch/kg of SBW were deposited. When physical SF was included in the statistical model, there was a small increase in the r^2 (0.934) and a decrease in the RMSE (2.44 kg) (Eq. [2] in Table 5). This equation projected an average deposit of 81 g of CFch/kg of SBW plus 0.589 kg of CFch/kg of SF. The inclusion of HHF as an estimator of CFch (Eq. [5] in Table 5) increased the precision with less RMSE than the previous equations. The Eq. [6] in Table 5 included RD and had fitness similar to those for Eq. [5] (Table 5). Similarly, the stepwise procedure indicated that RD was the most important BM to estimate CFch. Because of the high correlation of SBW in predicting CFch, all equations that included other variables had small improvements. The Eq. [6] (Table 5), based only on SBW and RD, might be useful under practical conditions to predict the CFch because it does not require carcass information.

Predicting empty body chemical fat. The equations developed to predict EBFch are shown in Table 5. All equations had good fitness and accounted for more than 88% of the variation. The Eq. [7] in Table 5 predicted EBFch using only SBW (r^2 of 0.92) and suggested an increase of 149 g of EBFch/kg of SBW. Fernandes et al. (2010) reported an increase of 162 g of EBF/kg of SBW with an r^2 of 0.913. The Eq. [8] in Table 5 predicted EBFch using observed CFch. This equation had the greatest precision (r^2 of 0.998 and RMSE = 1.86), estimating an increase of 1.61 kg of EBFch/kg of CFch. This high relationship between EBFch and CFch was expected because the carcass fat is a major component of the body fat.

Bonilha et al. (2011) evaluated the chemical composition of body and carcass of *Bos indicus* and tropically adapted *Bos Taurus* breeds, reporting an increase of 1.63 kg of EBFch/kg of CFch, which are similar to the values obtained in our study. Additionally, this equation projected a deposit of 613 g of chemical InF for each kg increased in CFch. Similar value was reported by Fernandes et al. (2010). Similar to CFch, the equation developed to predict EBFch using SBW and HHF (Eq. [10] in Table 5) had a good fitness. The use of the stepwise method to identify explanatory BM variables, confirmed that RD, although with a negative relationship, was an important variable to estimate the chemical carcass and body fats (Eqs. [6] and [11] in Table 5, respectively).

In conclusion, our results suggested that SBW in association with BM and other postmortem body characteristics might increase the precision in estimating TBS, BV, SF, InF, and physical and chemical CF and EBF of growing animals under tropical grazing conditions. Because of the composition changes that might occur in the body due to breed, sex, age, and nutritional practices, the equations developed in this study are recommended to be used only under these conditions. Further studies should evaluate the use of these equations and BM under different production systems.

LITERATURE CITED

- Alhassan, W. S., J. G. Buchanan-Smith, W. R. Usborne, G. C. Ashton, and G. C. Smith. 1975. Predicting empty body composition of cattle from carcass weight and rib cut composition. *Can. J. Anim. Sci.* 55: 369-376.
- AOCS. 2009. Official methods and recommended practices of the AOCS. 6th ed. American Oil Chemists Society, Denver, CO.
- Berg, R. T., and R. M. Butterfield. 1976. New concepts of cattle growth. Macarthur Press, Sydney, Australia.
- Bieber, D. D., R. L. Saffie, and L. D. Kamstra. 1961. Calculation of fat and protein content of beef from specific gravity and moisture. *J. Anim. Sci.* 20: 239.. *J. Animal Sci.* 20: 239.
- Bonilha, S. F. M., L. O. Tedeschi, I. U. Packer, A. G. Razook, G. F. Alleoni, R. F. Nardon, and F. D. Resende. 2008. Evaluation of carcass characteristics of *Bos indicus* and tropically adapted *Bos taurus* breeds selected for postweaning weight. *J. Anim. Sci.* 86: 1770-1780.
- Bonilha, S. F. M., L. O. Tedeschi., Packer, I.U., Razook, A. G., Nardon R. F., Figueiredo, L. A., and Alleoni, G. F. 2011. Chemical composition of whole body and carcass of *Bos indicus* and tropically adapted *Bos Taurus* breeds. *J. Anim. Sci.* 89: 2859-2866.
- Brody, S., and E. C. Elting. 1926. Growth and development with special reference to domestics animals. II. A new method for measuring surface areas and its utilization to determine the relation between growth in weight and skeletal growth in dairy cattle. In: Research Bulletin. University of Missouri – Columbia. Agricultural Experiment Station. 89: 1-18.

- Cianzio, D. S., D. G. Topel, G. B. Whitehurst, D. C. Beitz, and H. L. Self. 1985. Adipose tissue and cellularity: Changes in bovine adipocyte size and number. *J. Anim. Sci.* 60: 970–976.
- Cook, A. C., M. L. Kohli, and W. M. Dawson. 1951. Relationships of five body measurements to slaughter grade, carcass grade, and dressing percentage in milking shorthorn steers. *J. Anim. Sci.* 10: 386–393.
- Fernandes, H. J., L. O. Tedeschi, M. F. Paulino, and L. M. Paiva. 2010. Determination of carcass and body fat compositions of grazing crossbred bulls using body measurements. *J. Anim. Sci.* 88: 1442-1453.
- Ferrell, C. L., and T. G. Jenkins. 1984. Relationships among various body components of mature cows. *J. Anim. Sci.* 58: 222-233.
- Fisher, A. V. 1975. The accuracy of some body measurements on live beef steers. *Livest. Prod. Sci.* 2: 357-366.
- Gill, D. R., M. C. King, H. G. Dolezal, J. J. Martin, and C. A. Strasia. 1993a. Starting age and background: Effects on feedlot performance of steers. *Oklahoma Agric. Exp. Sta. Rep. MP-933:197.*
- Gill, D. R., F. N. Owens, M. C. King, and H. G. Dolezal. 1993b. Body composition of grazing or feedlot steers differing in age and background. *Oklahoma Agric. Exp. Sta. Rep. MP-933:185.*
- Gresham, J. D., J. W. Holloway, W. T. Butts Jr., and J. R. McCurley. 1986. Prediction of mature cow carcass composition from live animal measurements. *J. Anim. Sci.* 63: 1041-1048.
- Hankins, O. G., and P. E. Howe. 1946. Estimation of the composition of beef carcasses and cuts. 926, USDA, Washington, DC.

- Hedrick, H. B. 1983. Methods of estimating live animal and carcass composition. J. Anim. Sci. 57: 1316-1327.
- Holloway, J. W., J. W. Savell, P. L. Hamby, J. F. Baker, and J. R. Stouffer. 1990. Relationships of empty-body composition and fat distribution to live animal and carcass measurements in *Bos indicus*-*Bos taurus* crossbred cows. J. Anim. Sci. 68: 1818-1826.
- Jones, S. D. M., M. A. Price, and R. T. Berg. 1978. A review of carcass density, its measurement and relationship with bovine carcass fatness. J. Anim. Sci. 46: 1151-1158.
- Lawrence, T.L.J., and V.R. Fowler. 2002. Growth of farm animals. 2nd ed. CAB Publishing, New York, NY. USA.
- Lin, L. I. K. 1989. A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. Biometrics. 45: 255-268.
- Owens, F. N., D. R. Gill, D. S. Secrist, and S. W. Coleman. 1995. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. J. Anim. Sci. 73: 3152–3172.
- Pani, S. N., S. Guha, and P. Bhattacharya. 1981. Estimation of body surface of Indian cattle. Part III. Body surface area from linear measurements. Indian J. Dairy Sci. 34: 239-245.
- Pani, S. N., S. Guha, and P. Bhattacharya. 1976. Studies on estimation of body surface area of Indian cattle. Part II. Body surface area from body weight with linear measurements. Indian J. Dairy Sci. 29: 239-245.
- Ribeiro, F. R. B., L. O. Tedeschi, J. R. Stouffer, and G. E. Carstens. 2008. Technical note: A novel technique to assess internal body fat of cattle by using real-time ultrasound. J. Anim. Sci. 86: 763-767.

- Tedeschi, L. O. 2006. Assessment of the adequacy of mathematical models. *Agric. Syst.* 89: 225–247.
- Tedeschi, L. O., D. G. Fox, and P.J. Guioy. 2004. A decision support system to improve individual cattle management. 1. A mechanistic, dynamic model for animal growth. *Agric. Syst.* 79: 171-204.
- Thompson, W. R., D. H. Theuninck, J. C. Meiske, R. D. Goodrich, J. R. Rust, and F. M. Bayers. 1983. Linear measurements and visual appraisal as estimators of percentage empty body fat of beef cows. *J. Anim. Sci.* 56: 755-760.
- Wright, I. A. and A. J. F. Russel. 1984. Partition of fat, body composition and body condition score in mature cows. *Anim. Prod.* 38: 23-32.

Table 1. Description statistics of the data¹.

Item	N	Mean	Max	Min	SD
Age	44	483	576	249	105.4
Body weight, kg					
Full	44	358.4	550	149	103.9
Shrunk	44	334	518.5	140	97.4
Empty	44	296.9	462.8	118.7	89.1
Body characteristics					
TBS, m ²	26	4.47	5.62	3.38	0.56
BV, m ³	28	0.369	0.504	0.251	0.06
BD, kg/m ³	28	1053.8	1076	1029.2	12.1
Body components					
Carcass, kg	44	186.4	296.5	68.3	59.9
FT, cm	44	0.181	0.550	0.045	0.102
Fat, kg					
Internal	44	9.38	16.65	2.71	3.60
Subcutaneous	44	5.01	11.65	0.47	2.70
Carcass	44	20.98	43.33	5.22	8.43
Empty Body	44	30.36	59.32	9.07	11.79
HH section	44	0.43	0.99	0.075	0.2
Chemical fat, kg					
Carcass	44	24.30	46.52	7.35	9.54
Empty body	44	39.53	75.89	11.58	15.21
Body measurements, cm					
Hook bone width	44	40.3	48.5	28	4.8
Pin bone width	44	26.3	32.5	14.5	3.8
Abdomen width	44	53.7	66	34	7.48
Body length	44	129.4	156	104	12.99
Rump height	44	134	151	113.5	8
Height at withers	44	129.2	150	107.5	9.11
Pelvic girdle length	44	44.8	54	32	5.5
Rib depth	44	60.6	72	46	6.22
Girth circumference	44	162.1	192	124	17.35
Rump depth	44	52.6	62	40.5	5.05
Body diagonal length	44	92.68	110	75	8.48
Thorax width	44	35.52	44	22	4.97

¹ TBS is total body surface; BV is body volume; BD is body density, and FT is fat thickness.

Table 2. Pearson correlation coefficients among the variables utilized in the development of the equations¹.

	EBW	FT	InF	SF	CF	EBF	CFch	EBFch	HHF	TBS	BV	HBW	PBW	BL	RH	HW	RD	GC
SBW	0.996	0.672	0.932	0.800	0.913	0.938	0.963	0.96	0.893	0.955	0.998	0.935	0.889	0.962	0.867	0.926	0.948	0.981
EBW	-	0.667	0.937	0.804	0.922	0.946	0.969	0.967	0.894	0.939	0.988	0.915	0.89	0.962	0.864	0.916	0.936	0.978
FT		-	0.699	0.685	0.792	0.78	0.732	0.712	0.795	0.545**	0.552**	0.663	0.553	0.662	0.573	0.637	0.619	0.645
InF			-	0.771	0.903	0.952	0.937	0.951	0.892	0.792	0.854	0.828	0.775	0.893	0.797	0.85	0.853	0.902
SF				-	0.877	0.863	0.832	0.853	0.817	0.468*	0.500*	0.775	0.756	0.747	0.72	0.754	0.75	0.821
CF					-	0.991	0.967	0.96	0.937	0.82	0.847	0.834	0.815	0.886	0.799	0.858	0.825	0.899
EBF						-	0.978	0.977	0.942	0.845	0.883	0.85	0.82	0.907	0.815	0.873	0.851	0.919
CFch							-	0.991	0.917	0.903	0.935	0.872	0.852	0.932	0.839	0.901	0.873	0.936
EBFch								-	0.914	0.882	0.913	0.864	0.843	0.92	0.833	0.895	0.871	0.938
HHF									-	0.76	0.779	0.832	0.786	0.872	0.765	0.832	0.839	0.872
TBS										-	0.954	0.74	0.699	0.874	0.82	0.899	0.817	0.93
BV											-	0.809	0.716	0.914	0.811	0.88	0.882	0.971
HBW												-	0.894	0.907	0.804	0.881	0.93	0.931
PBW													-	0.868	0.725	0.792	0.855	0.893
BL														-	0.808	0.88	0.917	0.935
RH															-	0.962	0.845	0.873
HW																-	0.897	0.919
RD																	-	0.957

^a $P > 0.10$.

¹ Correlations followed by no superscript indicate $P < 0.001$.

**correlations with P -value between 0.001 and 0.05.

* correlations with P -value between 0.05 and 0.10.

SBW is shrunk body weight, EBW is empty body weight, FT is fat thickness, InF is internal fat, SF is subcutaneous fat, CF is carcass fat, EBF is empty body fat, CFch is chemical fat in carcass, EBFch is chemical fat in empty body, HHF is 9 – 11th rib section fat, TBS is total body surface, BV is body volume, HBW is hook bone width, PBW is pin bone width, BL is body length, RH is rump height, HW is height at withers, RD is rib depth, and GC is girth circumference.

Table 3. Regression equations for predicting total body surface (TBS) and body volume (BV)¹.

#	Equations ²	Statistics		
		n	RMSE	r ²
Total body surface, m ²				
[1]	TBS = 1.570(±0.9 × 10 ^{-2***}) × TBS _{cylinder}	25	0.129	0.999
[2]	TBS = 1.319(±0.198***)+ 0.008(±5 × 10 ^{-4***}) × SBW	27	0.169	0.908
[3]	TBS = 0.007(±5.08 × 10 ^{-4***}) × SBW + 0.013(±1.5 × 10 ^{-3***}) × HW	26	0.134	0.999
Body volume, m ³				
[4]	BV = 0.036(±0.016*) + 1.028(±0.049***) × BV _{cylinder}	28	0.016	0.942
[5]	BV = -0.011((±0.4 × 10 ^{-2*}) + 9.8 × 10 ⁻⁴ (±1.84 × 10 ^{-5***}) × SBW	27	0.003	0.997
[6]	BV = -0.092(±0.030**) + 9.002 × 10 ⁻⁴ (±2.55 × 10 ^{-5***}) × SBW + 0.001(±4.37 × 10 ^{-4*}) × HBW + 4.783 × 10 ⁻⁴ (±2.11 × 10 ^{-4*}) × RH	28	0.004	0.997

¹ TBS is the observed total body surface, m²; SBW is the shrunk BW, kg; HW is height at withers, cm; HBW is hook bone width, cm; RH is rump height; and BV is body volume, m³. Values within parentheses are SE of the parameter estimate, and *, **, and *** indicate $P < 0.05$, $P < 0.01$, and $P < 0.001$, respectively. Intercepts that were not different from zero were removed from the final equation; when the intercept was utilized, the r² for Eqs [1] and [3] were 0.9331 and 0.9461, respectively. RMSE is root mean square error.

² TBS_{cylinder} = BLS_{cylinder} + Sbt; BLS_{cylinder} = $2\pi \times RB \times BL / 10^4$; BV_{cylinder} = $\pi \times RB^2 \times BL / 10^6$; RB = GC / 2π ; Sbt = $2 \times (\pi \times RB^2) / 10^4$; where BLS_{cylinder} is lateral surface area, m²; RB is radius of the body, cm; Sbt is base and top (parallel planes) surface area, m²; $\pi = 3.1416$; and BL is body length, cm.

Table 4. Regression equations developed to predict subcutaneous, internal, carcass and empty body physical fat ¹.

#	Equations	Statistic		
		n	RMS E	r ²
Subcutaneous fat, kg				
[1]	SF = -2.779(±0.553****) + 0.022(±0.16 × 10 ^{-2****}) × SBW	41	1.01	0.830
[2]	SF = 3.348(±0.528****) + 0.283(±0.048****) × SFp	25	1.25	0.579
[3]	SF = 0.03(±0.3 × 10 ^{-2****}) × SBW - 0.099(±0.03**) × BL + 0.052(±0.021*) × HW	39	0.94	0.967
Internal fat, kg				
[4]	InF = -2.121(±0.716**) + 0.034(±0.2 × 10 ^{-2****}) × SBW	44	1.32	0.866
[5]	InF = 0.0405(±0.3 × 10 ^{-2****}) × SBW – 0.159(±0.043****) × PBW	43	1.26	0.984
Carcass fat, kg				
[6]	CF = -5.434(±1.889**) + 0.079(±0.5 × 10 ^{-2****}) × SBW	44	3.47	0.830
[7]	CF = 0.0425(±0.4 × 10 ^{-2****}) × SBW + 1.382(±0.240****) × SF	44	2.84	0.984
[8]	CF = 4.0645(±1.075****) + 39.052(±2.255****) × HHF	44	2.99	0.874
[9]	CF = 0.029(±0.5 × 10 ^{-2****}) × SBW + 25.941(±3.499****) × HHF	43	2.41	0.988
[10]	CF = 0.076(±0.8 × 10 ^{-2****}) × SBW – 0.783(±0.248**) × RD + 0.265(±0.098*) × GC	43	2.98	0.981
Empty body fat, kg				
[11]	EBF = -7.555(±2.242**) + 0.113(±0.6 × 10 ^{-2****}) × SBW	44	4.12	0.878
[12]	EBF = 1.445(±0.01****) × CF	43	1.51	0.998
[13]	EBF = 0.017(±0.3 × 10 ^{-2****}) × SBW + 1.184(±0.050****) × CF	42	1.18	0.999
[14]	EBF = 6.202(±1.197****) + 55.764(±2.569****) × HHF	42	3.28	0.920
[15]	EBF = 0.047(±0.6 × 10 ^{-2****}) × SBW + 33.055(±4.099****) × HHF	43	2.82	0.992
[16]	EBF = 0.128(±0.9 × 10 ^{-2****}) × SBW – 0.203(±0.053****) × RD	44	3.99	0.985

¹ SF is subcutaneous fat, kg; SBW is the shrunk BW, kg; BL is body length, cm; HW is height at withers, cm; PBW is Pin bone width, cm; RD is rib depth, cm; GC is girth circumference, cm; INTF (internal fat) = KPH + fat visceral; CF is carcass fat; HHF is 9 – 11th rib section fat, kg; EBF is empty body fat, kg; RMSE is root mean square error. Values within parentheses are SE of the parameter estimate, and *, **, and *** indicate $P < 0.05$, $P < 0.01$, and $P < 0.001$, respectively. Intercepts that were not different from zero were removed from the final equation; when the intercept was utilized, the r² for Eqs. [3], [5], [7], [9], [10], [15], and [17] were 0.8463, 0.8952, 0.8888, 0.9173, 0.8501, 0.9390, and 0.8906, respectively. SFp (subcutaneous fat predict, kg) = TBS × FT × 912 / 100, where BS is body surface, m², FT is fat thickness, cm, and 912 is fat density.

Table 5. Regression equations to predict the carcass and empty body chemical fat¹.

#	Equations	Statistic		
		N	RMS E	r ²
Carcass chemical fat, kg				
[1]	CFch = -7.170(±1.418****) + 0.094(±0.4 × 10 ⁻² ****) × SBW	44	2.61	0.925
[2]	CFch = -5.659(±1.448****) + 0.081(±0.6 × 10 ⁻² ****) × SBW + 0.589(±0.225****) × SF	44	2.44	0.934
[3]	CFch = 7.259(±1.411****) + 3.611(±0.269****) × SF	41	4.19	0.818
[4]	CFch = 4.817(±1.179****) + 45.741(±2.512****) × HHF	43	3.24	0.887
[5]	CFch = -4.678(±1.459**) + 0.069(±0.8 × 10 ⁻² ****) × SBW + 13.379 (±3.899**) × HHF	44	2.33	0.940
[6]	CFch = 17.239(±7.419*) + 0.131(±0.011****) × SBW – 0.604(±0.181**) × RD	44	2.34	0.940
Empty body chemical fat, kg				
[7]	EBFch = -10.517(±2.343****) + 0.149(±0.7 × 10 ⁻² ****) × SBW	44	4.31	0.920
[8]	EBFch = 1.6133(±0.010****) × CFch	43	1.86	0.998
[9]	EBFch = 8.565(±1.928****) + 72.717(±4.109****) × HHF	43	5.30	0.881
[10]	EBFch = -6.633(±2.448**) + 0.111(±0.013****) × SBW + 20.854(±6.541**) × HHF	44	3.90	0.934
[11]	EBFch = 28.165(±12.386*) + 0.208(±0.019****) × SBW – 0.957(±0.302**) × RD	44	3.91	0.934

¹ CFch is the carcass chemical fat, kg; SBW is the shrunk BW, kg; SF is subcutaneous fat, kg; HHF is 9 – 11th rib section fat, kg; RD is rib depth, cm; EBFch is the empty body chemical fat, kg; RMSE is root mean square error. Values within parentheses are SE of the parameter estimate, and *, **, and *** indicate $P < 0.05$, $P < 0.01$, and $P < 0.001$, respectively. Intercepts that were not different from zero were removed from the final equation; when the intercept was utilized, the r² for Eq. [8] was 0.9855.

CAPÍTULO 4

Características produtivas e nutricionais de vacas não-gestantes recebendo suplementos de baixo consumo

RESUMO: Este estudo foi realizado para avaliar o efeito do fornecimento de diferentes níveis de suplementos de baixo consumo sobre mudanças no peso e escore de condição corporal (ECC), consumo e digestibilidade dos nutrientes e eficiência de síntese de proteína microbiana de vacas com predominância de sangue Nelore (> 50%), não gestante, com peso corporal inicial de $394,7 \pm 13,14$ kg em pastagem de *Urochloa decumbens* durante o período seco. Quatro tratamentos foram avaliados: **Controle** (somente mistura mineral), **T250**, **T500** e **T750**, sendo 250, 500 e 750 g de suplemento/animal/dia, respectivamente. O experimento foi estruturado em delineamento inteiramente casualizado. Não houve efeito ($P > 0,10$) dos níveis de fornecimento de suplemento sobre o peso corporal final (PCF), ganho médio diário (GMD) e ECC final (ECCF), com médias de 409,8 kg, 0,181 kg e 4,85 pontos, respectivamente. Quanto ao consumo de nutrientes da dieta, observou-se que o consumo de proteína bruta (PB), carboidrato não-fibroso e extrato etéreo (EE) em kg/dia aumentaram ($P < 0,10$) à medida que aumentou-se os níveis de suplementação. O consumo de matéria seca (MS) médio foi 20,31 g/kg de peso corporal. Notou-se efeito quadrático ($P < 0,10$) da suplementação sobre os coeficientes de digestibilidade da MS, matéria orgânica, fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína e nutrientes digestíveis totais. Efeito linear ($P < 0,10$) foi observado para os coeficientes de digestibilidade da PB e EE. O fornecimento de diferentes níveis de suplemento não influenciou ($P > 0,10$) a eficiência de síntese de proteína microbiana. Conclui-se que a suplementação em baixos níveis promove maior aporte de nutrientes, mas não é efetiva em promover mudanças no peso corporal de vacas não-gestantes.

Palavras-chave: bovino de corte, *Urochloa decumbens*, digestibilidade, suplementação proteica

Productive and nutritional characteristics of non-pregnancy cow consuming low intake supplement

ABSTRACT: The objective with this work was evaluate the effect of level different of low intake supplements on body weight (BW) change, body condition score (BCS), intake, digestibility and protein microbial efficiency of non-pregnancy cow, crossbreed, with Nellore blood predominance and initial BW of 394.7 ± 13.14 kg in *Urochloa decumbens* Stapf during dry season. Four treatments were evaluated: **Control** (without supplementation), **T250**, **T500**, and **T750**, corresponding 250, 500, and 750 g of supplement/animal/day, respectively. The experiment was carried in a completely randomized experimental design. There was not effect of the level supplementation on final BW, average gain daily (AGD), and BCS, with average of 409.8 kg, 0.181 kg, and 4.85 point, respectively. There was increase ($P < 0.10$) of the intake of crude protein (CP), non-fibrous carbohydrates, and ether extract (EE) with the level supplementation. The average total dry matter intake was 20.31 g/kg of BW. The digestibility coefficients dry matter, organic matter, neutral detergent fiber, and total digestible nutrients showed a quadratic response and a linear effect ($P < 0.10$) on digestibility coefficients of the CP and EE according supplementation level. The supplementation level not influenced ($P > 0.10$) the microbial protein synthesis. Concluded that level supplementation increased the nutrient amount, but not able to increase the performance the animals.

Keywords: beef cattle, digestibility, protein supplementation, *Urochloa decumbens*

Introdução

A produção de bovinos de corte é claramente um importante elo do agronegócio brasileiro. O aumento global na demanda por produtos de origem animal tem gerado novas oportunidades para o setor, mas ao mesmo tempo, têm surgido novos desafios, especialmente quanto à necessidade de aumento na eficiência de produção de forma sustentável.

Os pastos representam a base de alimentação da bovinocultura de corte desenvolvida em regiões tropicais, constituindo a principal fonte de nutrientes para os animais ao longo do ano. Todavia, em muitas situações o uso exclusivo destas gramíneas não tem permitido a maximização e/ou otimização da produção animal, dada as oscilações quali-quantitativa da forragem inerente ao clima tropical. Visualiza-se, portanto, a necessidade de suplementações com nutrientes limitantes em condições em que o suprimento de nutrientes não é condizente com o padrão de produção almejado (Paulino et al., 2008).

Paralelamente a isto, os indicadores técnicos do ANUALPEC (2010) demonstram que o número de bezerros produzidos no Brasil em 2009 foi de aproximadamente 47 milhões de cabeças, com rebanho de vacas e novilhas (2 a 3 anos) de 72,4 milhões de cabeça. Logo, a taxa de natalidade fica em aproximadamente 65% e intervalo de partos de 18 meses. Estes dados são indicativos que o rebanho bovino brasileiro apresenta baixos índices reprodutivos.

Neste sentido, uma categoria animal que tem merecido atenção especial por parte dos produtores, são as vacas, haja visto que a manutenção e/ou melhoria no desempenho produtivo e reprodutivo destes animais é ferramenta fundamental para melhoria nos índices supracitados. Bellows & Short (1994) relataram que as maiores perdas no segmento de bovinocultura de corte de ciclo completo recaem sobre o fato de muitas vacas não estarem prenhes ao final da estação de monta.

É importante ressaltar, que em muitas situações, o não retorno a atividade reprodutiva, não pode ser visto como o momento para descarte de uma matriz, principalmente quando se trata de primíparas, haja visto, que na maioria das vezes, este animal ainda não trouxe nenhum retorno financeiro do investimento em seu desenvolvimento ou o sistema de produção não é tecnificado suficiente para suportar tal descarte.

Neste aspecto, a nutrição tem sido considerada um dos principais fatores determinantes da duração do anestro pós-parto em bovinos de corte. Um dinâmico esquema de partição dos nutrientes determina que na alocação dos nutrientes para as várias funções do corpo, a atividade reprodutiva é tida com menos prioritária para o animal (SHORT et al., 1990).

Sendo assim, as vacas não prenhes ao final da estação de monta e que não forem descartadas devem adquirir e/ou manter condição corporal que permita o retorno a atividade reprodutiva no início da estação de monta seguinte. O uso de suplementos de baixo consumo pode ser uma ferramenta de manejo nutricional capaz de promover ganhos moderados e/ou manter a condição corporal destes animais a custos compatíveis. Poucos são os trabalhos avaliando o uso de suplementos em vacas não-prenhes, logo faz-se necessária sua avaliação e maior entendimento.

Objetivou-se avaliar o uso de suplementos de baixo consumo sobre os parâmetros produtivos e nutricionais de vacas não-gestantes logo após o desmame dos bezerros.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no setor de Bovinocultura de Corte do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – Minas Gerais – Brasil, entre os meses de agosto e outubro de 2009 (período seco), totalizando 84 dias de experimento.

Utilizaram-se 24 vacas mestiças, com predominância de sangue nelore (> 50%), não-gestantes, entre 5 e 6 anos de idade, distribuídas aleatoriamente em quatro tratamentos (suplementos de baixo consumo), a saber: **T250** (250 g de suplemento/animal/dia), **T500** (500 g de suplemento/animal/dia) e **T750** (750 g de suplemento/animal/dia), e um tratamento em que os animais receberam apenas mistura mineral (**Controle**). Os suplementos foram formulados para conterem 400 g de PB/kg de suplemento (Tabela 1) e foram fornecidos diariamente por volta das 10h00.

A área experimental constou-se de 4 piquetes de 5 ha cada, formado com *Urochloa decumbens*, providos de bebedouros e cochos. Os cochos tinham acesso bilateral, de forma a permitir acesso simultâneo de todos os animais. Controle de endo e ectoparasitas foram realizados no início do experimento e sempre que necessário.

Tabela 1 - Composição dos suplementos com base na matéria natural (MN).

Ingredientes	Proporção (g/kg de MN)
Milho moído	350
Sorgo moído	350
Farelo de soja	200
Uréia: Sulfato de amônio (9:1)	100
Mistura Mineral (kg) ^{1/2}	0,100

¹ Quantidade de mistura mineral adicionada ao suplemento/animal/dia;

² Composição percentual da mistura mineral: fosfato bicálcico, 50,00; cloreto de sódio, 47,775; sulfato de zinco, 1,40; sulfato de cobre, 0,70; sulfato de cobalto, 0,05; iodato de potássio, 0,05 e selenito de sódio, 0,025.

No início e final do experimento os animais foram pesados, após jejum de aproximadamente 14 horas. O ganho de peso total (GPT) foi calculado pela diferença entre o peso corporal final (PCF) e o peso corporal inicial (PCI). Ao dividir o GPT pela duração do experimento, obteve-se o ganho médio diário (GMD). A cada 28 dias os animais foram pesados, bem como realizada a avaliação do escore de condição corporal (ECC) dos animais para monitoramento da variação de peso e condição corporal.

A cada 28 dias procedeu-se a amostragem da forragem disponível aos animais. Para avaliação quantitativa, a forragem foi cortada rente ao solo de quatro áreas delimitadas por um quadrado metálico de 0,5 x 0,5 m (0,25 m²) escolhidos aleatoriamente em cada piquete experimental. Após a coleta, as amostras foram pesadas e homogeneizadas, e a partir destas foram retiradas duas alíquotas: uma para avaliação da disponibilidade total de matéria seca (MS) e outra para análise da composição da massa disponível em termos de folha verde, folha seca, colmo verde e colmo seco. Das amostras destinadas à estimação da disponibilidade total de forragem, foi calculado o percentual de MS potencialmente digestível (MSpD) ofertada aos animais. Esse resultado foi obtido por intermédio do resíduo insolúvel em detergente neutro (FDNi) avaliado após incubação *in situ* (saco F57 Ankon) das amostras por 288 conforme recomendado por Valente et al. (2011). A MSpD foi calculada segundo a equação proposta por Paulino et al. (2008):

$$MSpD = 0,98 \times (100 - FDN) + (FDN - FDNi)$$

onde: 0,98 = coeficiente de digestibilidade verdadeiro do conteúdo celular; FDN = fibra em detergente neutro; FDNi = FDN indigestível.

Para avaliação qualitativa, amostras da forragem foram obtidas via simulação manual do pastejo animal a cada 28 dias.

A cada 7 dias os animais foram rotacionados nos piquetes, tendo em vista amenizar possíveis efeitos dos piquetes, especialmente quanto a disponibilidade e qualidade da forragem. Ressalta-se que os animais foram mantidos nos mesmos tratamentos.

As amostras para a avaliação quantitativa e qualitativa da forragem foram pesadas e imediatamente levadas para uma estufa com circulação forçada (55°C/72 horas), processadas em moinho de facas tipo Wiley (1 e 2 mm) e armazenadas para análise.

Os dados climáticos referentes ao período experimental foram coletados na estação meteorológica da Universidade Federal de Viçosa e estão apresentados na Figura 1.

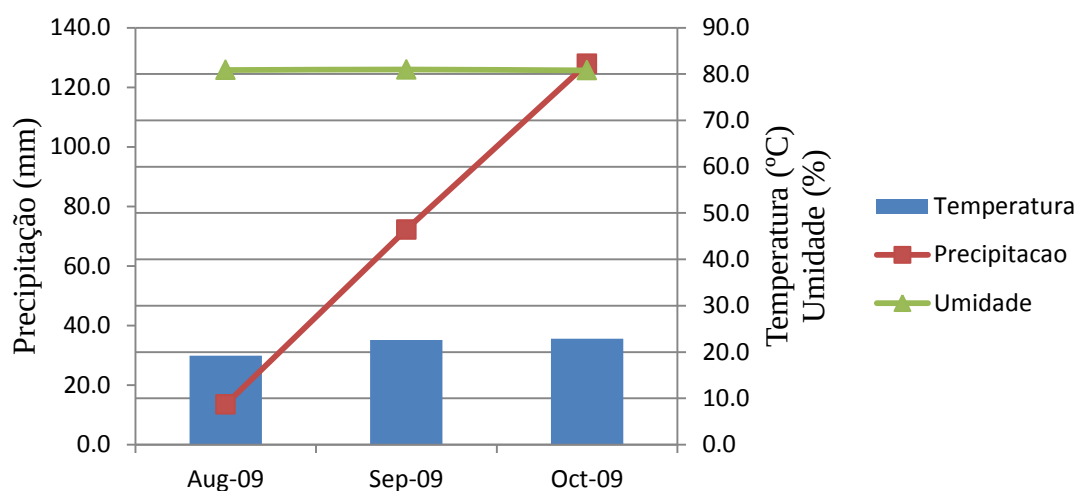


Figura 1 – Dados meteorológicos do período experimental.

A avaliação das características nutricionais foi realizada na metade do período experimental por intermédio da técnica dos indicadores. Empregou-se o óxido crômico como indicador para estimativa da excreção fecal e o dióxido de titânio como indicador do consumo de suplemento (Titgemeyer et al., 2001). A FDNi foi utilizada como indicador interno para estimação do consumo de pasto.

O ensaio teve duração de 9 dias, sendo os seis primeiros destinados à adaptação dos animais ao óxido crômico e dióxido de titânio e os três dias restantes para coletas em horários diferenciados. O dióxido de titânio foi adicionado diariamente ao suplemento concentrado de cada tratamento, na proporção de 15 g/animal/dia. O óxido

crômico foi acondicionado em cartucho de papel (15 g) e aplicado via sonda esofágica. Entre o 7º e 9º dia procedeu-se à coleta de amostras de fezes, tomadas diretamente no reto dos animais, às 16h00, 12h00 e 08h00, respectivamente. As amostras fecais foram identificadas e secas em estufa de ventilação forçada de ar. Posteriormente as amostras foram moídas em moinho de faca com peneira com malha de 1 e 2 mm, sendo as amostras compostas por animal e armazenadas em potes plásticos.

No dia oito do ensaio procedeu-se uma avaliação quantitativa e qualitativa da forragem conforme descrito anteriormente.

No 9º dia do ensaio foi realizada a coleta, nos animais, de amostras “spot” de urina, em micção espontânea e de sangue, realizadas aproximadamente quatro horas após o fornecimento do suplemento. Após a coleta, 10 mL de urina foram diluídas em 40 mL de H₂SO₄ 0,036 N (Valadares et al., 1999) e congeladas para posterior avaliação dos teores de creatinina, derivados de purina (ácido úrico e alantoína) e ureia.

As amostras de sangue foram coletadas após a coleta de urina utilizando-se tubos com vácuo e gel acelerador de coagulação (BD Vacutainer® SST II Advance), sendo as amostras imediatamente centrifugadas e o plasma congelado para posterior determinação dos teores de ureia sérica.

Nas amostras de forragem obtidas via simulação manual, suplementos e fezes, processadas em peneiras de 1 mm, foram avaliados os teores de MS, matéria orgânica (MO), PB, lignina (ácido sulfúrico 72% p/p), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) com as devidas correções para cinza e proteína, constituindo-se a fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína (FDNcp) e fibra em detergente ácido corrigida para cinza e proteína (FDAcp) de acordo com recomendações do Detmann et al. (2012). Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) seguiram recomendações de Detmann & Valadares Filho (2010);

$$CNF = MO - [EE + FDNcp + (PB - PBu + U)]$$

em que: CNF = teor de carboidratos não-fibrosos (%); MO = teor de matéria orgânica (%); EE = teor de extrato etéreo (%); FDNcp = teor de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (%); PB = teor de proteína bruta (%); PBu = teor de proteína bruta oriunda da ureia (%); U = teor de ureia (%).

As amostras de fezes e óxido crômico foram analisadas quanto a concentração de cromo em espectrofotômetro de absorção atômica. Adicionalmente, as amostras de fezes e de dióxido de titânio foram analisadas por colorimetria quanto à concentração de titânio seguindo recomendações do Detmann et al. (2012).

As estimativas de consumo voluntário foram obtidas utilizando-se a FDNi como indicador interno, quantificadas por procedimento de incubação *in situ* por 288 horas, utilizando alíquotas processadas em peneira de malha 2 mm, segundo recomendações de Valente et al. (2011).

A excreção de matéria seca fecal foi calculada como:

$$MSF = \frac{QFI}{CIF} \times 100$$

em que: MSF = matéria seca fecal (g/dia); QFI = quantidade fornecida do indicador (g); CIF = concentração do indicador (cromo) nas fezes (%);

O consumo de matéria seca de suplemento (kg/dia) foi estimado segundo a equação:

$$CS = \frac{MSF \times CIF}{CIS}$$

em que: CS = consumo de matéria seca de suplemento (kg/dia); MSF = matéria seca fecal (kg/dia); CIF = concentração do indicador nas fezes (kg/kg); CIS = concentração do indicador no suplemento.

As estimativas do consumo voluntário foram obtidas segundo a equação:

$$CMST = \frac{[(EF \times CIF) - (CS \times CIS)]}{CIFO} + CS$$

em que: CMST = consumo de matéria seca total (kg/dia); EF = excreção fecal (kg/dia); CIF = concentração do indicador (FDNi) nas fezes (kg/kg); CS = consumo de suplemento (kg/dia); CIS = concentração do indicador (FDN)i no suplemento (kg/kg); e CIFO = concentração do indicador (FDNi) na forragem (kg/kg).

As amostras de urina e sangue foram analisadas quanto aos teores de ureia pelo método enzimático-colorimétrico (Ureia Liquicolor - Human do Brasil – In Vitro Diagnóstica); assim como para ácido úrico na urina (Uric Acid Liquicolor - Human do Brasil – In Vitro Diagnóstica). Para análise de creatinina na urina utilizou-se o método do Picatro Alcalino (Creatinina - Human do Brasil – In Vitro Diagnóstica). As análises de alantoína foram realizadas pelo método colorimétrico, conforme método de Fujihara et al. (1987). O cálculo do volume urinário diário foi feito empregando-se a relação entre a excreção diária de creatinina (EC), proposta por Barbosa et al. (2006), e a sua concentração nas amostras *spot*:

$$EC_{(mg/kg\ PV)} = 27,11 \times PC$$

Desta forma, a excreção urinária diária de compostos nitrogenados foi obtida pelo produto entre sua concentração nas amostras *spot* e o valor estimado de volume urinário.

A excreção total de derivados de purinas foi calculada pela soma das quantidades de alantoína e ácido úrico excretados na urina, expressas em mmol/dia.

As purinas absorvidas (Y, mmol/dia) foram calculadas a partir da excreção de derivados de purinas (X, mmol/dia), por intermédio da equação:

$$Y = (X - 0,30 \times PV^{0,75})/0,80$$

em que: 0,80 = recuperação de purinas absorvidas como derivados urinários de purinas; $0,30 \times PV^{0,75}$ = contribuição endógena para a excreção de purinas (Barbosa et al., 2011).

A síntese ruminal de compostos nitrogenados (Y, g Nmic/dia), calculada em função das purinas absorvidas (X, mmol/dia), utilizando-se a equação descrita por Chen & Gomes (1992), com exceção da relação N purinas: N total das bactérias de 0,137, conforme Barbosa et al. (2011):

$$Y = \frac{70X}{0,93 \times 0,137 \times 1000}$$

em que: 70 é o conteúdo de N de purinas (mgN/mol); 0,137, a relação N purinas:N total nas bactérias; e 0,93, a digestibilidade das purinas bacterianas.

As variáveis estudadas foram analisadas segundo delineamento inteiramente casualizado. As comparações entre as médias observadas foram realizadas por meio da decomposição da soma de quadrados para tratamentos em contrastes ortogonais relativos aos efeitos de ordens linear, quadrática e cúbica em função da quantidade de suplemento. Quando os efeitos foram identificados, equações de regressão foram ajustadas. Todas as análises estatísticas foram realizados por intermédio do software SAS, adotando-se 0,10 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I.

Resultados e Discussão

As disponibilidades médias de MS e MS_{PD} foram de 3408 e 2065 kg/ha respectivamente. A disponibilidade de MS_{PD} representou 60% da disponibilidade de MS. Verificou-se baixa disponibilidade de folha verde, correspondendo a 14,3% da disponibilidade de MS. Adicionalmente, verificou-se elevada proporção (73,8%) de colmo, notadamente colmo seco (47,9%), o que pode ter dificultado o pastejo seletivo dos animais.

A forragem obtida via simulação manual do pastejo durante o período experimental apresentou teor médio de PB de 65,92 g/kg de MS (Tabela 2). Este valor está abaixo dos valores sugerido por Van Soest (1994) e Lazzarini et al. (2009) como mínimo para que não haja comprometimento do crescimento microbiano ruminal e, consequentemente, para que ocorra utilização eficiente dos carboidratos fibrosos da forragem basal.

Tabela 2 – Composição química dos suplementos e da *Urochloa decumbens* com base na matéria seca (kg/kg).

Item	Suplemento	<i>B.decumbens</i>
	(g/kg de MS)	
Matéria seca	909,4	414,21±4,025
Matéria orgânica	976,3	893,95±0,910
Proteína bruta	440,9	65,92±18,009
Extrato etéreo	21,6	5,21±0,562
Fibra em detergente neutro ² (FDN)	96,5	736,76±1,083
Cinzas	23,7	106,04±0,91
Carboidratos não-fibrosos	590,3	87,14±4,12
Fibra em detergente ácido ²	31,3	391,76±4,19
FDN indigestível	10,8	295,98±73,07
Lignina	2,0	60,4±2,74

² corrigido para cinza e proteína.

Não foram verificados efeitos ($P>0,10$) da suplementação sobre o PCF, GMD e ECCF dos animais (Tabela 3). Verificou-se média de 409,8 kg, 0,181 kg e 4,85 pontos, para PCF, GMD e ECCF, respectivamente. Mesmo os animais que receberam apenas mistura mineral apresentaram acréscimo no PC, possivelmente isso seja resultado da ocorrência de chuvas no decorrer do período experimental (Figura 1) e o surgimento de brotações de melhor qualidade. Vale ressaltar, o elevado coeficiente de variação para GMD, o que pode ter contribuído para a não identificação de diferenças significativas. Possivelmente este elevado coeficiente de variação esteja relacionado às diferenças no histórico nutricional dos animais deste experimento, conforme sugerido por Owens (1995).

Durante o período seco do ano, frequentemente tem sido observado perda de peso dos animais criados em regiões tropicais, em virtude de decréscimos na qualidade da forragem, notadamente digestibilidade e teores de PB (Lazzarini et al., 2009). Sendo assim, a suplementação em baixos níveis, torna-se uma opção interessante, uma vez que geralmente tem baixo custo, e permite a manutenção da condição corporal e/ou moderado ganho de peso dos animais. Adicionalmente, estudos têm demonstrado que a nutrição tem sido considerada um dos fatores determinantes da duração do anestro pós-parto em bovinos de corte (Short et al., 1990). Embora não tenham sido notadas diferenças estatísticas no desempenho dos animais, o fornecimento de nutrientes, principalmente nitrogênio via suplementação, pode impactar sobremaneira o reinício da atividade reprodutiva de vacas que não emprenharam na estação de monta anterior por manter e/ou permitir ganhos moderados. Neste aspecto, mesmo que a magnitude da resposta seja moderada, o uso de suplementos de baixo consumo assume grande importância.

O ECC tem sido sugerido em detrimento ao peso corporal como possível ferramenta de avaliação do *status* nutricional de vacas. Dois animais podem ter marcada diferenças no peso corporal e similar escore de condição corporal. O ECCF médio observado neste estudo foi de 4,85. De acordo com o NRC (2000) para um animal com escore 5, correspondente aos animais do T500, passar para escore 6, seria necessário um ganho de aproximadamente 32 kg de peso corporal. No presente estudo, notou-se um aumento de apenas 14,2 kg no peso corporal para o tratamento T500.

Tabela 3 – Média de mínimos quadrados para desempenho de animais sob diferentes níveis de suplementação.

Variáveis	Suplementos (g/dia)				CV(%)	Valor P ¹		
	MM	T250	T500	T750		L	Q	C
PCI ²	393,0	394,2	397,5	394,0	-	-	-	-
PCF ³	405,0	407,2	411,7	415,5	15,32	0,757	0,977	0,979
GMD ⁴	0,143	0,155	0,170	0,256	69,54	0,139	0,478	0,768
ECCI ⁵	4,91	4,83	5,08	4,83	-	-	-	-
ECCF ⁶	4,83	4,81	5,03	4,73	6,62	0,889	0,293	0,216

¹ L, Q e C: efeitos de ordem linear, quadrática e cúbica relativos à quantidade de suplemento fornecida. ² PCI = peso corporal inicial. ³ PCF = peso corporal final. ⁴ GMD = ganho médio diário. ⁵ ECCI = escore de condição corporal inicial. ⁶ ECCF = escore de condição corporal final.

Quanto ao consumo de nutrientes da dieta, observou-se que o consumo de PB (CPB), consumo de CNF (CCNF) e consumo de EE (CEE) em kg/dia aumentaram (P<0,10) a medida que aumentou-se os níveis de suplementação (Tabela 4). O consumo de MS total (CMST) médio foi 20,31 g/kg de PC. Estes valores estão abaixo daqueles sugeridos pelo NRC (2000) de 23,8 g/kg de PC para vacas não-gestante com média de 400 kg de PC e GMD de 250 g.

Frequentemente tem sido reportados acréscimos no CMST e consumo de MS de forragem (CMSF) com a suplementação proteica de forragens tropicais de baixa qualidade, notadamente quando a forragem apresenta teores de PB inferiores a 70 g/kg de MS (Del Curto et al., 1990; Sampaio et al., 2010; Lazzarini et al., 2009). Este

aumento pode ser reflexo do aumento na digestibilidade de componentes fibrosos que promovem alto efeito de enchimento no ambiente ruminal (Del Curto et al., 1990; Lazzarini et al., 2009). Segundo Detmann et al. (2003) o efeito de enchimento é esperado para ser o principal mecanismo controlador do consumo de animais alimentados com forragem de baixa qualidade. Ademais, Mertens (1994) sugeriu que o consumo de MS é maximizado quando o consumo de FDN é aproximadamente 12,5 g/kg de PC, sendo frequentemente observado com gramíneas C4 (Bohnert et al., 2011). Os dados do presente estudo parecem estar de acordo com as hipóteses supracitadas. Em nosso estudo, o consumo médio de FDNcp foi de aproximadamente 14,4 g/kg de PC, sendo portanto superior aos valores sugeridos por Mertens (1994).

Tabela 4 – Média de mínimos quadrados e coeficiente de variação para o consumo dos componentes da dieta.

Variável	Suplementos (kg/dia)				CV(%)	Valor P		
	MM	T250	T500	T750		L	Q	C
kg/dia								
MST	8,642	8,529	8,672	8,835	15,57	0,773	0,805	0,924
MSP	8,642	8,202	8,118	8,053	15,64	0,441	0,725	0,888
MSS	0,080	0,327	0,555	0,782	-	-	-	-
MO	7,718	7,646	7,793	7,958	15,60	0,700	0,814	0,929
MOP	7,718	7,324	7,249	7,192	15,64	0,441	0,725	0,888
FDNcp	6,377	6,074	6,033	6,008	15,60	0,518	0,725	0,888
FDNi	1,911	1,816	1,800	1,788	15,63	0,469	0,725	0,888
PB ¹	0,500	0,576	0,672	0,770	22,98	0,003	0,856	0,942
CNF ²	0,800	0,994	1,120	1,248	23,14	0,003	0,744	0,877
EE ³	0,040	0,043	0,048	0,052	18,85	0,018	0,806	0,922
NDT	4,633	4,912	4,919	4,949	16,66	0,524	0,711	0,843
g/kg PC								
MS	20,535	20,040	20,267	20,402	9,47	0,962	0,692	0,819
MSP	20,535	19,276	18,980	18,670	10,82	0,139	0,586	0,800
MO	18,339	17,965	18,212	18,370	9,38	0,914	0,708	0,823
MOP	18,339	17,214	16,950	16,672	10,82	0,139	0,586	0,800
FDNcp	15,151	14,274	14,106	13,921	10,63	0,181	0,585	0,796
FDNi	4,542	4,270	4,209	4,145	10,74	0,153	0,585	0,799

^{1/} $\hat{Y} = 0,494 + 0,00036X$ ($r^2 = 0,997$); ^{2/} $\hat{Y} = 0,820 + 0,0006X$ ($r^2 = 0,988$); ^{3/} $\hat{Y} = 0,0397 + 0,00002X$ ($r^2 = 0,9893$). L, Q e C = efeito de ordem linear, quadrática e cúbica, respectivamente. MST = matéria seca total; MSP = matéria seca de pasto; MSS = matéria seca de suplemento; MO = matéria orgânica; MOP = matéria orgânica de pasto; FDNcp = FDN corrigida para cinza e proteína; FDNi = fibra em detergente neutro indigestível; PB = proteína bruta; CNF = carboidrato não fibroso; EE = extrato etéreo; NDT = Nutrientes digestíveis totais.

Ademais, entende-se que o consumo de MS não deve estar relacionado somente às características químicas da forragem, mas também a proporção dos componentes da forragem (folha verde, folha seca, colmo verde e colmo seco) que determinam o grau de seletividade dos animais. Portanto, a presença de maiores proporções de colmo conforme mencionado anteriormente pode ter promovido efeito deletério sobre o consumo, em virtude da maior dificuldade na seletividade e apreensão da forragem.

Adicionalmente, Moore et al. (1999) em revisão sobre os efeitos da suplementação sobre o consumo de forragem, sugeriram que quando o consumo de MO (CMO) for superior a 17,5 g/kg de PC, acréscimos no consumo não são esperados com a suplementação. Em nosso estudo, não foram notadas diferenças no CMO, sendo o consumo para os animais que receberam apenas mistura mineral de 18,339 g/kg de PC e portanto superior ao valor supracitado. O CMO médio do presente estudo foi de aproximadamente 18 g/kg de PC.

O efeito crescente observado sobre o CPB, CCNF e CEE à medida que se aumenta os níveis de suplementação pode ser explicado pelas maiores concentrações destes nutrientes no suplemento em relação à forragem e a ausência de diferenças no CMST.

Notou-se efeito quadrático ($P < 0,10$) da suplementação sobre o coeficiente de digestibilidade da MS, MO, FDN_{cp} e NDT (Tabela 5). Efeito linear ($P < 0,10$) foi observado para os coeficientes de digestibilidade da PB e EE. O comportamento quadrático observado indica que houve decréscimo no coeficiente de digestibilidade a partir do nível 500 g de suplemento.

A baixa digestibilidade da PB dos animais que receberam apenas mistura mineral em relação àqueles que receberam suplementação pode ser resultado dos elevados teores de fibra e baixo teor de proteína na forragem utilizada no presente estudo (Tabela

2). Tal fato pode resultar em significativa proporção de nitrogênio nas fezes (Bohnert et al., 2002).

Tabela 5 – Coeficiente de digestibilidade total (g/kg de MS) e teores de nutrientes digestíveis total das dietas.

Variável	Suplementos (g/dia)				CV(%)	Valor – P		
	MM	T250	T500	T750		L	Q	C
	%							
MS ¹	57,55	61,34	59,92	57,81	2,53	0,811	<.0001	0,1005
MO ²	59,66	62,90	61,84	59,39	1,78	0,347	<.0001	0,1452
PB ³	40,60	49,60	52,71	54,57	13,09	0,001	0,191	0,699
EE ⁴	47,31	50,35	53,19	54,93	3,79	<0,0001	0,4259	0,8045
FDNcp ⁵	69,13	70,95	69,94	68,98	1,38	0,3985	0,0015	0,1017
NDT ⁶	53,50	57,59	56,67	55,92	3,17	0,0641	0,0033	0,1248

^{1/} $\hat{Y} = 0,5778 + 0,0002X - 0,00000023X^2$; ^{2/} $\hat{Y} = 0,5981 + 0,00016X - 0,00000023X^2$; ^{3/} $\hat{Y} = 0,426 + 0,0002X$; ^{4/} $\hat{Y} = 0,476 + 0,0001X$; ^{5/} $\hat{Y} = 0,6927 + 0,000077X - 0,0000001X^2$; ^{6/} $\hat{Y} = 0,538 + 0,0002X - 0,0000002X^2$. MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDNcp = FDN corrigida para cinza e proteína e NDT = Nutrientes digestíveis totais.

Quanto ao metabolismo do nitrogênio, não se observou efeito ($P>0,10$) da suplementação sobre o nitrogênio urinário (NU). Apesar da ausência de diferenças para NU, observou-se elevado coeficiente de variação, o que possivelmente não permitiu a identificação de diferenças. Por outro lado, notou-se que os níveis séricos de nitrogênio (NUS) aumentaram ($P<0,10$) com aumento nos níveis de suplementação. Quanto ao fluxo de nitrogênio microbiano (NMIC) não foi notado efeito da suplementação. No tocante a eficiência de uso do nitrogênio, também não foi notada diferenças ($P>0,10$) para Pbmic (g/kg de NDT).

Para NUS houve acréscimo de 48,7, 61,4 e 84,4% para T250, T500 e T750 g, respectivamente em relação ao suplemento controle. Vale ressaltar, que o suplemento do presente estudo continha 10% de uréia que é mais rapidamente solubilizada no ambiente ruminal e convertida a amônia que fontes de proteína verdadeira. Quando os teores de amônia estão em excesso e/ou não são utilizados pelas bactérias ruminais por deficiência de esqueletos de carbono, a amônia atravessa a parede do rúmen e entra na

corrente sanguínea. No fígado a amônia é convertida em ureia que pode retornar ao rúmen por difusão e/ou via saliva, ou ser excretada através da urina.

Tabela 6 – Média de mínimos quadrados e coeficiente de variação para os parâmetros de utilização do nitrogênio.

Variável	Suplementos (g/dia)				CV(%)	Valor – <i>P</i>		
	MM	T250	T500	T750		L	Q	C
Nmic (g/dia)	85,7	86,1	84,4	83,5	44,9	0,2023	0,6284	0,8909
NU (mg/dL)	73,1	90,9	84,6	102,2	81,3	0,5415	0,9973	0,7158
NUS ¹ (g/dL)	10,0	14,9	16,2	18,5	13,5	<0,0001	0,1327	0,2204
Eficiência Microbiana								
Pbmic (g/kg NDT)	120,2	110,6	112,2	118,1	49,4	0,9647	0,7416	0,9463

^{1/} $\hat{Y} = 10,917 + 0,011X$; Nmic = nitrogênio microbiano; NU = nitrogênio urinário; NUS = nitrogênio ureico no soro; Pbmic = proteína bruta microbiana; Nmic/Ning = relação Nitrogênio microbiano: nitrogênio ingerido.

Portanto, a concentração de NUS comporta-se de forma similar ao consumo de nitrogênio e/ou PB, suportando a hipótese que a concentração de nitrogênio no soro ou plasma é positivamente correlacionada com o CPB (Harmeyer & Martens, 1980; Bonhnert et al., 2011). Adicionalmente, Harmeyer & Mertens (1980) sugerem que a proporção de NUS que retorna ao trato gastrointestinal pode variar de 10 a 95% e é negativamente correlacionado com o consumo de nitrogênio.

A ausência de diferenças na eficiência de síntese de proteína microbiana possivelmente seja resultado dos elevados níveis de FDN da forragem, que podem dificultar a disponibilidade de esqueleto de carbono para utilização de nitrogênio advindo de fontes rapidamente solúveis, como é o caso do suplemento do presente estudo com 10% de uréia na composição. Sendo assim, provavelmente a taxa na qual a energia é disponibilizada seja o fator mais limitante à síntese de proteína microbiana, uma vez que carboidratos fibrosos apresentam lenta taxa de digestão.

Souza et al. (2010) relataram que a suplementação exclusiva com compostos nitrogenados embora possa aumentar o consumo e utilização de FDN no rúmen, pode não aumentar a assimilação de nitrogênio pelos microrganismos ruminais, possivelmente isto seja resultado do ineficiente acoplamento da energia da FDN. Por outro lado a suplementação com nitrogênio e amido promove alta assimilação de nitrogênio no rúmen.

Conclusão

A suplementação até o nível de 750 g/animal/dia promove maior aporte de nutrientes aos animais, mas não é eficiente em promover mudanças no peso e escore de condição corporal.

Referências

- ANUÁRIO DA PECUÁRIA BRASILEIRA – ANUALPEC. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2010. 360p.
- BARBOSA, A.M.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Effect of urinary collection days, concentrate levels and protein sources on creatinine, urea and purine derivatives excretions and microbial protein synthesis in Nellore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p. 870- 877, 2006.
- BARBOSA, A.M.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Endogenous fraction and urinary recovery of purine derivatives obtained by different methods in Nellore cattle. **Journal of Animal Science**. v.89, p.510-519. 2011.
- BOHNERT, D.W.; DELCURTO, T.; CLARK, A.A. et al. Protein supplementation of ruminants consuming low-quality cool- or warm-season forage: Differences in intake and digestibility. **Journal of Animal Science**, v.89, p.3707-3717, 2011.
- BOHNERT, D.W.; SCHAUER, C.S.; DELCURTO, T. et al. Influence of rumen protein degradability and supplementation frequency on performance and nitrogen use in ruminants consuming low-quality forage: Cow performance and efficiency of nitrogen use in wethers. **Journal of Animal Science**, v.80, p.1629-1637, 2002.
- 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**. International Feed Research Unit. Rowett Research Institute, Aberdeen, UK. (Occasional publication), 1992, 21p.
- DELCURTO, T.; COCHRAN, R.C.; HARMON, D.L. Supplementation of dormant tallgrass-prairie forage: I. Influence of varying supplemental protein and(or) energy levels on forage utilization characteristics of beef steers in confinement. **Journal of Animal Science**, v.68, p.515–531, 1990.
- DETMANN, E.; QUEIROZ, A.C.; CECON, P.R. et al. Neutral Detergent Fiber Intake by Feedlot Cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1763-1777, 2003.
- DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C. et al. **Métodos para análise de alimentos**. Ed. 1.ed. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2012. 214p.
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, p.980- 984, 2010.
- FUJIIHARA, T.; ORSKOV, E.R.; REEDS, P.J. et al. The effect of protein infusion on urinary excretion of purine derivatives in ruminants nourished by intragastric nutrition. **The Journal of Agricultural Science**, v.109, n.1, p.7-12, 1987.
- HARMEYER, J.; MARTENS, H. Aspects of urea metabolism in ruminants with reference to the goat. **Journal Dairy Science**, v.3, p.1707–1728, 1980.
- LAZZARINI, I.; DETMANN, E.; SAMPAIO, C.B. et al. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.2021- 2030, 2009.
- MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: FAHEY, G. C.JR. et al (Eds). **Forage quality evaluation and utilization**. Nebraska: American Society of Agronomy, Crop Science of America; Soil Science of America, 1994. 988 p.

- MOORE, J.E.; BRANT, M.H.; KUNKLE, W.E. et al. Effects of supplementation on voluntary forage intake, diet digestibility, and animal performance. **Journal of Animal Science**, v.77(Suppl. 2), p.122–135, 1999.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2000. 243p.
- OWENS, F.N.; GILL, D.R.; SECRIST, D.S. et al. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v.73, p.3152–3172, 1995.
- PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. Bovinocultura funcional nos tópicos. IN: VI Simpósio de Produção de Gado de Corte e II Simpósio Internacional de Produção de Gado de Corte, 2008, Viçosa. **Anais... Viçosa: VI SIMCORTE**, p.275-305. 2008.
- SAMPAIO, C.B.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F. et al. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Tropical Animal Health and Production**. v.42, 1471-1479, 2010.
- SHORT, R.E.; BELLOWS, R.A.; STAIGMILLER, R.B.; BERARDINELLI, J.G.; CUSTER, E.E. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.68, p.799–816, 1990.
- SOUZA, M.A.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F. et al. Intake, digestibility and rumen dynamics of neutral detergent fibre in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogen and/or starch **Tropical Animal Health and Production**, v.42, p.1299–1310, 2010.
- 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.
- VALENTE, T.N.P.; DETMANN, E.; QUEIROZ, A.C. et al. Evaluation of ruminal degradation profiles of forages using bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2565-2573, 2011.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476p.
- TITGEMEYER, E.C.; ARMENDARIZ, C. K.; BINDEL, D.J. et al. Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker for cattle. **Journal of Animal Science**. v.79, p.1059-1063, 2001.

APÊNDICE

Tabela 1 - Número dos animais experimentais, tratamentos, peso corporal inicial (PCi), peso corporal final (PCf), peso de corpo vazio inicial (PCVZi) e peso do corpo vazio final (PCVZf) dos animais experimentais.

Nº Animal	Tratamento	PCi (kg)	PCf (kg)	PCVZi (kg)	PCVZf (kg)
1	REF	-	128	105,5	105,5
2	REF	-	126	108,7	108,7
3	REF	-	181	164,3	164,3
4	REF	-	113,5	94,1	94,1
8016	SAL	129	195,5	111,1	167,5
8012	SAL	142	166	127,7	143,7
8027	SAL	261	289,5	226,9	255,6
8005	SAL	221,5	247,5	192,6	213,9
8037	SAL	294	319,5	258,8	280,2
8008	SAL	241	275	212,2	229,9
8034	SAL	300	390,5	262,1	329,8
8006	SAL	301,5	400	263,4	346,2
8036	SAL	317	397	277,0	343,1
8042	SAL	255,5	338	223,2	318,6
8011	SAL	256	352	223,7	304,2
8065	Baixo	149	224,5	128,4	201,4
8009	Baixo	140	140	125,9	118,7
8026	Baixo	272	282	236,5	250,5
8014	Baixo	256	279,5	222,6	247,6
8000	Baixo	265,5	300	233,7	258,4
8041	Baixo	231	269,5	203,4	232,9
8033	Baixo	294,5	389,5	261,2	345,7
8017	Baixo	246,5	339,5	218,7	303,5
8001	Baixo	317	393,5	281,2	354,4
8035	Baixo	313,5	404,5	278,1	361,0
8018	Baixo	342,5	433,5	303,8	386,1
8002	Médio	92	157	79,3	143,4
8010	Médio	143	171,5	128,6	148,3
8019	Médio	239	289,5	207,8	245,1
8031	Médio	266,5	298	231,7	260,6
8040	Médio	240,5	281,5	211,7	255,5
8032	Médio	295	347	259,7	307,3
8025	Médio	325,5	411	280,1	366,3
8003	Médio	327	429	281,4	387,0
8038	Médio	349,5	440	300,8	395,5
8028	Médio	316	416	271,9	393,9
8004	Médio	369,5	497	318,0	441,3
8022	Alto	166	235,5	143,0	218,2
8023	Alto	160	193	143,9	172,1
8029	Alto	243	287,5	211,3	265,4

8013	Alto	332,5	369,5	289,1	323,8
8039	Alto	325	370	286,1	325,2
8007	Alto	296,5	345	261,0	314,6
8024	Alto	312,5	417	281,2	382,7
8030	Alto	407,5	507,5	366,7	454,9
8021	Alto	358,5	460	322,6	408,8
8020	Alto	311,5	428,5	280,3	401,0
8015	Alto	389,5	518,5	350,5	462,8

Tabela 2 - Número dos animais experimentais, tratamentos e conteúdos corporais de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e energia do animais experimentais.

Nº Animal	Tratamento	PB (kg)	EE(kg)	Energia (Mcal)
1	REF	19,2144	7,365956	177,5665
2	REF	18,75465	8,431128	184,9784
3	REF	30,87417	17,04733	334,2697
4	REF	16,41772	6,396774	152,6884
8016	SAL	31,59769	19,52989	361,6691
8012	SAL	28,00402	13,78394	287,4279
8027	SAL	50,96257	32,33313	591,1562
8005	SAL	44,72417	28,43753	519,3776
8037	SAL	54,44566	35,43782	639,9646
8008	SAL	42,1416	29,30552	512,9635
8034	SAL	61,63088	43,50829	756,298
8006	SAL	64,40186	43,90632	775,6664
8036	SAL	62,56382	51,13244	833,1732
8042	SAL	56,387	44,53672	736,3799
8011	SAL	54,20454	44,83594	726,8802
8065	Baixo	40,63701	22,46939	440,2657
8009	Baixo	22,54044	11,58545	235,9603
8026	Baixo	52,00735	28,18297	558,0673
8014	Baixo	52,40718	31,65786	592,9618
8000	Baixo	52,87782	27,77259	559,1225
8041	Baixo	43,05567	30,67792	531,0101
8033	Baixo	63,94776	48,01921	811,737
8017	Baixo	55,20514	39,2708	680,2513
8001	Baixo	68,14374	48,18386	836,951
8035	Baixo	68,5749	49,92506	855,7378
8018	Baixo	69,96575	45,83773	825,191
8002	Médio	28,54691	18,59928	335,72
8010	Médio	28,34929	13,87188	290,2014
8019	Médio	48,50413	29,89284	554,368
8031	Médio	52,15916	26,81655	546,0889

8040	Médio	49,51497	35,03933	608,4101
8032	Médio	58,31684	49,12279	790,3415
8025	Médio	69,11436	54,26418	899,5375
8003	Médio	80,03341	49,98068	920,892
8038	Médio	73,28782	50,03223	883,3277
8028	Médio	67,72482	56,29654	910,7896
8004	Médio	80,41186	64,1592	1056,204
8022	Alto	41,61403	26,74761	485,9616
8023	Alto	33,47142	20,49045	381,2603
8029	Alto	56,5802	29,76605	598,7302
8013	Alto	66,75961	40,92599	760,9713
8039	Alto	65,10398	36,87499	713,5821
8007	Alto	59,02249	49,23077	795,336
8024	Alto	68,98009	58,92121	942,5233
8030	Alto	86,92551	63,42828	1086,079
8021	Alto	78,84424	62,7176	1033,821
8020	Alto	74,17087	55,98898	944,2597
8015	Alto	80,65767	75,89032	1167,78
