

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO

Bernardo Lima Bento de Mello

**AVALIAÇÃO DO MODELO NRC PARA PREDIÇÃO DO CONSUMO DE
MATÉRIA SECA POR VACAS LEITEIRAS MANEJADAS EM PASTAGENS
TROPICAIS**

Campos dos Goytacazes – RJ

Maio de 2011

Bernardo Lima Bento de Mello

**AVALIAÇÃO DO MODELO NRC PARA PREDIÇÃO DO CONSUMO DE
MATÉRIA SECA POR VACAS LEITEIRAS MANEJADAS EM PASTAGENS
TROPICAIS**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Magno Fernandes
Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Augusto Mendonça Vieira

Campos dos Goytacazes – RJ
Maio de 2011

Bernardo Lima Bento de Mello

**AVALIAÇÃO DO MODELO NRC PARA PREDIÇÃO DO CONSUMO DE
MATÉRIA SECA POR VACAS LEITEIRAS MANEJADAS EM PASTAGENS
TROPICAIS**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

BANCA EXAMINADORA

Fermino Deresz (Ph.D) - Pesquisador Embrapa Gado de Leite

Carlos Augusto de Alencar Fontes (Ph.D) - Prof. UENF

Ricardo Augusto Mendonça Vieira (D. Sc.) - Prof. UENF

Aberto Magno Fernandes (D. Sc.) - Prof. UENF (Orientador)

Ao meu pai, Ricardo Bento de Mello,
por todo apoio, incentivo, dedicação,
amizade, educação, amor e força para
sempre seguir em frente lutando.

À minha mãe, Zélia Therezinha Lima Bento de Mello,
in memorian, fonte de inspiração...
por todo o amor, carinho, amizade, educação
companheirismo, força e apoio em todos
os momentos da minha vida.

Ao meu irmão, Pedro Lima Bento de Mello,
por todo apoio, motivação, incentivo,
amizade, companheirismo,
além de ser um irmão maravilhoso.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, por sempre me iluminar, guiar meus passos e me mostrar os melhores caminhos. Por ter me dado saúde, coragem e perseverança para a conclusão de mais uma etapa da minha vida.

À UENF, por ter me dado a oportunidade de estudar mais, atingindo boa formação e por permitir a ampliação dos meus conhecimentos profissionais por meio da pesquisa.

Ao professor e orientador Alberto Magno Fernandes, pela amizade, compreensão, confiança, dedicação, apoio, pela valiosa orientação profissional e por me possibilitar o primeiro contato com a pesquisa científica, através do programa de iniciação científica (PIBIC/UENF) desde a graduação, me apoiando muito também neste Mestrado.

Aos professores Ricardo Augusto Mendonça Vieira e Carlos Augusto de Alencar Fontes, por todas as valiosas críticas construtivas e ensinamentos ao longo do curso de Pós-Graduação.

Ao pesquisador Ph.D Fermino Deresz, da Embrapa Gado de Leite, por ter cedido os dados que serviram de base para este trabalho e por todo apoio ao projeto de pesquisa.

Aos Bolsistas de Iniciação Científica e alunos do curso de graduação em Zootecnia da UENF, Leonardo Siqueira Glória e Nardele Moreno Rohem Júnior, pela amizade e valiosa colaboração e boa vontade no auxílio da execução deste trabalho.

A todos os professores do Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal com quem convivi neste Mestrado, pela formação que me proporcionaram.

Aos meus pais, pelo amor incomensurável, por todo tempo dedicado a mim e ao meu irmão, pelo maravilhoso exemplo de vida, motivação e apoio nas horas mais difíceis, com quem eu divido mais esta conquista. Ao meu irmão, por tudo, e mesmo por estar tão longe, sempre se fazer tão próximo e amigo. A vocês, o meu eterno amor e gratidão.

A toda minha família, pelo amor, carinho, entusiasmo, apoio, atenção, amizade e por terem participado de mais esta conquista. Por acreditarem que seria possível mesmo nos momentos mais difíceis. Os meus sinceros agradecimentos.

A todos os meus amigos que, por muitas vezes, mesmo na distância, se fizeram presentes com palavras de apoio e força, demonstrando verdadeira e valiosa amizade, que conservarei para sempre.

A todos os amigos que fiz ao longo desta caminhada, pela atenção, amizade e pelo incentivo, pois sem eles não teria sido tudo tão bom e divertido.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho e para conclusão dessa etapa. Vocês fazem parte desta conquista.

MUITO OBRIGADO!

BIOGRAFIA

BERNARDO LIMA BENTO DE MELLO, filho de Ricardo Bento de Mello e de Zélia Therezinha Lima Bento de Mello, nasceu em 05 de agosto de 1981, na cidade de Nova Friburgo, RJ.

No ano de 2003 ingressou no curso Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), na cidade de Campos dos Goytacazes, RJ, em que iniciou suas atividades junto à pesquisa científica através do Programa de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/UENF), sendo bolsista nos anos de 2007 e 2008 e graduando-se em dezembro de 2008. Iniciou o curso de Mestrado em Ciência Animal em março de 2009, sob orientação do Professor Alberto Magno Fernandes e, em maio de 2011, submeteu-se à defesa de dissertação para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

RESUMO

MELLO, Bernardo Lima Bento de, M. Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, maio de 2011. **Avaliação do modelo NRC para predição do consumo de matéria seca por vacas leiteiras manejadas em pastagens tropicais.** Orientador: Prof. Dr. Alberto Magno Fernandes.

Objetivou-se avaliar o modelo do *National Research Council* (NRC) para gado leiteiro a fim de estimar o consumo de matéria seca (CMS) por vacas mestiças manejadas em pastagens tropicais durante a época das chuvas. Foi efetuada uma análise conjunta de cinco estudos, contemplando três forrageiras. Foram avaliadas 132 estimativas individuais do CMS observado (CMS_{Obs}), obtidas por meio do indicador externo Cr_2O_3 . O CMS também foi predito a partir do *software* do NRC (CMS_{Pred}), que, por sua vez, foi abastecido com *inputs* referentes aos animais e ao ambiente de criação. Os valores de CMS_{Pred} ($12,7 \pm 1,6$ kg/d) foram semelhantes aos de CMS_{Obs} ($12,3 \pm 3,3$ kg/d). Foram obtidas as seguintes estimativas da avaliação do poder preditivo do modelo: viés médio ($- 0,419$ kg/d), coeficiente de determinação (0,029), coeficiente de correlação (0,17; $P = 0,051$), quadrado médio do erro de predição ($11,844 \pm 20,034$), fator de eficiência do modelo ($- 0,081$), coeficiente de determinação do modelo (4,103) e fator de correção do viés (0,767). A comparação entre CMS_{Obs} e CMS_{Pred} permitiu identificar a tendência de superestimação das predições se considerado o ajuste por meio de regressão robusta para o modelo linear simples sem intercepto. A estimativa robusta do desvio padrão residual da regressão robusta foi de 3,26 kg/d; portanto, considerando-se o valor médio de 12,28 kg/d para o CMS_{Obs} , o quociente entre ambos é um indicador da variabilidade, ou seja, 26,55%. A dispersão da unidade de desvio normal do erro

em função do CMS_{Pred} não apresentou viés geral e, portanto, as variáveis independentes escolhidas são suficientes para este quesito. Nas condições avaliadas, o modelo produz previsões de CMS com satisfatória exatidão; porém, com baixa precisão.

Palavras-chave: avaliação empírica, consumo, forragens tropicais, poder preditivo

ABSTRACT

The goal of the present study was to evaluate the predictive value in estimating the dry matter intake (DMI) of crossbred cows in tropical pastures by the National Research Council (NRC) equation for dairy cattle. A joint analysis of five studies covering three forages was performed in which 132 individual estimates of observed DMI obtained through Cr_2O_3 as a marker. DMI was also predicted from the software of NRC (DMI_{Pred}) with inputs concerning animals and environment conditions of the studies. Predicted DMI_{Pred} average values ($12,7 \pm 1,6$ kg/d) were similar to the observed DMI_{Obs} ones ($12,3 \pm 3,3$ kg/d). Data showed following estimates of the evaluation of the predictive value of the model: average bias ($- 0,419$ kg/d), coefficient of determination (0,029), person's correlation coefficient (0,17; $P = 0,051$), mean square error of prediction ($11,844 \pm 20,034$), model efficiency factor ($- 0,081$), coefficient of determination (4,1032), and bias correction factor (0,767). The comparison between DMI_{Obs} and DMI_{Pred} values showed overestimating tendency of the predictions demonstrated by the robust regression fit of the simple linear no intercept model. The robust estimate of standard error of the robust regression was 3,26 kg/d, and by considering the average value of 12,28 kg/d for DMI_{Obs} , the ratio between these two estimates is an indicator of the magnitude of the variability, i.e., 26,55%. The plot of the unit normal deviate of the errors as a function of DMI_{Pred} showed no overall bias, and therefore the independent variables chosen could be considered sufficient. Nevertheless, the model predicted with satisfactory accuracy, but with low precision.

Key Words: empirical evaluation, intake, predictive power, tropical forages

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1. CARACTERÍSTICAS DAS GRAMÍNEAS TROPICAIS AVALIADAS	14
2.2. DESEMPENHO ANIMAL EM PASTAGENS	17
2.3. O MODELO DO NRC (<i>NATIONAL RESEARCH COUNCIL</i>)	19
2.4. CONSUMO DE MATÉRIA SECA	22
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
4. CAPÍTULO I	33

1. INTRODUÇÃO

Dentre os fatores que influenciam a eficiência produtiva em sistemas de produção de leite, o custo de alimentação do rebanho é a mais importante variável dos custos operacionais de produção (BATH & SOSNIK, 1992). Nesse sentido, o conhecimento do consumo de matéria seca (CMS), do valor nutritivo das forrageiras tropicais e de seu potencial produtivo possibilitam maior previsibilidade das respostas produtivas dos animais.

Somente a partir do conhecimento quantitativo do CMS, poderão ser balanceadas dietas que resultem em maior eficiência dos sistemas de produção, por minimizar os custos com a alimentação e as perdas em nutrientes (RUSSELL *et al.*, 1992; SNIFFEN *et al.*, 1992). Entretanto, a criação de animais ruminantes, segundo o paradigma do desenvolvimento sustentado exige, dentre outros aspectos, adequado manejo nutricional efetuado a partir de modelos que ainda precisam ser desenvolvidos para as condições climáticas do nosso País (MALAFAIA *et al.*, 1999).

Nos últimos anos têm sido desenvolvidos alguns trabalhos que possibilitam prever, através de modelos matemáticos, o desempenho de bovinos (TYLUTKI *et al.*, 2008; FOX *et al.*, 2004; NRC, 2001; SOUZA, 2006). Contudo, quando as forrageiras tropicais são à base da alimentação dos animais, tem-se observado subestimação por parte desses modelos, de alguns nutrientes presentes nessas dietas e, em alguns casos, do CMS (FAVORETO *et al.*, 2008; LISTA *et al.*, 2008; MELLO, 2008; ELYAS *et al.*, 2009). Por sua vez, os modelos matemáticos só podem ser considerados válidos se forem

adequados para a finalidade prevista de acordo com as condições dadas (TEDESCHI, 2006). Este fato inviabiliza a utilização dessa importante ferramenta de previsibilidade das respostas produtivas, principalmente durante a elaboração de projetos pecuários, que tenham como finalidade a produção de leite ou de carne bovina utilizando pastagens tropicais. Para tanto, faz-se necessário o uso de recursos computacionais e técnicas de Programação Matemática. Tais técnicas lograram uso e têm sido utilizadas com êxito nas atividades pecuárias – importante segmento do agronegócio brasileiro.

Nesse contexto, e frente à relativa escassez de dados na literatura nacional referentes a modelos que indiquem com acurácia o CMS de vacas leiteiras pastando forrageiras tropicais, faz-se necessária a busca e o aprimoramento de metodologias que se adequem a esta demanda.

O objetivo com o presente trabalho foi avaliar o poder preditivo do modelo matemático do NRC (2001) para predizer o CMS de vacas leiteiras manejadas em pastagens tropicais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. CARACTERÍSTICAS DAS GRAMÍNEAS TROPICAIS AVALIADAS

As gramíneas tropicais, predominantemente do tipo C4, que se caracterizam por possuírem altas taxas fotossintéticas, têm produtividade muito superior à das plantas forrageiras de clima temperado (CORRÊA, 2000). Apesar disso, forrageiras de clima temperado possibilitam melhores desempenhos dos animais devido ao maior consumo, possibilitado pelo menor teor de fibra em detergente neutro (FDN) e teores de proteína e digestibilidade da matéria orgânica maiores. Entretanto, as gramíneas tropicais podem proporcionar maiores ganhos de peso animal por área devido ao seu alto potencial produtivo na época das chuvas, que lhes confere elevada capacidade de suporte.

As gramíneas forrageiras tropicais são altamente eficientes na utilização do nitrogênio, no acúmulo de biomassa vegetal e igualmente eficazes na deposição de material estrutural lignificado em nível de parede celular à medida que avança sua idade (PACIULLO, 2002), o que reduz seu potencial de uso. Sob essas condições, o consumo animal pode ser limitado pelo rápido enchimento do rúmen ou, ainda, pode ser ingerida quantidade de forragem insuficiente para sustentar níveis satisfatórios de produção por animal (POPPI & MCLENNAN, 1995).

Nas duas últimas décadas, foram introduzidas no Brasil gramíneas tropicais melhoradas e adaptadas, bastante produtivas quando utilizadas práticas de manejo adequadas. Estimativas mostram que 80 a 90% das áreas de pastagens no País são constituídas por espécies forrageiras do gênero *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*), principalmente *U. Decumbens* e *U. Brizantha* (BODDEY *et al.*, 2004). Segundo Botrel *et al.* (1999), as *Brachiarias* (Syn. *Urochloa*), em geral, têm se mostrado como plantas de elevado potencial de produção de matéria seca, além de serem satisfatoriamente consumidas pelos bovinos, proporcionando ganhos significativos de massa. Em 1984, a *Urochloa brizantha* cv. Marandu foi lançada pela Embrapa como opção forrageira para a região dos Cerrados (NUNES *et al.*, 1985). Essa variedade adapta-se bem em solos de média para boa fertilidade, tolera teores mais elevados de alumínio trocável, apresenta boa resposta à adubação e resistência à cigarrinha das pastagens (ALVES; SOARES FILHO, 1996).

O gênero *Urochloa Maxima* (Syn. *Panicum maximum*) teve sua origem na África, sendo introduzido no Brasil, possivelmente, a partir do século XVIII, na época da escravatura, quando era utilizado como cama para os escravos nas embarcações vindas da África (ARONOVICH, 1995). Em 1990, foi lançado o cultivar Tanzânia -1 pelo Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (Embrapa – CNPGC). O Tanzânia tem mostrado maior eficiência na produção de massa seca total e foliar, maior ganho de peso diário por animal e maior taxa de lotação das pastagens quando comparado ao capim colômbio (*Urochloa Maxima*). Assim, tem recebido grande aceitação pelos agropecuaristas brasileiros na implantação de novas pastagens (JANK, 1994). O potencial de utilização desse capim pode ser verificado por meio dos resultados obtidos durante a avaliação dos acessos no banco de germoplasma da Embrapa Gado de Corte. O capim Tanzânia produziu 33 t/ha/ano de matéria seca total, sendo 80% de matéria seca foliar (26 t/ha/ano), e teve, em média, 12,7% de proteína bruta nas folhas e 9% nos colmos (JANK, 1995). Brâncio *et al.* (2002) avaliaram três cultivares de *U. máxima* (Tanzânia, Massai e Mombaça) e observaram que, de modo geral, o capim Tanzânia apresenta melhor valor nutricional em termos de proteína bruta e lignina. O Tanzânia apresenta elevada estacionalidade de produção. A taxa de acúmulo de matéria seca

aumentou de 80 kg de MS/ha/dia em setembro/novembro para 100 kg MS/ha/dia em janeiro/fevereiro, voltando a diminuir para 96 kg MS/ha/dia em fevereiro/abril (SANTOS *et al.*, 1999). Em experimento conduzido por Cecato *et al.* (1996), em que os cortes eram feitos a cada 35 dias no verão e 70 no inverno, a produção por corte, no verão, foi de 7.400 kg/ha e, no inverno, de 2.700 kg/ha.

Um renovado interesse por forrageiras do gênero *Cynodon* tem sido observado nos últimos anos. Segundo Pedreira *et al.* (1998), o Brasil apresenta diversos cultivares de *Cynodon*, tais como coast cross, estrela africana, florico, florona, florakirk, jiggs, russell, cheyene, tifton 68, tifton 78 e tifton 85. Sob o ponto de vista botânico e taxonômico, o gênero *Cynodon* representa um grupo de gramíneas pequeno. Os especialistas elaboraram uma chave para identificação das espécies africanas tropicais de *Cynodon* usando a presença de rizomas subterrâneos como principal característica de diferenciação entre *C. dactylon* (gramas ou capins bermudas com rizomas) e *C. plectostachyus*, *C. aethiopicus* e *C. nlemfuensis* (gramas ou capins estrela sem rizomas). Entretanto, esses autores enfatizaram que, dentro de *C. dactylon*, existe uma grande variabilidade (PEDREIRA, 2005).

Há duas variedades botânicas de grama estrela, e diversos cultivares comerciais foram lançados. A variedade botânica *robustus* é caracterizada por plantas robustas, com racemos longos e delgados. Plantas da variedade *nlemfuensis* tendem a ser mais delgadas, menos robustas, com racemos mais curtos e, geralmente, mais adaptadas a temperaturas mais altas e ao estresse hídrico do que as da variedade *robustus*. Além das diferenças morfológicas, as duas variedades também diferem geneticamente entre si. O principal centro de origem e distribuição das gramas estrela parece corresponder à faixa tropical Leste da África e Angola, na África Ocidental (PEDREIRA, 2005).

2.2. DESEMPENHO ANIMAL EM PASTAGENS

O desempenho produtivo de animais sob pastoreio é dado em função da ingestão de forragem, do seu valor nutritivo, do potencial genético do animal e da interação entre o animal e as demais condições ambientais, como relevo e clima. A melhoria do valor nutritivo da forragem pode ser obtida quando se reduz o intervalo de desfolha e quando é permitido que o animal selecione a forragem disponível (CORSI, 1993), a utilização desta no estágio fisiológico certo pode elevar a produtividade animal.

Quando os níveis de proteína, vitaminas e minerais são adequados, a produção animal será em função do CMS, uma vez que é alta a correlação entre consumo de forragem e desempenho animal. As variações no consumo de forragem produzem mais impacto na produção animal do que as variações na composição da forragem (NOLLER *et al.*, 1996).

A parte da forrageira que dispõe de mais nutrientes para os animais é a folha. Assim, muitos pesquisadores têm tentado aumentar a proporção de folhas na dieta de animais sob pastoreio (ASSIS, 1997). Elevada proporção de caule na forragem disponível compromete o CMS por hectare e o consumo pelo animal (GOMIDE, 1997), pois o caule apresenta maiores teores de fibra do que as folhas.

A maximização no uso do conteúdo energético das forragens produzidas nas pastagens deve ser o objetivo daqueles que pretendem intensificar a produção animal através do desempenho animal como principal componente do sistema (CORSI, 1999).

Elevadas performances (ganho de peso e produção de leite) de animais podem ser observadas em pastoreio quando ocorre boa disponibilidade de forragem por animal, permitindo seletividade e dietas com maior intensidade de nutrientes (CORSI, 1999). O sistema de pastoreio deve possibilitar à planta recuperação de suas reservas de carboidratos não estruturais, sem os quais ela pode debilitar-se e não resistir à concorrência de invasoras (RODRIGUES & REIS, 1995). A recuperação das reservas, em sistema de exploração intensiva, em pastagens tropicais, ocorre mais facilmente quando se adota o pastoreio

rotacionado, verificando-se o estabelecimento das reservas num período de 21 a 35 dias após a desfolha (CORSI, 1988).

O desempenho animal sob pastoreio, expresso em produção por animal, é condicionado por diferentes fatores, como: genética do animal, consumo e valor nutritivo da forragem e eficiência na conversão da forragem consumida (GOMIDE & GOMIDE, 2001). Esses autores relatam a existência de diversos fatores que condicionam o consumo de forragem, podendo destacar-se o valor nutritivo (composição química e digestibilidade), a estrutura do relvado e a oferta de forragem.

Assim, em sistemas de produção animal onde a dieta é constituída somente de forragens, o nível médio de produção de leite estaria ao redor de 8 kg de leite/vaca/dia, e o de carne, ao redor de 700 g de peso vivo/cabeça/dia. Entretanto, dependendo do estágio de lactação, condição física do animal, histórico anterior de alimentação, disponibilidade de forragem por animal, forma física da forragem etc., esses níveis de produção podem ser altos, como 15 a 30 kg de leite/cab/dia, ou de 1,0 a 1,3 kg de ganho de peso por cabeça, conforme indicam experimentos em zonas tropicais e temperadas (CORSI, 1999).

Produções de leite de 15.000 kg/ha/180 dias, durante a estação chuvosa, foram relatadas por Deresz & Mozzer (1994). Os pesquisadores utilizaram vacas mestiças Holandês x Zebu sob pastoreio rotativo em capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.). Deresz (2001), trabalhando também com capim elefante em pastoreio rotacionado, observou, durante a estação chuvosa, produção média de leite corrigido para 4% de gordura, de 11,4 kg/vaca/dia. De maneira semelhante, produções de leite na estação chuvosa, de 12 a 14 kg/vaca/dia, sem concentrado, foram observadas por Deresz *et al.* (1994) em pastagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) manejado em sistema rotativo com período de descanso de 30 dias e adubado com 200 kg/ha/ano de N e de K₂O.

Alvim *et al.* (1996) e Vilela *et al.* (1996), trabalhando em pastagens de capim *coast-cross*, com vacas da raça Holandesa, alcançaram produções próximas de 12 a 14 kg de leite/vaca/dia, quando se descartou o efeito da suplementação do concentrado. Trabalhando com a grama Estrela (*Cynodon*

nlemfuensis) cv. Africana, em pastoreio rotacionado, Favoreto *et al.* (2008) observaram produção média de 11,7 kg/vaca/dia para vacas que recebiam 2 kg de concentrado por dia.

No ano de 2003, a Embrapa Gado de Leite iniciou estudos para avaliar outras forrageiras tropicais em substituição ao capim elefante devido ao fato deste estar sofrendo ataques de cigarrinhas das pastagens. E, além disso, devido à falta de informações sobre o potencial para produção de leite de outras gramíneas tropicais (DERESZ *et al.*, 2008). Nesse contexto, foi realizado um experimento, durante a estação chuvosa de 2005, com o objetivo de avaliar a produção de leite de vacas Holandês x Zebu, nos capins *Cynodon nlemfuensis* (cv. Estrela Africana), *Panicum Maximun* (cv. Tanzânia) e *Brachiaria Brizantha* (cv. Marandu), onde foram obtidas produções semelhantes para as três gramíneas avaliadas (cerca de 9 kg de leite/vaca/dia) (DERESZ *et al.*, 2006). Posteriormente, em outro trabalho conduzido sob os mesmos princípios, Chambela Neto (2007) obteve resultados semelhantes para produção de leite nas mesmas gramíneas. Entretanto, foram obtidas produções em torno de 13 kg de leite/vaca/dia provenientes exclusivamente da forragem. Desse modo, o autor concluiu que as três gramíneas avaliadas possuem o mesmo potencial para a produção e composição do leite.

2.3. O MODELO DO NRC (*NATIONAL RESEARCH COUNCIL*)

Desde 1944, o Conselho Nacional de Pesquisa dos EUA (*National Research Council*) tem publicado algumas edições dos “Requerimentos Nutricionais para Gado de Leite” (*Nutrient Requirements of Dairy Cattle*). A sétima edição do NRC (2001) é constituída de modelos baseados em equações matemáticas que possibilitam estimar, a partir de características dos animais e do ambiente de criação, o CMS e as suas exigências nutricionais em diferentes fases da vida, estágios fisiológicos e níveis de produção. O referido modelo ainda possibilita estimar, a partir da composição bromatológica das dietas, o seu valor nutritivo.

De acordo com o NRC (1989), o sistema de energia líquida (EL) fornece valores de disponibilidade de energia muito mais precisos que os nutrientes digestíveis totais (NDT). Mas esse sistema ainda permanece, porque os valores de EL são de difícil determinação e também porque há grande quantidade de informações disponíveis sobre NDT.

O NRC (2001) propôs um método aditivo para estimativa do NDT dos alimentos que diferiu substancialmente das versões anteriores. O NDT do alimento, com o consumo de matéria seca em nível de manutenção ($NDT_{\text{manutenção}}$), é calculado usando a energia produzida pelas frações químicas do alimento (carboidratos fibrosos, carboidratos não-fibrosos, lipídeos e proteína bruta), medidas ou calculadas por meio de análise de laboratório, e de suas digestibilidades verdadeiras (valores conhecidos ou calculados), a partir de equações. Os dados de composição do alimento requeridos para uma descrição precisa do conteúdo de energia incluem: cinzas, proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), lignina (L), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) e proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN).

Segundo o NRC (2001), a digestibilidade dos alimentos pode ser reduzida em função do aumento no consumo. Dessa forma, propôs o cálculo de um fator de desconto que deve ser aplicado na energia digestível de manutenção ($ED_{\text{manutenção}}$), que corrigirá o efeito do consumo sobre a digestibilidade e, conseqüentemente, sobre o valor energético dos alimentos, obtendo a energia digestível produtiva ($ED_{\text{produtiva}}$). O valor da energia metabolizável (EM) seria, então, calculado pelas equações, a partir da $ED_{\text{produtiva}}$ e a energia líquida (EL), a partir da EM. Assim, quando o valor de NDT ou a ED são conhecidos, todas as outras expressões de energia podem ser calculadas, usando-se equações apropriadas – o que vem destacar a importância de equações que estimam essas variáveis do NRC (2001), pois a realização de testes de digestão para todos os alimentos e todas as dietas teria alto custo.

O declínio em digestibilidade depende do consumo de matéria seca acima da manutenção e da digestibilidade da dieta na manutenção. Segundo o NRC (2001), abaixo de 60% de $NDT_{\text{manutenção}}$, este desconto pode ser desconsiderado. O nível de consumo de matéria seca (CMS) da dieta proposta, além do nível de

manutenção, deve ser conhecido para se calcular o fator de desconto (FC), que reflete o decréscimo em digestibilidade resultante do aumento na taxa de passagem, quando os animais estão consumindo mais alimento. Dietas com alta digestibilidade apresentam queda na digestibilidade quando comparadas a dietas de baixa digestibilidade. Assumindo, que a redução na digestibilidade com o aumento de consumo se origina da redução na extensão de fermentação dos carboidratos (fibrosos, principalmente) no rúmen (NRC, 2001).

A energia e a proteína têm sido consideradas essenciais na nutrição animal, haja vista sua importância para o desenvolvimento dos animais e também o fato de serem responsáveis pela maior fração do custo da alimentação nos sistemas de produção. Geralmente, a maior proporção da energia utilizada pelos ruminantes provém da fermentação da fibra no rúmen (VAN SOEST, 1994).

As exigências de proteína para os bovinos são supridas pelo total de aminoácidos absorvidos no intestino (proteína metabolizável), resultantes do somatório entre a proteína dietética e os aminoácidos da proteína microbiana. As exigências energéticas e protéicas em bovinos em crescimento e terminação estão relacionadas à relação músculo/gordura no ganho de peso e, segundo o NRC (2001), podem variar de acordo com a raça, o peso vivo, o estágio fisiológico e o sexo, além da taxa de ganho de peso dos animais.

O NRC (2001) acrescenta, ainda, que o modelo mais utilizado para descrever a degradação ruminal *in situ* da proteína dietética a subdivide em três frações (A, B e C). A fração A é a porcentagem da PB total que é composta de nitrogênio não protéico (NNP, imediatamente degradada) e uma pequena quantidade de proteína verdadeira que rapidamente escapa da bolsa *in situ* por causa da alta solubilidade ou das partículas muito pequenas. A fração C é a porcentagem da PB que é completamente indegradável; esta fração geralmente é determinada como a PB alimentar presente no saco de nylon ao final do processo de degradação. Considera-se que toda fração A é degradada e que toda fração C passa para o intestino delgado. A fração B é composta pelo restante da PB e inclui as proteínas que são potencialmente degradáveis. Somente a fração B é considerada afetada por índices relativos de passagem, o montante da fração B, que é degradada no rúmen, é

determinado pela taxa fracional de degradação que, por sua vez, é determinada em estudo para a fração B e uma estimativa das taxas fracionárias de passagem. A proteína degradável no rúmen (PDR) e os valores de proteína não degradável no rúmen (PNDR) de um ingrediente (em % de PB) que utilizam esse modelo são calculados por meio de equações próprias e compõem o modelo mais amplamente utilizado para descrever a degradação ruminal e o escape de proteínas em animais (por exemplo, pelo AFRC, 1984; NRC, 1985; ORSKOV & McDONALD, 1979).

Parte substancial do aumento do poder na tomada de decisão nos empreendimentos pecuários vem da apresentação dos requisitos nutricionais em um modelo computacional, no qual, ao contrário de valores estáticos tabelados, são consideradas as variações entre os animais, seus diferentes ambientes de criação e entre os ingredientes dos alimentos e seus efeitos no desempenho produtivo dos animais (NRC, 2001).

2.4. CONSUMO DE MATÉRIA SECA

O CMS é extremamente importante na nutrição porque estabelece a quantidade de nutrientes disponíveis para os animais. Estabelecer o CMS com precisão evita a sub ou superalimentação. A subalimentação restringe a produção e pode afetar a saúde do animal, enquanto a superalimentação aumenta o custo alimentar e pode resultar em maior excreção de nutrientes no ambiente (NRC, 2001).

O problema mais frequente a ser resolvido em rebanhos de alta produção, tanto em produção de leite como para altos ganhos em massa, é a incapacidade dos animais de consumir alimento suficiente para atender as exigências de altos níveis de produção. Em suma, o consumo de alimento é o principal fator limitante para a obtenção de performances máximas (MATTOS, 1995).

Vários fatores afetam a ingestão voluntária de matéria seca. Teorias individuais baseadas em enchimento físico do rúmen, fatores relacionados a *feedback* metabólico ou consumo de oxigênio, têm sido utilizados para

determinação e/ou predição do consumo de matéria seca (NRC, 2001). Segundo Mertens (1992) e Van Soest (1994), em dietas constituídas exclusivamente de volumoso, principalmente aquelas constituídas por forrageiras tropicais, a distensão física é fator importante no controle do consumo voluntário. Nas dietas ricas em concentrado, a regulação do consumo é atribuída, principalmente, aos mecanismos quimiostáticos. Além da complexidade inerente às teorias acima, existem outros fatores relacionados à fisiologia e à habilidade sensorial do animal que interferem no consumo (BAUMONT, 1996).

Nos trópicos, onde os ruminantes são alimentados com forragens de digestibilidade mais baixas, o controle físico do consumo é ainda mais pronunciado do que aquele proveniente de pastos de clima temperado. São, portanto, recomendadas, para as avaliações do consumo potencial das forrageiras, estimativas a partir do enchimento físico do rúmen provocado pelo volumoso estudado (MADSEN *et al.*, 1997).

Nos sistemas de produção animal a pasto, o consumo é influenciado pela disponibilidade de forragem que é dada em kg de MS/kg de peso vivo ou kg de MS/100 kg de peso vivo (SILVA & PEDREIRA, 1996).

Sob pastoreio, o consumo de matéria seca é afetado pela altura da forragem, pela relação folha caule, pela densidade volumétrica da forragem e pela disponibilidade de pasto (GOMIDE, 1993).

O CMS das pastagens está diretamente ligado ao desempenho dos animais, porque determina a quantidade de nutrientes ingeridos, os quais são necessários para atender as exigências de manutenção e produção animal (GOMIDE, 1993).

Sob pastejo, os animais selecionam, preferencialmente, folhas. Isso ocorre, provavelmente, em virtude de serem mais acessíveis, de menor resistência à apreensão (MINSON, 1982) e de melhor qualidade (VAN SOEST, 1987). De acordo com Wade & Lewis (1987), os animais parecem detectar as plantas ou partes destas mais nutritivas, de forma que as dietas são, em geral, mais digestíveis, mais protéicas e menos fibrosas que a forragem disponível.

Segundo Van Soest (1965), o teor de FDN é o fator mais limitante do consumo de volumosos, sendo que os valores dos constituintes da parede

celular superiores a 55-60% na matéria seca correlacionam-se de forma negativa com o consumo de forragem.

Além da composição química, a disponibilidade de forragem pode influenciar o consumo. Em pastagens, deve-se trabalhar numa situação de oferta de forragem não limitante, para avaliação consistente do consumo (MERTENS, 1994). Segundo Van Soest (1994), concentrações de proteína bruta acima de 7% não são bem correlacionadas com o consumo; porém, abaixo desse nível, ocorre decréscimo na ingestão.

A determinação do CMS a pasto é complexa e não pode ser realizada diretamente, como em confinamentos (MINSON, 1982). Para tanto, a técnica dos indicadores tem sido frequentemente empregada. Essa tem sido uma alternativa para determinação do CMS a pasto e se baseia na obtenção da massa consumida por meio da relação entre a excreção fecal e a digestibilidade da dieta. Essa estimativa, que utiliza a extrusa na determinação da digestibilidade, aumenta a exatidão dos resultados por considerar a seletividade da dieta ingerida pelos animais (AROEIRA, 1997).

Nesse sentido, a determinação da excreção fecal pelo método dos indicadores baseia-se no emprego de um indicador externo, ao qual, sendo ingerido na dieta, deve ser recuperado totalmente nas fezes. Entre os indicadores existentes, o óxido crômico tem sido o mais amplamente empregado na determinação da excreção fecal (PRIGGE *et al.*, 1981), apresentando as vantagens de ser barato, facilmente incorporado à dieta e analisado com relativa facilidade (MERCHEN, 1988). O procedimento tradicional de utilização consiste na aplicação de duas doses diárias, de mesmo peso, em intervalos de tempo definidos, com coletas concomitantes (HOPPER *et al.*, 1978), sendo necessário um período de adaptação de 5 a 7 dias, anterior ao início das coletas fecais, a fim de se alcançar um platô de concentração nas fezes (OWENS & HANSON, 1992), e um período de coleta de 5 a 7 dias. Tanto a acurácia como a precisão dessa técnica tem sido demonstrada (PRIGGE *et al.*, 1981; PEREIRA *et al.*, 1983); embora, em sua grande maioria, com animais em confinamento.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFRC – AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Supplement n.1. **Common Wealth Agricultural Bureaux**, Slough, England. 1984.

ALVES, S. J.; SOARES FILHO, C. V. Espécies forrageiras recomendadas para o Paraná. In: MONTEIRO, A. L. et al. **Forragicultura no Paraná**. 1 ed. Londrina: CPAF, 1996. p.179-283.

ALVIM, M. J.; VILELA, D.; CÓSER, A. C. et al. Efeitos de dois níveis de concentrado sobre a produção de leite de vacas da raça holandesa em pastagem de *coast-cross*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996. Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza: SBZ. 1996. p.172-173.

AROEIRA, L. J. M. Estimativas de consumo de gramíneas tropicais. In: TEIXEIRA, J. C. (Ed.) 1997. **Digestibilidade em Ruminantes**. Lavras: UFLA/FAEP. p.127-163.

ARONOVICH, S. O capim colonião e outros cultivares de *Panicum maximum* Jacq.: Introdução e evolução do uso no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 12., Piracicaba, 1995. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p.1-20.

ASSIS, A. G. Produção de leite a pasto no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO. Viçosa, 4 a 6 nov., 1997. **Anais...** Viçosa: Departamento de Zootecnia - UFV, 1997. 471p, 318-410.

- BATH, D. L.; SOSNIK, U. Formulation, delivery and inventory control of cost-effective rations. In: VAN HORN, H. H.; WILCOX, C. J. (Eds.). **Large Dairy Herd Management**. Savoy: American Dairy Science Association, 1992. p.709-719.
- BAUMONT, R. Palatability and feeding behavior in ruminants. **A review. Ann. Zootech**, v.45, p.385-400; 1996.
- BODDEY, R. M.; MACEDO, R.; TARRÉ, R. M.; FERREIRA, E.; OLIVEIRA, O. C.; REZENDE, C. P.; CANTARUTTI, R. B.; PEREIRA, J. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: the key to understanding the process of pasture decline. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.103, p.389-403, 2004.
- BOTREL, M. A.; ALVIM, M. J.; XAVIER, D. F. Avaliação de gramíneas forrageiras na região sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.4, p.683-689, abr. 1999.
- BRÂNCIO, P. A.; NASCIMENTO JR., D.; EUCLIDES, V. P. B. et al. Avaliação de três cultivares de *Panicum maximum* Jacq. Sob pastejo. Composição química e digestibilidade da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1605-1613, 2002.
- CECATO, U.; MARCO, A. A. F. B.; SAKAGUTI, E. S.; DAMASCENO, J. C.; SUZUKI, E.; MEURER, F. Avaliação de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, Fortaleza, 1996. **Anais...** Fortaleza: SBZ, 1996. p.403-406.
- CHAMBELA NETO, A. **Avaliação Nutricional de Três Gramíneas Tropicais e do Desempenho de Vacas Leiteiras sob Pastejo Rotativo**. Campos dos Goytacazes - RJ: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2007. 49p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2007.
- CORRÊA, L. A. Pastejo rotacionado para produção de bovinos de corte. In: EVANGELISTA, A. R.; BERNARDES, T. F.; SALES, E. C. J. (Eds.). **Simpósio de Forragicultura e Pastagens: Temas em Evidências**. UFLA, Lavras. 2000. p.149-177.

- CORSI, M. Manejo de plantas forrageiras do gênero *panicum*. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. (Eds.). SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 9. 1988, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ. 1988. p.57-77.
- CORSI, M. Parâmetros para intensificar o uso das pastagens. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. **Bovinocultura de corte: Fundamentos da Exploração Racional**. 3. ed;Piracicaba: FEALQ,1999. p.209- 229.
- CORSI, M. Potencial das pastagens para a produção de leite. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. **Bovinocultura Leiteira: Fundamentos da Exploração Racional**. Piracicaba: FEALQ, 1993. 581p. p.339-411.
- DERESZ, F. Produção de Leite de Vacas Mestiças Holandês x Zebu em Pastagem de Capim-Elefante, Manejada em Sistema Rotativo com e sem Suplementação durante a Época das Chuvas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.1, p.197-204, 2001.
- DERESZ, F.; CÓSER, A. C.; MARTINS, C. E. et al. Utilização do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) para a produção de leite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FORRAGEIRAS E PASTAGENS, 1994, Campinas. **Anais...** Campinas, SP: CBNA, 1994. p.103-199.
- DERESZ, F.; FUKOMOTO, N. M.; DAMASCENO, J. C.; CÓSER, A. C.; MARTINS, C. E.; LOPES, F. C. F.; VERNEQUE, R. S.; PORTO, P. P. Produção de leite de vacas Holandês x Zebu manejadas em pastejo rotativo em gramíneas tropicais durante a época das chuvas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 23. 2006, **Anais...** João Pessoa. Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. p. 4., CD-Rom.
- DERESZ, F.; MARTINS, C. E.; FUKOMOTO, N. M. Estratégias de fornecimento de concentrado para vacas em lactação manejadas em forrageiras tropicais. In: TORRES, R. A.; OLIVEIRA, V. M.; MACHADO, J. R. C.; VIDAL, L. A. T. **Tecnologias para o Desenvolvimento da Pecuária de Leite de Base Familiar do Estado do Rio de Janeiro**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2008. 207p.
- DERESZ, F.; MOZZER, O. L. Produção de leite em pastagem de capim-elefante. In: **Capim-elefante: Produção e Utilização**. Coronel Pacheco, MG: Embrapa, 1994. p.155-216.

- ELYAS, A. C. W.; PAIVA, P. C. A.; LOPES, F. C. F.; VILELA, D.; ARCURI, P. B.; MORENZ, M. J. F. Avaliação do modelo CNCPS na predição do consumo de matéria seca em vacas da raça Holandesa em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.6, p.1096-1103, 2009.
- FAVORETO, M. G.; DERESZ, F.; FERNANDES, A. M.; VIEIRA, R. A. M.; FONTES, C. A. A. Avaliação nutricional da grama-estrela cv. Africana para vacas leiteiras em condições de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.319-327, 2008.
- FOX, D. G.; TEDESCHI, L. O.; TYLUTKI, T. P.; RUSSELL, J. B.; VAN AMBURGH, M. E.; CHASE, L. E.; PELL, A. N.; OVERTON, T. R. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. **Animal Feed Science and Technology**, v.112. p.29-78. 2004.
- GOMIDE, J. A. O fator tempo e o número de piquetes do pastejo rotacionado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM. 14. Piracicaba, 1997. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. 327p. p. 253-273.
- GOMIDE, J. A.; GOMIDE, C. A. M. Utilização e manejo de pastagens. In: A PRODUÇÃO ANIMAL NA VISÃO DOS BRASILEIROS, 2001, Piracicaba. **Palestras...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2001. p.927.
- GOMIDE, J. A. Produção de leite em regime de pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.22, n.4, p.591-613, 1993.
- HOPPER, J. T.; HOLLOWAY, J. W.; BUTTS JR., W. T. Animal variation in chromium sesquioxide excretion patterns of grazing cows. **Journal of Animal Science**, v.46, n.4, p.1098-1102, 1978.
- JANK, L. Melhoramento e seleção de variedades de *Panicum maximum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12. Piracicaba, 1995. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p.21-58.
- JANK, L. Potencial do gênero *Panicum*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FORRAGEIRAS E PASTAGENS, 1994, Campinas. **Anais...** s.l.: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 1994. p.25-31.

- LISTA, F. N.; SILVA, J. F. C.; DETMANN, S. J.; VASQUEZ, E. H. M.; MALAFAIA, P. A. M. Estimação do valor energético da pastagem e simulação de parâmetros do desempenho produtivo de novilhas em pasto. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.1, p.130-138, 2008.
- MADSEN, J.; HVELPLUND, T.; WEISBJERG, M. R. Appropriate methods for evaluation of tropical feeds for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v.69, n.2, p.53-66. 1997.
- MALAFAIA, P. A. M.; VALADARES FILHO, S.C.; VIEIRA, R.A.M. Kinetic parameters of ruminal degradation estimated with an non-automated system to measure gas production. **Livestock Production Science**, v.58, p. 65-73, 1999.
- MATTOS, W. R. S. Nutrição de bovinos tendo em vista performances máximas: parte II Nutrição para performances máximas. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. **Nutrição de Bovinos: Conceitos Básicos e Aplicados**. 5. ed.; Piracicaba: FEALQ, 1995. p.209.
- MELLO, B. L. B. **Desempenho de Novilhas em Pastagem de Capim Colômbio (*Panicum Maximum*, Jacq.)**. 2008. 22f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Zootecnia) – Campos dos Goytacazes – RJ. Universidade estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 2008.
- MERCHEN, N. R. Digestion, absorption and excretion in ruminants. In: CHURCH, D.C. (Ed.) **The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition**. New Jersey: Prentice Hall. p.172-201, 1988.
- MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR., D.C. (Ed.) **Forage Quality, Evaluation and Utilization**. Madison: American Society of Agronomy. p.450-492, 1994.
- MERTENS, D. R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação e formulação de rações. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29, Lavras, 1992. **Anais...** Lavras: SBZ, 1992. p.188-219.
- MINSON, D. J. Effect of chemical and physical composition of herbage eaten upon intake. In: HACKER, J. B. (Ed.) **Nutritional Limits to Animal Production From Pastures**. Queensland: Farnham Royal, CAB, 1982. p.167-182.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC. 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requeriments of Dairy Cattle**. 6th rev.ed. Washinton, D.C.: 1989. 157p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Ruminant Nitrogen Usage**. Washington D.C.: National Academy Press. 1985.

NOLLER, C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; QUEIROZ, D. S. Exigências nutricionais de animais em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM. 13. Piracicaba, 1996. **Anais...** Piracicaba; FEALQ, 1996. 352p. p.319-352.

NUNES, S.G.; BOOK, A.; PENTEADO, M. I. et al. **Brachiaria Brizantha cv. Marandu**. 2. ed. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte (Documentos, 21), 1985. 31p.

ORSKOV, E. R.; MCDONALD, I. The estimate of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science** (Camb.), v.92, p.499-503. 1979.

OWENS, F. N.; HANSON, C. F External and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminants. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.9, p.2605-2617, 1992.

PACIULLO, D. S. C. Características anatômicas relacionadas ao valor nutritivo das gramíneas forrageiras. **Revista Ciência Rural**, v.32, n.2, p.357-364, 2002.

PEDREIRA, C. G. S. Capins do gênero *Cynodon*: histórico e potencial para a pecuária brasileira. In: **Cynodon: Forrageiras que Estão Revolucionando a Pecuária Brasileira**. Vilela, D.; J. C. Resende, J. Lima. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite. 2005. 250. p.33-58.

PEDREIRA, C. G. S.; NUSSIO, L. G.; SILVA, S. C.. Condições edafo-climáticas para produção de *Cynodon* spp. In: Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 15, 1998. Piracicaba. **Anais...** FEALQ. Piracicaba. 1998. p.85-114.

- PEREIRA, J. C.; GARCIA, J. A.; COELHO DA SILVA, J. F. et al. Estudos de digestão em bovinos fistulados, alimentados com rações tratadas com formaldeído e contendo óleo. II. Métodos para estimativa da excreção de matéria seca fecal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.12, n.3, p.429-439, 1983.
- POPPI, D. P.; McLENNAN, S. R. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. **Journal of Animal Science**, v.73, n.1, p.278-290, 1995.
- PRIGGE, E. C.; VARGA, G. A.; VICINI, J. L. et al. Comparison of ytterbium chloride and chromium sesquioxide as fecal indicators. **Journal of Animal Science**, v.53, n.6, p.1629-1633, 1981.
- RODRIGUES, L. R. A.; REIS, R. A. Bases pra o estabelecimento do manejo de capim do gênero *panicum*. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. Eds SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 12, 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ. 1995. p.197-218.
- RUSSELL, J. B.; O'CONNOR, J. D.; FOX, D. G.; VAN SOEST, P. J.; SNIFFEN, C. J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3551-3561, 1992.
- SANTOS, P. M.; BALSALOBRE, M. A. A.; CORSI, M. Efeito da frequência de pastejo e da época do ano sobre a produção e a qualidade de *Panicum maximum* cvs. Tanzânia e Mombaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, p.244-249, 1999.
- SILVA, S. C.; PEDREIRA, C. G. S. Fatores condicionantes e predisponentes da produção animal a pasto. In: SIMPÓSIO SOBRE MAJEJO DA PASTAGEM. 13. PIRACICABA, 1996. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1996. 352p. p.97-122.
- SNIFFEN, C. J; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSELL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.
- SOUZA, H. M. **Modelagem Matemática e Proposta de Resolução do Problema da Dieta Alimentar para Gado Bovino de Corte**. 2006. 91f. Tese (Mestrado em engenharia de sistemas e computação) – Rio de Janeiro, RJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, 2006.

- TEDESCHI, L. O. Assessment of the adequacy of mathematical models. **Review Agricultural Systems**, v.89, p.225-247, 2006.
- TYLUTKI, T. P.; FOX, D. G.; DURBAL, V. M.; TEDESCHI, L. O.; RUSSELL, J. B.; VAN AMBURGH, M. E.; OVERTON, T. R.; CHASE, L. E.; PELL, A. N. Cornell Net Carbohydrate and Protein System: A model for precision feeding of dairy cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v.143, p.174-202. 2008.
- VAN SOEST, P. J. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake relation to chemical composition and digestibility. **Journal of Animal Science**, v.24, n.3, p.834-844, 1965.
- VAN SOEST, P. J. Interactions of feeding and forage composition. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GOATS, 4. Brasília, 1987. **Proceedings...** Brasília: EMBRAPA, 1987. p.971-988.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. Ithaca: 2. ed., Cornell University Press, 1994. 476p.
- VILELA, D.; ALVIM, M. J.; RESENDE, J. C. et al. Produção de leite em pastagem de coast-cross (*Cynodon dactylon* L. Pers.) suplementada estrategicamente com concentrados. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza: SBZ, 1996. v.3, p.169-171.
- WADE, D. D.; LEWIS, C. E. Managing southern ecosystems with fire. **Rangelands**, v.9, n.3, p.115-122, 1987.

4. CAPÍTULO I

O capítulo a seguir corresponde a um artigo integrante desta dissertação submetido como manuscrito à Revista Brasileira de Zootecnia e, como tal, sua redação e edição foram realizadas segundo as normas deste periódico, normas estas que constam na rede mundial de computadores conforme o endereço a seguir:

<http://www.rbz.ufv.br/rbz/visao/site/texto.php?texto=8>

cujo acesso se deu no dia 26 de abril de 2011.

1 **Avaliação do modelo NRC para predição do consumo de matéria seca por**
2 **vacas leiteiras manejadas em pastagens tropicais**

3 **Bernardo Lima Bento de Mello¹, Alberto Magno Fernandes¹, Leonardo Siqueira**
4 **Gória¹, Fermino Deresz², Ricardo Augusto Mendonça Vieira¹, Nardele Moreno**
5 **Rohem Júnior¹, Carlos Augusto de Alencar Fontes¹**

6 ¹Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. e-mail: ramvieira@uenf.br

7 ²Embrapa Gado de Leite.

8

9 **RESUMO:** Objetivou-se avaliar o modelo do *National Research Council* (NRC) para
10 gado leiteiro a fim de estimar o consumo de matéria seca (CMS) por vacas mestiças
11 manejadas em pastagens tropicais durante a época das chuvas. Foi efetuada uma análise
12 conjunta de cinco estudos contemplando três forrageiras. Foram avaliadas 132
13 estimativas individuais do CMS observado (CMS_{Obs}) obtidas por meio do indicador
14 externo Cr₂O₃. O CMS também foi predito a partir do *software* do NRC (CMS_{Pred}),
15 que, por sua vez, foi abastecido com *inputs* referentes aos animais e ao ambiente de
16 criação. Os valores de CMS_{Pred} (12,7 ± 1,6 kg/d) foram semelhantes aos de CMS_{Obs}
17 (12,3 ± 3,3 kg/d). Foram obtidas as seguintes estimativas da avaliação do poder
18 preditivo do modelo: viés médio (- 0,419 kg/d), coeficiente de determinação (0,029),
19 coeficiente de correlação (0,17; P = 0,051), quadrado médio do erro de predição (11,844
20 ± 20,034), fator de eficiência do modelo (- 0,081), coeficiente de determinação do
21 modelo (4,1032) e fator de correção do viés (0,767). A comparação entre CMS_{Obs} e
22 CMS_{Pred} permitiu identificar a tendência de superestimação das predições se
23 considerado o ajuste por meio de regressão robusta para o modelo linear simples sem
24 intercepto. A estimativa robusta do desvio padrão residual da regressão robusta foi de
25 3,26 kg/d; portanto, considerando-se o valor médio de 12,28 kg/d para o CMS_{Obs}, o

26 quociente entre ambos é um indicador da variabilidade, ou seja, 26,55%. A dispersão da
27 unidade de desvio normal do erro em função do CMS_{Pred} não apresentou viés geral e,
28 portanto, as variáveis independentes escolhidas são suficientes para este quesito. Nas
29 condições avaliadas o modelo produz previsões de CMS com satisfatória exatidão;
30 porém, com baixa precisão.

31

32 Palavras-chave: avaliação empírica, consumo, forragens tropicais, poder preditivo

33

34 **ABSTRACT:** The goal of the present study was to evaluate the predictive value in
35 estimating the dry matter intake (DMI) of crossbred cows in tropical pastures by the
36 National Research Council (NRC) equation for dairy cattle. A joint analysis of five
37 studies covering three forages was performed in which 132 individual estimates of
38 observed DMI obtained through Cr_2O_3 as a marker. DMI was also predicted from the
39 software of NRC (DMI_{Pred}) with inputs concerning animals and environment conditions
40 of the studies. Predicted DMI_{Pred} average values ($12,7 \pm 1,6$ kg/d) were similar to the
41 observed DMI_{Obs} ones ($12,3 \pm 3,3$ kg/d). Data showed following estimates of the
42 evaluation of the predictive value of the model: average bias (- 0,419 kg/d), coefficient
43 of determination (0,029), person's correlation coefficient (0,17; $P = 0,051$), mean square
44 error of prediction ($11,844 \pm 20,034$), model efficiency factor (- 0,081), coefficient of
45 determination (4,1032), and bias correction factor (0,767). The comparison between
46 DMI_{Obs} and DMI_{Pred} values showed overestimating tendency of the predictions
47 demonstrated by the robust regression fit of the simple linear no intercept model. The
48 robust estimate of standard error of the robust regression was 3,26 kg/d, and by
49 considering the average value of 12,28 kg/d for DMI_{Obs} , the ratio between these two
50 estimates is an indicator of the magnitude of the variability, i.e., 26,55%. The plot of the

51 unit normal deviate of the errors as a function of DMI_{Pred} showed no overall bias, and
52 therefore the independent variables chosen could be considered sufficient. Nevertheless,
53 the model predicted with satisfactory accuracy, but with low precision.

54

55 Key Words: empirical evaluation, intake, predictive power, tropical forages

56

57

Introdução

58 O conhecimento do consumo de matéria seca (CMS) é extremamente importante
59 na nutrição porque define a quantidade de nutrientes disponíveis para os animais.
60 Determinar o CMS com exatidão evita a sub ou superalimentação. A subalimentação
61 limita a produção, enquanto a superalimentação aumenta o custo alimentar e pode
62 resultar em maior excreção de nutrientes para o ambiente (NRC, 2001).

63 Os vários fatores que afetam o CMS têm sido considerados nas suas
64 determinações ou predições. Dentre eles estão o enchimento físico do rúmen, além de
65 alguns outros fatores relacionados ao *feedback* metabólico ou à demanda por nutrientes
66 (NRC, 2001).

67 A distensão física do rúmen é fator importante no controle do consumo
68 voluntário, em particular no que tange às dietas constituídas exclusivamente de
69 volumosos, principalmente aquelas constituídas por forrageiras tropicais. Nas dietas
70 ricas em concentrado, a regulação do consumo é atribuída, principalmente, aos
71 mecanismos quimiostáticos (Mertens, 1992; Van Soest, 1994). Além da complexidade
72 inerente às teorias acerca da regulação do CMS, existem outros fatores relacionados à
73 fisiologia e à habilidade sensorial do animal (Baumont, 1996).

74 Os modelos matemáticos do NRC (*National Research Council*, 2001) e do
75 CNCPS (*Cornell Net Carbohydrate and Protein System*; Tylutki et al., 2008)

76 possibilitam a predição do CMS para vacas leiteiras. Para tanto, são utilizadas
77 informações dos animais, do ambiente de criação e do manejo como dados de entrada
78 (*inputs*) para os cálculos. Contudo, a realização de estudo comparando as estimativas de
79 CMS obtidas por esses modelos não se justifica, pois o CNCPS utiliza como base as
80 equações do NRC (2001) para estimar o CMS (Tylutki et al., 2008).

81 Entretanto, percebemos a escassez na literatura de trabalhos que tenham avaliado
82 o poder preditivo do NRC (2001) para prever o CMS para dietas em que predominem as
83 forrageiras tropicais sob pastejo rotacionado, com pequena ou nenhuma oferta de
84 concentrado para as vacas. Esta importante ferramenta de predição é uma grande aliada
85 no balanceamento de suplementos e no planejamento de projetos de produção de leite a
86 pasto. Nesse sentido, é necessário o aprimoramento e a busca por metodologias que
87 melhor se apliquem a esta demanda. Dessa forma, objetivou-se, com o presente
88 trabalho, avaliar o poder preditivo do modelo do NRC na estimação do CMS por vacas
89 mestiças manejadas em pastagens tropicais.

90

91 **Materiais e Métodos**

92 Foi efetuada uma análise conjunta de dados oriundos de cinco estudos (Fukomoto,
93 2007; Porto et al., 2009; Chambela neto, 2007; Favoreto et al., 2008; Santos, 2011) com
94 vacas mestiças em lactação, em sistema de pastoreio rotacionado utilizando-se
95 forrageiras tropicais, sendo estes realizados nos Campos Experimentais de Coronel
96 Pacheco (município de Coronel Pacheco – MG) e de Santa Mônica (município de
97 Valença – RJ), ambos pertencentes à Embrapa Gado de Leite. Esses estudos foram
98 realizados em áreas apropriadamente cultivadas com três forrageiras tropicais (Tabela
99 1): a grama Estrela Africana (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst var. *nlemfuensis*), o
100 capim Tanzânia (*Urochloa maxima* (Jacq.) R. Webster) e o capim Marandu (*Urochloa*

101 *brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R. Webster). As coletas de dados dos referidos estudos
102 ocorreram durante a época das chuvas (novembro a abril), entre os anos de 2003 e 2010.

103 As observações contidas nos estudos supracitados consistem de $n = 132$
104 estimativas individuais do consumo de matéria seca (CMS_{Obs} , Tabela 1) obtidas por
105 meio da metodologia do indicador externo óxido crômico (Cr_2O_3). Essas estimativas
106 serviram de referência para avaliação das predições (*outputs*) do consumo de matéria
107 seca ($CMS_{Pred.}$) gerados por meio da operação do modelo de equações matemáticas
108 do NRC (2001). Foi utilizado, para tanto, o *software* que acompanha a referida
109 publicação. Inicialmente, foram fornecidos os *inputs* (Tabela 1) referentes aos animais
110 utilizados para predição do CMS (peso vivo, produção diária de leite, teor de gordura do
111 leite e o tempo em lactação).

112 Posteriormente, também foram fornecidos, ao modelo *inputs*, adicionais que não
113 são utilizados na predição do consumo, mas são necessários para a operacionalização do
114 *software* (vacas mestiças Holandês X Gir de diferentes sangue, com idade ao primeiro
115 parto e intervalo entre partos de 26 e 14 meses, respectivamente, não prenhes, sem
116 sofrer alteração da massa corporal, caminhando aproximadamente 500 m, em terreno
117 plano, duas vezes por dia até o centro de ordenha e com 48.5 g/kg de lactose no leite).

118 As medidas empregadas para avaliação do poder preditivo do modelo foram
119 estimadas segundo os procedimentos sugeridos por Tedeschi (2006). Elas incluem a
120 comparação entre os valores observados e preditos para a quantificação do coeficiente
121 de determinação (r^2), do quadrado médio do erro de predição (MSEP), da magnitude do
122 possível viés médio (MB), do fator de eficiência do modelo (MEF), do coeficiente de
123 determinação do modelo (CD) e da acurácia do modelo (C_b).

124 Foram utilizados procedimentos de regressão linear robusta para a verificação da
125 aderência dos valores observados aos valores preditos em relação à linha de unidade, em
126 que Y é igual a X (Rousseeuw & Leroy, 1987).

127

128 Tabela 1. Dados de entrada para as predições do consumo de matéria seca por estudo

Estudo	N	P _A	n	F	T _e (°C)	Idade (anos)	Lactação	T _L (dias)	Concentrado (g/dia)	CMS _{Obs} (g/d)		PV (kg)		PL (kg/d)		G _L (g/kg)		P _L (g/kg)		ECC	
										\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
										I	10	1	10	E	21,4	5	3	75	1792	10517	1390
	30	1	10	E	23,2	5 a 9	1 a 5	75	1895	8327	2867	474	77	14,3	2,7	34	-	33	0	3,2	0,6
II		1	10	T						9839	1841	490	71	14,2	3,1	36	-	32	0	2,8	0,4
		1	10	M						8753	2140	467	56	14,0	3,0	36	-	32	0	2,9	0,3
	24	1	8	T	23,2	5 a 6	3 a 4	120	1866	15546	2081	497	70	9,4	1,3	38	-	32	0	1,9	0,2
III		1	8	E						13717	1430	492	45	9,6	1,6	36	-	31	0	2,1	0,2
		1	8	M						14140	1446	508	79	9,4	1,6	36	-	32	0	2,4	0,2
	24	1	8	T	23,8	2 a 7	1 a 5	60	1792	17025	2105	438	46	11,2	1,6	36	03	28	2	2,4	0,3
		1	8	E						12366	1609	447	39	9,3	2,2	37	03	27	1	2,3	0,3
IV		1	8	M						13850	1568	443	40	11,0	3,3	37	05	27	3	2,4	0,3
		2	8	T	21,9			120	0	13505	2023	448	44	7,7	2,0	40	03	30	2	2,4	0,2
		2	8	E						10637	1067	454	40	7,2	2,4	41	01	29	2	2,3	0,2
		2	8	M						10913	1002	451	33	7,8	3,1	39	06	29	3	2,4	0,1
V	20	1	10	T	23,0	5	3	60	1780	13810	3631	486	48	15,0	1,8	38	05	30	2	2,8	0,3
		2	10					90		13557	4758	473	48	12,6	2,4	38	08	29	3	2,7	0,3

129 N é o número de animais, P_A os períodos da mesma lactação avaliados, n o número de observações registradas, F representa a forrageira, T_e a temperatura
130 média do ar, T_L o tempo em lactação, CMS_{Obs} o consumo de matéria seca total observado, PV o peso vivo, PL a produção de leite observada, G_L a gordura
131 do leite, P_L a proteína do leite, ECC o escore de condição corporal, E a grama estrela, T o capim Tanzânia, M o capim marandu, I Favoreto et al. (2008), II
132 Chambela Neto (2007), III Fukumoto (2007), IV Porto et al. (2009) e V Santos (2011).

133 **Resultados e Discussão**

134 Foram encontrados valores de CMS_{Pred} ($12,7 \pm 1,6$ kg/d), pelo modelo avaliado,
135 semelhantes aos de CMS_{Obs} ($12,3 \pm 3,3$ kg/d) obtidos com a metodologia dos indicadores
136 para estimar o consumo de pasto. Este fato se confirma por meio das estimativas obtidas
137 das medidas de precisão dos modelos, dentre elas, o viés médio ($MB = -0,419$ kg/d), que
138 verifica a uniformidade da distribuição dos pontos em torno da linha de unidade $Y = X$.
139 Quanto mais próximo de zero, menor o MB. Neste estudo, seu pequeno valor negativo
140 denota comportamento geral de superestimação do CMS_{Pred} por parte do modelo do NRC.

141 No entanto, seu valor absoluto representa apenas 3,4% do CMS_{Obs} . Contudo, o
142 pequeno coeficiente de determinação ($r^2 = 0,029$) e o coeficiente de correlação $r = 0,17$ (P
143 $= 0,051$) denotam fraca evidência de associação entre as variáveis, que permitem
144 identificar uma baixa precisão do modelo NRC em antecipar o consumo voluntário de
145 matéria seca, dentro do intervalo estudado.

146 O quadrado médio do erro de predição ($MSEP = 11,844 \pm 20,034$), que corresponde
147 à diferença entre os valores observados e os valores preditos pelo modelo, é um indicador
148 de variabilidade dos dados e, no caso em questão, é mais uma evidência da baixa precisão
149 das predições. O fator de eficiência do modelo ($MEF = -0,081$), que o quão mais próximo
150 de um, melhor é o modelo, pode variar de menos infinito a um e, nesse caso, denota
151 valores piores de predição do modelo. O coeficiente de determinação do modelo mede a
152 proporção da variância total predita pelo modelo e, nesse caso, o quanto mais próximo da
153 unidade, melhor é o modelo.

154 No entanto, dada a magnitude de sua estimativa para o modelo NRC, i.e. $CD =$
155 $4,103$, fica evidente a fraqueza do poder preditivo do modelo NRC em predizer com maior
156 precisão o CMS_{Obs} . O fator de correção do viés ($C_b = 0,767$), que pode variar de zero a um,
157 indica o quanto a linha de regressão linear entre os valores observados e os preditos

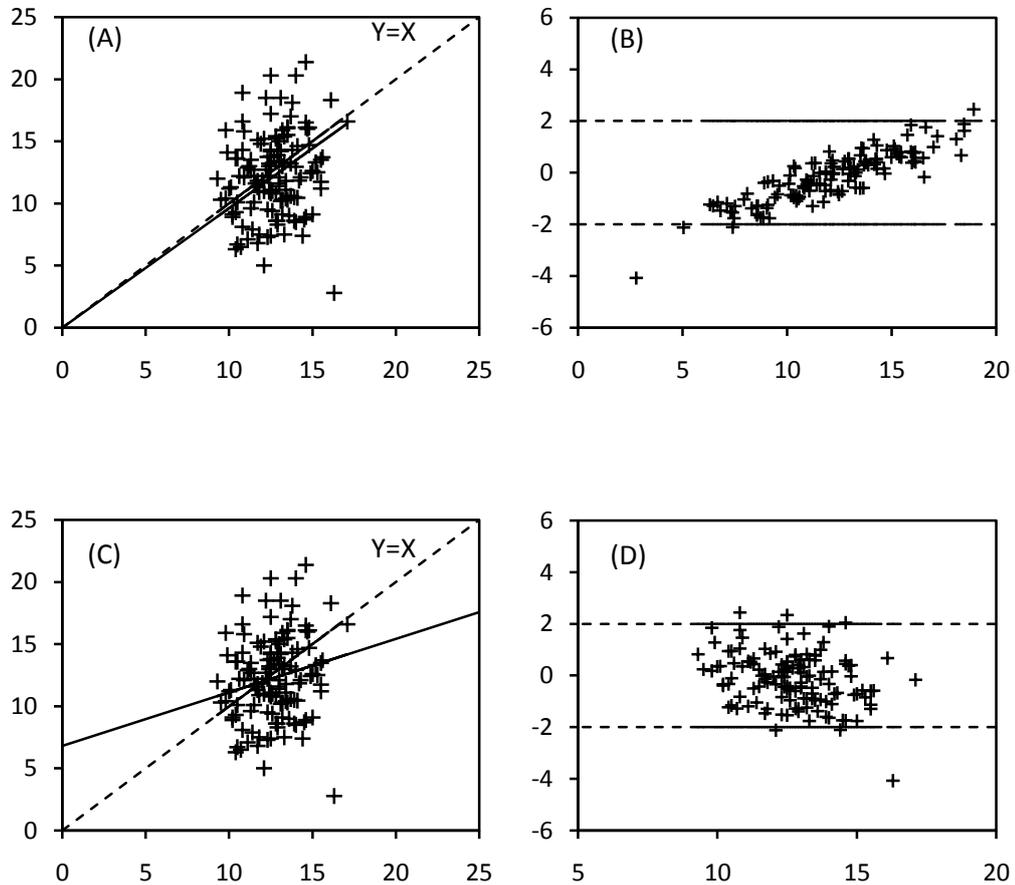
158 desviou-se do coeficiente angular da linha de unidade ($Y = X$). Quando $C_b = 1$, nenhum
159 desvio a partir da linha de unidade ocorre.

160 A comparação entre os valores observados (Y) e preditos (X) permitiu identificar a
161 tendência de superestimação das predições do modelo avaliado para as condições
162 analisadas se considerado o ajuste por meio de regressão robusta para o modelo linear
163 simples sem intercepto (Figura 1A). Na Figura 1B foi contrastada a unidade normal de
164 desvio do erro (s), obtida, segundo Draper & Smith (1966), em função do CMS_{Obs} . O que
165 se pode depreender é que existe uma tendência geral de superestimação dos valores
166 menores que 12 kg/d e de subestimação de valores acima desse ponto. Há uma visível
167 tendência das unidades normais de desvio do erro dispersas em função do CMS_{Obs} . Apesar
168 de a existência dessa tendência indicar o viés geral do modelo, aproximadamente 96% dos
169 desvios encontram-se entre -2 e 2.

170 No entanto, a dispersão tendenciosa é um indicador de que a dispersão dos desvios
171 ao longo do consumo observado não segue um padrão aleatório ou uma distribuição
172 normal, conforme é recomendado para um bom modelo de predição (Mitchell, 1997;
173 Mitchell & Sheehy, 1997). A Figura 1C ilustra a dispersão dos dados sobre o CMS_{Obs} em
174 função do CMS_{Pred} e contém, ainda, a regressão linear robusta para a qual foram estimados
175 o intercepto e a inclinação do modelo linear simples. Essas estimativas também são
176 indicadores da tendenciosidade geral nos valores preditos. O desvio padrão residual da
177 regressão robusta foi de 3,26 kg/d. O quociente entre esse desvio padrão da regressão e o
178 valor médio de 12,28 kg/d para o CMS_{Obs} nos permite ter uma ideia da variabilidade ou da
179 dispersão dos dados, i.e. 26,55%.

180 Na Figura 1D, pode-se depreender que, apesar da variabilidade existente (Figura 1A
181 e 1B), a dispersão da unidade de desvio normal do erro em função do CMS_{Pred} não
182 apresentou viés geral e 96 % dos desvios encontram-se no intervalo entre -2 e 2. Tal

183 critério permite verificar a existência da possível influência de outras variáveis não
 184 constantes no modelo (Draper & Smith, 1966; Mitchell, 1997).



185

186

187 Figura1 – Comparação entre os valores observados (Y) e preditos (X), em que a linha
 188 tracejada representa a linha de unidade e, a linha sólida, a estimativa de regressão
 189 robusta para o modelo sem intercepto (Painel A). A estimativa robusta para o
 190 coeficiente de regressão foi de $0,969 \pm 0,023$ ($P < 0,001$). No painel B pode-se
 191 observar o contraste entre a unidade normal de desvio do erro dispersa em função
 192 do CMS_{Obs} . O painel C contém a dispersão do CMS_{Obs} em função do CMS_{Pred} e,
 193 ainda, a regressão linear robusta, para a qual foram estimados o intercepto e a
 194 inclinação do modelo linear. No painel D encontra-se a dispersão da unidade
 195 normal de desvio do erro dispersa em função do CMS_{Pred} .

196 Conforme é possível depreender do exposto anteriormente, a partir da variabilidade
197 das predições obtidas e da possibilidade de haver influência de outras variáveis não
198 constantes no modelo em operação no mundo real, ressalva-se que a equação de predição
199 do CMS para vacas em lactação utilizada pelo NRC (2001) não considera nenhuma
200 característica do alimento ou do ambiente de produção. Dentre essas características estão
201 os teores de umidade e de FDN dos alimentos, além da temperatura ambiente.

202 As condições experimentais nas quais os estudos aqui avaliados foram realizados
203 corroboram com algumas teorias referentes aos alimentos e ao ambiente de criação,
204 discutidas pelo próprio NRC (2001). Devemos considerar que as dietas ofertadas aos
205 animais avaliados pelo presente trabalho possuíam alta proporção de forragem, ou seja, o
206 pasto (Tabela 1), cujo teor de umidade é, em geral, elevado (770 a 870 g/kg). A umidade
207 pode ter efeito depressivo sobre o CMS dos animais (NRC, 2001), pois esta publicação
208 relata que, em alguns estudos, foi observada uma relação negativa entre o CMS e dietas
209 ricas em umidade, além de citar redução no CMS total de 0,2 g/kg do peso vivo para cada
210 aumento de 10 g/kg no teor umidade da dieta para valores totais acima de 500 g/kg ao
211 serem incluídos alimentos fermentados na dieta. Holter & Urban (1992) revisaram dados
212 de 329 vacas lactantes alimentadas com dietas que variaram de 300 a 700 g/kg no teor de
213 MS e constataram que o CMS não diminuía quando os teores alimentares de MS eram
214 inferiores a 500 g/kg.

215 O NRC ainda aponta que quando vacas recebem dietas idênticas em composição
216 acrescidas de água (780 a 400 g/kg de MS), observa-se aumento do CMS com o aumento
217 da MS na dieta e que, o CMS, não foi afetado por imersão de misturas de grãos em água de
218 forma que o teor de MS diminuísse de 600 para 450 ou 350 g/kg de MS (ROBINSON *et*
219 *al.*, 1990). No NRC (2001), consta, ainda, que as revisões sobre a relação entre o conteúdo

220 de MS da dieta e o CMS são conflitantes e que não há definição do teor ideal de MS da
221 dieta que venha a maximizar o CMS.

222 Para a influência do teor de FDN dietético sobre o CMS, o NRC cita que Mertens
223 (1994) sugeriu a utilização da FDN na predição do CMS e que elevadas concentrações de
224 FDN na dieta limitam o CMS por meio da repleção ruminal. Particularmente, em
225 condições de baixa concentração de energia, como foi o caso do presente estudo, no qual
226 as dietas avaliadas possuíam elevada proporção em forragem (Tabela 1), com teores de
227 FDN que variaram entre 640 e 720 g/kg. Ainda corroborando com o discutido pelo NRC,
228 de maneira geral, observou-se declínio do CMS causado pela repleção ruminal quando
229 ocorreu aumento da concentração de FDN na dieta, especialmente quando este teor na
230 dieta ultrapassou 250 g/kg.

231 Além disso, o tamanho das partículas, a sua digestibilidade e a taxa de passagem pelo
232 rúmen-retículo também podem afetar o CMS (Welch, 1982). A utilização da FDN como
233 uma variável em modelos de predição do CMS foi examinada em dois estudos. Rayburn &
234 Fox (1993) concluíram que a predição do consumo foi mais precisa e menos tendenciosa
235 quando a FDN da dieta, especialmente aquela pertencente às forrageiras, foi incluída em
236 um modelo com peso vivo, produção de leite corrigida para 40 g/kg de gordura e dias em
237 lactação. No entanto, para a predição do CMS de vacas em lactação alimentadas com
238 dietas ricas em energia, contendo teor de FDN entre 250 a 420 g/kg de MS, foram
239 contabilizadas variações do CMS inferiores a 10 g/kg, devido a FDN (Roseler et al., 1997).
240 A dominância de um mecanismo de controle de consumo sobre o outro pode estar
241 associada à qualidade da dieta em termos de conteúdo energético e digestibilidade, mas sua
242 correlação com o consumo poderá ser positiva ou negativa.

243 Sob dietas de alta digestibilidade, o consumo será tanto menor quanto mais digestível
244 for o alimento, pois o animal terá atendido suas exigências energéticas com menores níveis

245 de consumo (Van Soest, 1994). Nos trópicos, onde os ruminantes são alimentados
246 predominantemente com forragens menos digestíveis se comparadas às de clima
247 temperado, o controle físico do consumo é ainda mais pronunciado. Portanto, são
248 recomendadas, para as avaliações do consumo potencial de MS de plantas forrageiras,
249 estimativas a partir da repleção física do rúmen provocada pelo volumoso estudado
250 (Madsen et al., 1997). Assim sendo, a inexistência das características dos alimentos na
251 equação de predição do CMS para vacas em lactação pode indicar uma lacuna para uma
252 provável carência preditiva do modelo, particularmente, quando o mesmo é empregado em
253 condições semelhantes às avaliadas no presente estudo.

254 As temperaturas médias do ar nos estudos analisados que compõem o presente
255 trabalho (Tabela 1) foram ligeiramente superiores àquelas da zona de conforto térmico para
256 vacas leiteiras especializadas (5 a 20 °C). Entretanto, ao observar a Figura 1-3 do NRC
257 (2001, p.7) e a amplitude de variação dos dados empregados (aproximadamente entre 2 e
258 16 kg/d) para a avaliação empírica da equação de predição do modelo, podemos constatar
259 que o efeito da temperatura nos estudos que compõem o presente trabalho pode não ter
260 influenciado de forma consistente o CMS_{Obs} .

261 No modelo avaliado também não foi considerado o efeito da temperatura e/ou da
262 umidade relativa do ar na predição do CMS de vacas em lactação, devido à insuficiência de
263 informações no banco de dados do NRC (2001), que contém registros de animais fora da
264 zona de conforto térmico; o que inviabilizaria a inferência das predições. Esta pode ser
265 outra possível lacuna na qual o modelo não produz predições acuradas, o que reduz a
266 confiabilidade das predições do modelo em situações diferentes as das quais os dados de
267 origem foram gerados e utilizados para a estimação de parâmetros do modelo. Tais fatos
268 demonstram a necessidade de mais estudos para a avaliação das predições do CMS

269 segundo o NRC (2001) para animais fora da zona de conforto térmico e em regime de
270 produção de leite em pastos tropicais manejados de forma intensiva.

271

272

Conclusões

273 Nas condições avaliadas neste estudo, o modelo de predição do consumo de matéria
274 seca em uso no NRC para vacas leiteiras produz predições com satisfatória exatidão;
275 porém, com baixa precisão. Existe a necessidade de realização de mais estudos visando a
276 aplicabilidade do modelo para predição do CMS, sobretudo em condições tropicais, em
277 que, durante o período chuvoso do ano, ocorrem temperaturas do ar superiores as da zona
278 de conforto térmico, e os animais recebem dietas com elevada proporção de forrageiras, ou
279 seja, pasto que apresenta elevado teor de umidade e fibra.

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

Referências Bibliográficas

- 299 BAUMONT, R. Palatability and feeding behavior in ruminants. **A Review Ann. Zootech.**
 300 v.45, p.385-400, 1996.
- 301 CHAMBELA NETO, A. **Avaliação Nutricional de Três Gramíneas Tropicais e do**
 302 **Desempenho de Vacas Leiteiras sob Pastejo Rotativo.** 2007. 49f. Dissertação
 303 (Mestrado em Ciência Animal) Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy
 304 Ribeiro, Campos dos Goytacazes – RJ.
- 305 DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied Regression Analysis.** New York: Jonh Willey e
 306 Sons. 1966. p.88. 407p.
- 307 FAVORETO, M. G.; DERESZ, F.; FERNANDES, A. M. et al. Avaliação nutricional da
 308 grama-estrela cv. Africana para vacas leiteiras em condições de pastejo. **Revista**
 309 **Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.319-327, 2008.
- 310 FUKUMOTO, N. M. **Desempenho Produtivo de Vacas Holandês x Zebu em Pastagens**
 311 **de Gramíneas Tropicais sob Lotação Rotacionada.** 2007. 74f. Tese (Doutorado em
 312 Zootecnia) Universidade Estadual de Maringá, Maringá – PR, 2007.
- 313 HOLTER, J. B.; URBAN. W. E. Water partitioning and intake prediction in dry and
 314 lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science** v.75, p.1472-1479. 1992.
- 315 MADSEN, J.; HVELPLUND, T.; WEISBJERG, M. R. Appropriate methods for
 316 evaluation of tropical feeds for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**,
 317 v.69, n.2, p.53-66. 1997.
- 318 MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR., G. C. (Ed.). **Forage**
 319 **Quality Evaluation and Utilization.** Madison: American Society of Agronomy; Crop
 320 Science Society of America; Soil Science of America, 1994. p.450-493.
- 321 MERTENS, D. R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação e formulação de rações.
 322 In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, REUNIÃO ANUAL DA
 323 SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras:
 324 Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1992. p.188-219.
- 325 MITCHELL, P. L.; SHEEHY, J. E. Comparison of predictions and observations to access-
 326 mode performance: a method of empirical validation. In: KROPFF, M. J.; TENG, P. S.;
 327 AGGARWAL, P. K. et al. (editors) **Applications of Systems Approaches at the Field**
 328 **Level,** Dordrecht, The Netherlands (Kluwer; Proceedings of the Second international
 329 Symposium on Systems Approaches for Agricultural Development (SAAD2),
 330 International Rice Research Institute, Philippines, December 1995). p.437-451, 1997.
- 331 MITCHELL, P. L. Misuse of Regression for Empirical Validation of Models.
 332 **Agricultural Systems**, v.54, n.3, p.313-326, 1997.
- 333 NATIONAL RESEARCH COUNCIL, **Nutrient Requirements of Dairy Cattle.** 7th rev.
 334 ed. National Academy of Sciences, Washington, D.C. 2001.
- 335 PORTO, P. P.; DERESZ, F.; SANTOS, G. T. et al. Produção e composição química do
 336 leite, consumo e digestibilidade de forragens tropicais manejadas em sistema de lotação
 337 intermitente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1422-1431, 2009.
- 338 RAYBURN, E. B.; FOX, D. G. Variation in neutral detergent fiber intake of Holstein
 339 cows. **Journal of Dairy Science.** v.76, p.544-554, 1993.
- 340 ROBINSON, P. H.; BURGESS, P. L.; MCQUEEN, R. E. Influence of moisture content
 341 of mixed rations on feed intake and milk production of dairy cows. **Journal of Dairy**
 342 **Science**, v.73, p.2916-2921, 1990.
- 343 ROSELER, D. K.; FOX, D. G.; PELL, A. N. et al. Evaluation of alternative equations for
 344 prediction of intake for Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science.** v.80, p.864-
 345 877, 1997.

- 346 ROUSSEEUW, P. J.; LEROY, A. M. **Robust Regression and Outlier Detection.**
347 ROBUST REGRESSION AND OUTLIER DETECTION. New York: Wiley. 1987.
348 329 p.
- 349 SANTOS, C. O. **Valor Nutricional do Capim Tanzânia (*Urochoa Mamima*) para Vacas**
350 **em Lactação sob Pastoreio Rotacionado.** 2011. 45p. Dissertação (Mestrado em
351 Ciência Animal) Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos
352 dos Goytacazes – RJ.
- 353 TEDESCHI, L. O. Assessment of the adequacy of mathematical models. **A Review**
354 **Agricultural Systems**, v.89, p.225-247, 2006.
- 355 TYLUTKI, T. P.; FOX, D. G.; DURBAL, V. M. et al. Cornell Net Carbohydrate and
356 Protein System: A model for precision feeding of dairy cattle. **Animal Feed Science**
357 **and Technology** v.143, p.174-202, 2008.
- 358 VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant.** Ithaca: 2nd ed., Cornell
359 University Press, 1994. 476p.
- 360 WELCH, J. G. Ruminant, particle size and passage from the rumen. **Journal of Dairy**
361 **Science**, v.54, p.885-894, 1982.