

PATRÍCIA REGINA DE SOUZA SIQUEIRA CAMPOS

**ESTIMATIVAS DO VALOR ENERGÉTICO E DA TAXA DE DEGRADAÇÃO  
DA FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO DE ALGUNS VOLUMOSOS EM  
OVINOS**

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

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL

2004

PATRÍCIA REGINA DE SOUZA SIQUEIRA CAMPOS

ESTIMATIVAS DO VALOR ENERGÉTICO E DA TAXA DE DEGRADAÇÃO DA  
FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO DE ALGUNS VOLUMOSOS EM OVINOS

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

Aprovada: 27 de agosto de 2004.

---

Prof. Paulo Roberto Cecon  
(Conselheiro)

---

Prof. Sebastião de C. Valadares Filho  
(Conselheiro)

---

Prof. Edenio Detmann

---

Prof. Odilon Gomes Pereira

---

Prof<sup>a</sup>. Maria Ignez Leão  
(Orientadora)

A Deus, por iluminar meus caminhos  
Aos meus pais, Ubirajara e Alba Regina, pelo amor e exemplo  
Ao meu irmão, André Luiz, pelo carinho  
A minha avó, Alayde, pelas orações

## **DEDICO**

Aos Professores, Sebastião de Campos Valadares Filho e Maria Ignez Leão, pelo grande exemplo, como forma de agradecimento por terem aceito o desafio de me orientar e por serem sensíveis às minhas limitações do início ao fim

## **OFEREÇO**

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, Pai Maior.

À Minha Família, Mamãe, Papai, Mano, pelo amor incondicional e apoio na realização dos meus sonhos.

Aos meus amados, Vovó Lalá, Vô Souza (em memória), Vó Maria Jovelina (em memória), Vô Mocyr (em memória), pelo carinho e pelas orações.

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade do curso.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudo e pelo financiamento parcial desta pesquisa.

A Professora Maria Ignez Leão, pela orientação, pela amizade e pelo exemplo de vida.

Ao Professor Sebastião de Campos Valadares Filho, pela co-orientação, pela confiança e pelos ensinamentos.

Ao Professor Odilon Gomes Pereira, pela amizade, boa convivência e pelo apoio nos momentos difíceis.

Ao Professor Paulo Roberto Cecon, pela boa vontade e bom humor no auxílio das análises estatísticas.

À Professora Rilene Ferreira Diniz Valadares, pelo aconselhamento.

Ao Professor Edenio Detmann, pela boa conversa e pelas válidas sugestões para aperfeiçoamento desta dissertação.

Aos funcionários do Laboratório Animal, Joélcio, Marcelo, José Geraldo e Nataniel, pelo auxílio na condução do experimento e pela agradável convivência.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal, Monteiro, Fernando, Vera Lúcia, Valdir e Wellington, pela presteza no atendimento.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, em especial a Secretária Maria Celeste, por ser atenciosa e sensível às necessidades dos alunos.

Aos Professores Fernando Queiroz de Almeida e Marco Aurélio Lopes, pela amizade e pelo exemplo de dedicação à pesquisa científica.

Aos estagiários Shirley Motta e Bruno Lucchi, pela dedicação, paciência e amizade.

Aos meus familiares, Dindinho Galba, Dindinha Beth, Ricardo, Tia Lena, Tia Emi, Vó Elza, Beth, Mendonça, Tio Beto, pelo apoio e carinho.

Aos amigos, Elza Maria, Família Oliva, Angela Regina, Dona Hélia, Tio Luis Bizarro e Tia Berenice, pelo pensamento positivo.

Aos amigos, Paulinho, Maurício, Teco, Di, Flávio, Rafa, Júnior, Antônio Rafael, Cássio, Fernando (Eqüideo), Felipe e Olívia, pelos momentos alegres que compartilhamos.

Aos amigos, Claudson, Karla, Karina e Luis Ernesto, por me fazerem acreditar na verdadeira amizade.

Ao amigo, Reinaldo, pelo carinho de irmão e pela agradável companhia de todas as horas.

Aos amigos cariocas, Mariana, Fernanda, Flávia Areias, Renato, Braga, Flavinha, Anderson, que apesar da distância não, deixaram de fazer parte da minha vida.

A todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para que esta etapa da minha vida fosse cumprida com sucesso.

Muito Obrigada.

## **BIOGRAFIA**

PATRÍCIA REGINA DE SOUZA SIQUEIRA CAMPOS, filha de Ubirajara Siqueira Campos e Alba Regina de Souza Campos, nasceu no Rio de Janeiro, RJ, em 21 de julho de 1978.

Em maio de 2002, graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa.

Em setembro de 2002, iniciou o Curso de mestrado em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Ruminantes, submetendo-se à defesa de tese em 27 de agosto de 2004.

## CONTEÚDO

	Página
RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	x
INTRODUÇÃO .....	1
LITERATURA CITADA.....	4
ARTIGO 1 – Estimativa do valor energético de diferentes volumosos através da composição química.	
Resumo .....	6
Abstract .....	7
Introdução .....	8
Material e Métodos .....	10
Resultados e Discussão .....	15
Conclusões.....	23
Literatura Citada .....	24
ARTIGO 2 – Estimativa da taxa de degradação da fibra em detergente neutro da cana-de-açúcar e das silagens de capim-elefante, de milho e de sorgo em bovinos e ovinos.	
Resumo .....	27
Abstract .....	28
Introdução .....	29
Material e Métodos .....	31
Resultados e Discussão .....	35

Conclusões.....	44
Literatura Citada .....	45

## RESUMO

CAMPOS, Patrícia Regina de Souza Siqueira, M.S., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2004. **Estimativas do valor energético e da taxa de degradação da fibra em detergente neutro de alguns volumosos em ovinos.** Orientador: Maria Ignez Leão. Conselheiros: Sebastião de Campos Valadares Filho e Rilene Ferreira Diniz Valadares.

O presente trabalho foi desenvolvido a partir de dois experimentos. O primeiro teve como objetivo avaliar o consumo, a digestibilidade dos nutrientes e o teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) da cana-de-açúcar e das silagens de capim-elefante, de milho e de sorgo em ovinos, bem como estimar o teor de NDT destes alimentos através das equações propostas pelo NRC (2001). Foram utilizados 20 ovinos distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos (volumosos) e cinco repetições (animais). A determinação da digestibilidade dos nutrientes foi realizada através da coleta total de fezes, e a comparação dos valores de NDT observados e estimados foi efetuada por intermédio do ajuste do modelo de regressão linear simples dos valores estimados sobre os observados. Os ovinos alimentados com as silagens consumiram maiores quantidades ( $P < 0,05$ ) de nutrientes do que os alimentados com cana-de-açúcar, não havendo diferença ( $P > 0,05$ ) para o consumo de NDT entre as silagens. As digestibilidades aparentes da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e energia bruta não diferiram ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos. Houve diferença significativa entre os valores estimados e observados de NDT e das frações digestíveis da PB, do EE, da FDN e dos CNFs ( $P < 0,05$ ). Conclui-se

que as equações propostas pelo NRC (2001) mostraram-se inadequadas para estimar o valor energético dos volumosos para ovinos. No segundo experimento, foi estimada a taxa de degradação da FDN através da degradabilidade *in situ* dos volumosos em diferentes tempos de incubação, tamanhos de partícula (1 e 2 mm) e espécies animais (ovina e bovina), utilizando três carneiros, SRD; e dois bovinos Holandeses, dotados de cânulas ruminais. A DgFDN obtida nos tempos de incubação: 3, 6, 12, 24, 36, 48, 72, 96, 120, 144 e 240 horas, além do tempo zero, foi calculada segundo o modelo matemático proposto por Mertens & Loften (1980). A avaliação do efeito dos tamanhos de partículas e das espécies na degradabilidade da FDN foi analisada por meio do teste de verificação de identidade de modelos de regressão não-linear e interpretados por intermédio de análise de fatores (*factor analysis*). As taxas de degradação da FDN ( $k_d$ ) também foram estimadas segundo a técnica descrita por Van Amburgh et al. (2003), utilizando-se apenas de dois tempos de incubação *in situ* (tempos 6 e 24h ou 6 e 36h), e foram comparadas com os valores de  $k_d$  preditos na experimentação *in situ*, os valores de  $k_d$  estimados pelas duas técnicas foram comparados pelo teste “t” para dados emparelhados. A análise de fatores mostrou que há pouca interferência do tamanho de partícula nos parâmetros de degradação, e que em estudos de degradabilidade *in situ* da FDN, os ovinos não podem ser considerados como modelos experimentais para bovinos. Os valores de  $k_d$  estimados com os tempos de incubação de 6 – 24 horas e 6 - 36 horas mostraram-se similares ( $P>0,05$ ) aos obtidos como 11 tempos de incubação, demonstrando que a técnica proposta por Van Amburgh (2003) é adequada para estimar a taxa de degradação para volumosos.

## ABSTRACT

CAMPOS, Patrícia Regina de Souza Siqueira, M.S., Universidade Federal de Viçosa, August of 2004. **Energetic value and digestion rates estimatives of neutral detergent fiber of some forages in sheep.** Advisor: Maria Ignez Leão. Committee Members: Sebastião de Campos Valadares Filho and Rilene Ferreira Diniz Valadares.

The present work was based on two experiments. The objectives of the first trial were to evaluate the nutrients intake, apparent digestibility of nutrients and total digestible nutrients (TDN) levels of the sugar-cane and silages composed by elephantgrass, corn and sorghum. The TDN values were predict through equations proposed by NRC (2001). Twenty sheeps were distribute in a randomized design into four treatments (feedstuffs) with five repetitions (animals). The apparent digestibility of the nutrients was take by total collection of feces technique. To compare predicted TDN values with *in vivo* TDN values data were adjust at a linear regression model. Sheeps fed with the silages consumed larger amounts ( $P < 0.05$ ) of nutrients than those fed with sugar-cane, not having difference ( $P > 0.05$ ) for the TDN intake among the silages. The apparent digestibility of the dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), ethereal extract (EE) didn't differ ( $P > 0.05$ ) among the treatments. There was not significant difference between predicted and *in vivo* TDN values ( $P < 0.05$ ). Whereas digestible fractions estimated by NRC (2001) equations differ ( $P < 0.05$ ). In this trial was end that equations proposed by NRC (2001) were not suitable to predict energetic value

of tropical forages. In the second experiment, digestion rates of neutral detergent fiber (NDF) were predicted by *in situ* method with different time points, sample grind sizes and animals species. The Feedstuffs were incubated into eleven times: 3, 6, 12, 36, 48, 72, 96, 120, 144, 240 h, into 2 cattle and 3 sheep rumen canulated, NDF data were fitted according the mathematical model proposed by Mertens & Loften (1980). The effect of sample grind sizes and of the species in NDF degradability was analyze through the test of verification of identity of models of no-lineal regression and interpreted by factor analysis. The rates of degradation of NDF ( $k_d$ ) were also predicted according to the technique described by Van Amburgh et al. (2003), being just used of two times of incubation *in situ* (times 6 and 24:00 or 6 and 36:00), and they were compared with the  $k_d$  values estimated by *in situ* experimentation, through the “t” statistical test. The factor analysis showed that there is little interference of particle size in degradation parameters; in addition, at NDF degradation studies sheeps should not be use as experimental model for cattle. The  $k_d$  values predicted by incubation times 6-24h and 6 – 36 h and estimated by different time points incubation were shown similar ( $P>0.05$ ).

## INTRODUÇÃO

O conhecimento da composição química dos alimentos e da sua digestibilidade é fundamental para a formulação de dietas balanceadas que possibilitem aos animais expressar o máximo de seu potencial produtivo. Tendo em vista que a alimentação contribui com um elevado percentual dos custos no sistema de produção de bovinos, a maximização de alimentos volumosos, de elevado valor nutritivo, na dieta de ruminantes é uma estratégia apropriada na busca por eficiência produtiva e econômica.

As forrageiras tropicais, em consequência da estacionalidade da produção, não fornecem quantidades suficientes de nutrientes para a produção máxima dos animais (Euclides, 2000). Neste contexto, a utilização de silagem vem sendo cada vez mais intensificada devido à necessidade de melhorar a produtividade, que hoje é sinônimo de maiores rendimentos, principalmente no período de redução do valor nutritivo das gramíneas tropicais (Pereira & Ribeiro, 2001).

Na produção de silagens, o milho, o sorgo e o capim-elefante destacam-se entre as forrageiras tropicais como espécies que apresentam boa palatabilidade e alto rendimento forrageiro (Vilela, 1990; Zago, 1999).

O milho é uma das gramíneas mais usadas para produção de silagem devido à facilidade de cultivo, elevada produção de matéria seca, bom padrão fermentativo, bom valor energético e alto consumo pelos animais. Segundo Mora et al. (1996), a silagem de milho apresenta valores de fibra em detergente neutro entre 45 e 65%, os quais são desejáveis na nutrição de vacas leiteiras. Com base nesses atributos, a confecção de silagens de milho aumentou drasticamente nas últimas décadas.

Na mesma proporção, a utilização de sorgo para ensilagem tem aumentado no Brasil, basicamente em função da elevada produção de matéria seca, da possibilidade de utilização da rebrota, que pode atingir até 60% da produção do primeiro corte, pela sua maior tolerância à seca e a elevadas temperaturas, e por não ser utilizado na alimentação humana (Zago et al., 1989).

Dentre as gramíneas tropicais o capim-elefante tem se destacado como uma espécie promissoras e de bom potencial para a ensilagem, por ser de fácil cultivo, boa palatabilidade, alto rendimento forrageiro e teor de carboidratos solúveis satisfatório (Tosi et al., 1995; Vilela, 1990), sendo amplamente utilizado na alimentação de vacas em lactação em todo o Brasil, como pastagem ou fornecido picado verde, no cocho (Martins & Fonseca, 1994).

A cana-de-açúcar também tem despertado a atenção de extensionistas e produtores, em virtude dos menores custos de produção, quando comparada à silagem de milho (Galan & Nussio, 2000a;b). Porém, esta forrageira apresenta características que restringem a sua utilização por animais de elevado potencial genético, dentre as quais destacam-se o baixo teor de proteína bruta (PB), a lenta taxa de degradação ruminal da fibra, e o elevado teor de fibra não-degradável, que limitam a capacidade de ingestão (Pereira et al., 2001).

Trabalhos de pesquisa mostram que existem limitações em termos de consumo desta gramínea devido, principalmente, ao fato de que a digestibilidade da FDN é baixa, limitando o consumo pelo efeito de enchimento (Magalhães, 2001), em consequência do acúmulo de fibra indigestível no rúmen (Rodríguez, 1995). No entanto, a cana-de-açúcar associada à uréia constitui uma alternativa de uso relativamente difundido na alimentação de bovinos e, quando comparada a outros alimentos tem custo de produção menor e maior rendimento (Alencar, 2001).

No Brasil, as informações sobre o valor nutritivo dos alimentos utilizados para animais são escassas, indicando a necessidade de mais pesquisas, principalmente no que diz respeito ao valor energético, uma vez que, segundo Weiss (1993), a energia é um nutriente limitante no desempenho dos ruminantes, em especial, para vacas de alta produção.

Segundo Capelle et al. (2001), a carência por um método rápido, barato e acurado capaz de medir a disponibilidade de energia dos alimentos para os animais é reconhecida pelos que trabalham com formulação e controle de qualidade das rações.

Sendo assim, têm sido realizados vários estudos com o objetivo de encontrar um método indireto para estimar o valor energético dos alimentos.

O NRC (2001) propôs um conjunto de equações somativas que consideram cada fração do alimento para estimar o teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) para bovinos em manutenção. Porém, tais equações carecem de validação antes de serem recomendadas para estimar o valor energético dos alimentos produzidos em condições tropicais, principalmente em relação à digestibilidade da fibra em detergente neutro (FDN).

Considerando que os novos sistemas de exigências nutricionais para ruminantes baseiam-se no aproveitamento dos nutrientes pelos microrganismos e no escape ruminal de frações não degradadas no rúmen (Sniffen et al., 1992), sabe-se relativamente pouco, sobre a taxa de degradação da FDN da cana-de-açúcar e das silagens de milho, de sorgo e de capim-elefante.

Segundo Allen (1997), a digestibilidade da fibra é função da fração potencialmente degradável e da taxa de digestão. Por esta razão, a busca por um método acurado, simples e rápido para estimar a digestibilidade de forrageiras tem sido objetivo de investigações metodológicas dos nutricionistas. Uma vez que os ensaios de digestão *in vivo* apresentam limitações de tempo e custo envolvidos, a técnica *in situ* para a estimativa da degradação ruminal das principais frações que compõem os alimentos é muito utilizada nas pesquisas relacionadas com a nutrição de ruminantes. Esta técnica permite o contato íntimo do alimento avaliado com o ambiente ruminal, sendo a melhor forma de simulação deste meio, embora o alimento não esteja sujeito a todos os eventos digestivos, como a mastigação, a ruminação e a taxa de passagem (Van Soest, 1994).

Baseado na importância destes volumosos para a pecuária brasileira, conduziu-se o presente trabalho, objetivando-se avaliar o consumo e a digestibilidade aparente total da cana-de-açúcar e das silagens de capim-elefante, de milho e de sorgo, em um ensaio com ovinos, bem como, estimar os teores de NDT através do sistema de equações proposto pelo NRC (2001). Estimou-se também a taxa de degradação da FDN destes alimentos, utilizando-se da degradabilidade *in situ* obtida em diferentes tempos de incubação, tamanhos de partícula, ou animais (bovinos e ovinos).

Esta tese foi redigida em dois artigos, segundo as normas para redação de artigos técnicos-científicos da Revista Brasileira de Zootecnia.

## LITERATURA CITADA

- ALENCAR, C.A.B. Pastagem e cana-de-açúcar, irrigados por aspersão de baixa pressão. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2, 2001. Viçosa, **Anais...** Viçosa: DZO, 2001. p. 233-242.
- ALLEN, M.S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1447-1462, 1997.
- CAPPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.; COELHO DA SILVA, J.F. et al. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos Alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 1837-1856, 2001.
- EUCLIDES, V.P.B. **Alternativas para intensificação da produção de carne bovina em pastagem**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2000, 65p.
- GALAN, V.B.; NUSSIO, L.G. Novos custos para cana-de-açúcar. In: GALAN, V.B. (Ed.) **Boletim do leite**. Piracicaba: CEPEA/FEALQ, n. 74, 2000a.
- GALAN, V.B.; NUSSIO, L.G. Novos custos para silagem de milho. In: GALAN, V.B. (Ed.) **Boletim do leite**. Piracicaba: CEPEA/FEALQ, n. 71, 2000b.
- MAGALHÃES, A.L.R. **Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*, L.) em substituição à silagem de milho (*Zea mays*) em dietas para vacas em lactação**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 62p. dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- MARTINS, C.E.; FONSECA, D.M. Manejo de solo e adubação de pastagem de capim-elefante. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM-ELEFANTE, 2, 1994, Juiz de Fora, **Anais...** Coronel Pacheco: Embrapa-CNPGL, 1994. p.82-115.

- MORA, P.J.G.; VALADARES FILHO, S.C.; LEÃO, M.I. et al. Digestibilidade aparente dos nutrientes e energia líquida da silagem de milho (*Zea mays* L.) para vacas lactantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 25, n.2, p.357-368, 1996.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: 2001. 381p.
- PEREIRA, O.G.; RIBEIRO, K.G. Suplementação de bovinos com forragens conservadas. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2, 2001. Viçosa, **Anais...** Viçosa, DZO: 2001. p. 261-289.
- PEREIRA, E.S.; QUEIROZ, A.C.; PAULINO, M.F. et al. Fontes nitrogenadas e uso de *Sacharomyces cerevisiae* em dietas à base de cana-de-açúcar para novilhos: Consumo, digestibilidade, balanço nitrogenado e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.563-572, 2001.
- RODRIGUEZ, N.M. Pesquisas sobre dinâmica da fermentação ruminal e partição da digestão realizadas no Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa, **Anais...** Viçosa:DZO: 1995. p.355-388.
- SNIFFEN, C.J; O'CONNOR, J.D; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets; II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 11, p.3562-3577, 1992.
- TOSI, H.; RODRIGUES, L.R.A.; JOBIM, C.C. et al. Ensilagem do capim-elefante cv. Mott sob diferentes tratamentos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.24, n.6, p.909-916, 1995.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.
- VILELA, D. Utilização do capim-elefante na forma de forragem conservada. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM-ELEFANTE, 1990. Coronel Pacheco, **Anais...** Juiz de Fora: EMBRAPA – CNPGL, 1990. p. 89-131.
- WEISS, W.P. Predicting energy values of feed. **Journal of Dairy Science**, v.76, p. 1802-1811, 1993.
- ZAGO, C.P. Silagem de sorgo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS: ALIMENTAÇÃO SUPLEMENTAR, 7, 1999, Piracicaba, **Anais...** Piracicaba, FEALQ, 1999. p. 47-68.
- ZAGO, C.P.; CRUZ, M.E.; GOMIDE, J.A. Avaliação do desempenho de vacas leiteiras alimentadas com silagem de milho e sorgo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 26, 1989. **Anais...**Porto Alegre: SBZ, 1989. p. 290.

## **Estimativas do valor energético de diferentes volumosos através da composição química**

**Resumo** – Avaliou-se o consumo e a digestibilidade dos nutrientes e o teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) da cana-de-açúcar e das silagens de capim-elefante, de milho e de sorgo em ovinos bem como estimou-se o teor de NDT de acordo com o sistema de equações proposto pelo NRC (2001). A comparação dos valores de NDT observados e estimados foi feita através do ajuste do modelo de regressão linear simples dos valores preditos sobre os valores observados. Foram utilizados 20 ovinos, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, sendo quatro tratamentos (volumosos) e cinco repetições (animais). A determinação da digestibilidade dos nutrientes foi realizada através da coleta total de fezes. Os ovinos alimentados com as silagens consumiram maiores quantidades ( $P < 0,05$ ) de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e fibra em detergente neutro (FDN) em relação aos alimentados com cana-de-açúcar. Não houve diferença ( $P > 0,05$ ) para o consumo de NDT entre as silagens, contudo os animais alimentados com silagem de milho consumiram mais NDT ( $P < 0,05$ ) que os alimentados com cana-de-açúcar. As digestibilidades aparentes da MS, MO, PB, EE não diferiram ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos. Constataram-se diferenças ( $P < 0,05$ ) entre os valores estimados e observados de NDT e das frações digestíveis da PB, do EE da FDN e dos CNF, Conclui-se que as equações propostas pelo NRC (2001) mostraram-se inadequadas para estimar o valor energético dos volumosos para ovinos.

### **Energetic value estimative through chemical composition of different feedstuffs**

**Abstract** - The objectives of this trial were to evaluate the nutrients intake, apparent digestibility of nutrients and total digestible nutrients (TDN) levels of the sugar-cane and silages composed by elephantgrass, corn and sorghum in sheep. The TDN values were predicted through equations proposed by NRC (2001). Twenty rams were distributed in a randomized design in four treatments (feedstuffs) and five repetitions (animals). The apparent digestibility of the nutrients was taken by total collection of feces technique. To compare predicted TDN values with *in vivo* TDN values data were adjusted at a linear regression model. Sheeps fed with the silages consumed larger amounts ( $P < 0.05$ ) of nutrients than fed them with sugar-cane, not having difference ( $P > 0.05$ ) for the consumption of TDN among the silages. The apparent digestibility of the dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), ethereal extract (EE) did not differ ( $P > 0.05$ ) among the treatments. There was not significant difference between predicted and *in vivo* TDN values ( $P < 0.05$ ). Whereas digestible fractions estimated by NRC (2001) equations differ ( $P < 0.05$ ). In this trial was ended that equations proposed by NRC (2001) were not suitable to predict energetic value of tropical forages.

## Introdução

A digestibilidade é um parâmetro importante para avaliação do valor nutritivo dos alimentos, sendo definida por Coelho da Silva & Leão (1979) como a capacidade do alimento em permitir que o animal utilize em maior ou menor escala os seus nutrientes. Esta capacidade é expressa pelo coeficiente de digestibilidade dos nutrientes em apreço.

Entretanto, ensaios de digestão realizados para medir diretamente o valor nutricional dos alimentos utilizando o método tradicional de coleta total de fezes requerem um controle rigoroso da ingestão e excreção, adaptação dos animais às gaiolas de metabolismo e às bolsas coletoras de fezes, tornando-os trabalhosos e onerosos.

No Brasil, a escassez de informações sobre o valor nutritivo dos alimentos indica a necessidade de mais pesquisas, principalmente na determinação do seu valor energético, uma vez que, segundo Weiss (1993), a energia é um atributo nutricional limitante no desempenho dos ruminantes, em especial, para vacas em lactação de alta produção.

Segundo Capelle et al. (2001), a carência por um método rápido, de custo baixo e acurado, capaz de medir a disponibilidade de energia dos alimentos, é reconhecida pelos que trabalham com formulação e controle de qualidade das rações para ruminantes. Sendo assim, têm sido realizados vários estudos com o objetivo de encontrar um método indireto para estimar o valor energético dos alimentos.

Os laboratórios comerciais utilizam equações obtidas por análise de regressão, baseadas em correlações negativas entre a concentração de fibra e a disponibilidade de energia (Minson, 1982; Fonnesebeck et al., 1984; citados por Weiss, 1998). Apesar do teor de energia bruta (EB) ser facilmente estimado por métodos laboratoriais, este valor não é de grande valia na formulação de dietas, por causa das variações existentes na digestibilidade e no metabolismo entre os diferentes alimentos.

O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) é um parâmetro muito utilizado para quantificação da energia disponível dos alimentos. O NRC (2001) propôs um

conjunto de equações somativas que considera cada fração do alimento, para estimar o NDT para animais em manutenção.

Basicamente são três os componentes que determinam o valor energético dos alimentos utilizados nas dietas de ruminantes: extrato etéreo (devido sua elevada densidade energética), o teor de carboidratos não-fibrosos, em função de sua alta digestibilidade, e o teor e a digestibilidade da fração de carboidratos fibrosos em virtude do elevado nível na composição das dietas para ruminantes. Segundo Robinson et al. (2004) uma acurada estimativa da digestibilidade de carboidratos fibrosos, geralmente avaliada por intermédio da fibra em detergente neutro, necessita ser desenvolvida.

Assim, quando os teores de NDT ou de energia digestível são conhecidos, todas as outras expressões de energia podem ser calculadas, utilizando-se equações adequadas, o que vem destacar a importância de equações que estimem essas variáveis, pois a realização de ensaios de digestão para todos os alimentos e todas as dietas seria altamente oneroso (Cappelle et al., 2001).

Além disso, no Brasil essas equações deverão ser validadas para se estimar o valor energético dos alimentos produzidos, principalmente dos volumosos e especialmente no que diz respeito à digestibilidade da FDN (Rocha Júnior et al., 2003b).

Como os alimentos volumosos compõem a base da dieta dos animais ruminantes, é preciso caracterizar tais equações em condições tropicais, uma vez que a disponibilidade de energia das plantas forrageiras é altamente influenciada por fatores ambientais, conferindo a estes alimentos uma grande variabilidade na composição química em relação aos alimentos concentrados.

Em face disto, conduziu-se o presente trabalho com o objetivo de avaliar o consumo e a digestibilidade aparente total dos nutrientes da cana-de-açúcar, e das silagens de capim-elefante, de milho e de sorgo em ensaio com ovinos, bem como, estimar os teores de NDT através do sistema de equações proposto pelo NRC (2001).

## Material e Métodos

O presente trabalho foi conduzido nas dependências do Laboratório Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, no mês de setembro de 2003. O município de Viçosa está situado a 20<sup>o</sup> 45' de latitude sul, 42<sup>o</sup> 51' de longitude oeste e 657 m de altitude média, apresentando precipitação média anual de 1341 mm, dos quais cerca de 86% ocorrem nos meses de outubro a março. A temperatura média das máximas é de 26,1<sup>o</sup>C e a média das mínimas é de 14,0<sup>o</sup>C (Universidade Federal de Viçosa, 2002). O clima da região é classificado como “Cwa”, segundo classificação proposta por Köepen (1948).

Foram utilizados 20 ovinos machos, adultos, castrados, sem raça definida, com peso corporal médio de 50 kg, previamente vermifugados, e identificados por brincos. Os animais foram pesados antes do período de adaptação, assim como no início e no final do período experimental, procedendo-se a distribuição dos mesmos nos tratamentos, num delineamento inteiramente casualizado.

As dietas foram oferecidas *ad libitum* e os animais tiveram livre acesso à água e ao sal mineral. Foram utilizadas quatro dietas experimentais, compostas em maior proporção pela cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* (L.)), silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum), silagem de milho (*Zea mays* (L.)) e silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). O farelo de soja e a mistura de uréia com sulfato de amônia foram adicionadas para que as dietas apresentassem teor mínimo de 7% de proteína bruta. A composição química dos volumosos utilizados encontra-se na Tabela 1, enquanto que as proporções dos ingredientes na base da matéria seca e a composição química das dietas experimentais são apresentadas nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

Tabela 1 - Composição química da cana-de-açúcar, das silagens de capim-elefante, de milho e de sorgo, do farelo de soja e da uréia

Itens <sup>1</sup>	Alimentos					
	Cana-de-açúcar	Silagem de capim-elefante	Silagem de milho	Silagem de sorgo	Farelo de Soja	Uréia/SA
MS (%)	25,77	23,23	34,84	24,59	87,09	98,99
MO <sup>2</sup>	98,25	94,18	94,29	93,18	94,03	99,83
PB <sup>2</sup>	2,79	6,26	7,06	4,93	48,82	253,67
NIDN <sup>3</sup>	16,16	12,04	13,52	22,22	1,55	-
NIDA <sup>3</sup>	3,30	9,89	6,02	8,80	0,90	-
EE <sup>2</sup>	1,06	2,30	2,57	2,18	1,04	-
CT <sup>2</sup>	94,40	85,62	84,66	86,08	44,18	-
FDN <sup>2</sup>	48,87	74,23	57,12	60,41	13,30	-
FDNcp <sup>2</sup>	47,70	64,55	54,75	58,76	11,60	-
CNF <sup>2</sup>	46,70	21,07	29,90	27,32	32,57	-
FDA <sup>2</sup>	23,67	45,39	26,72	32,18	6,88	-
Lignina	4,85	8,61	5,17	5,40	1,99	-
Ca <sup>2</sup>	0,12	0,39	0,20	0,36	0,31	-
P <sup>2</sup>	0,09	0,18	0,25	0,21	0,53	-

<sup>1</sup>-MS – Matéria Seca; MO – Matéria Orgânica; PB – Proteína Bruta; NIDN – Compostos Nitrogenados Insolúveis em Detergente Neutro; NIDA – Compostos Nitrogenados Insolúveis em Detergente Ácido; EE – Extrato Etéreo; CT – Carboidratos Totais; FDN – Fibra em Detergente Neutro; FDNcp – Fibra em Detergente Neutro Corrigida para Cinzas e Proteínas; CNF – Carboidratos Não-Fibrosos, FDA – Fibra em Detergente Ácido; Ca – Cálcio; P – Fósforo, <sup>2</sup>- valores expressos em % da matéria seca, <sup>3</sup>-valores expressos em % do N total.

Tabela 2 - Proporção dos ingredientes nas dietas experimentais expressos em percentagem da matéria seca total

Dietas	Volumoso	Farelo de soja	Uréia/SA
Cana-de-açúcar	95,0	4,0	1,0
Silagem de capim-elefante	95,0	4,1	0,9
Silagem de milho	95,0	4,8	0,2
Silagem de sorgo	95,0	4,8	0,2

Tabela 3 – Composição química das dietas experimentais

Itens <sup>1</sup>	Dietas			
	Cana-de-açúcar	Silagem de capim-elefante	Silagem de milho	Silagem de sorgo
MS (%)	28,96	26,53	37,48	27,74
MO <sup>2</sup>	98,10	94,22	94,29	93,23
PB <sup>2</sup>	7,14	10,23	9,56	7,53
NIDN <sup>3</sup>	15,42	11,50	12,91	21,18
NIDA <sup>3</sup>	3,10	8,09	4,96	8,70
EE <sup>2</sup>	1,06	2,24	2,51	2,13
CT <sup>2</sup>	47,81	24,48	35,22	33,29
FDN <sup>2</sup>	46,96	71,06	54,90	58,03
FDNcp <sup>2</sup>	45,78	61,80	52,57	56,38
CNF <sup>2</sup>	47,81	24,48	35,22	33,29
FDA <sup>2</sup>	22,76	43,40	25,71	30,90
Lignina <sup>2</sup>	4,68	8,26	5,01	5,22

<sup>1</sup>- MS – Matéria Seca; MO – Matéria Orgânica; PB – Proteína Bruta; NIDN – Compostos Nitrogenados Insolúveis em Detergente Neutro; NIDA – Compostos Nitrogenados Insolúveis em Detergente Ácido; EE – Extrato Etéreo; CT – Carboidratos Totais; FDN – Fibra em Detergente Neutro; FDNcp – Fibra em Detergente Neutro Corrigida para Cinzas e Proteínas; CNF – Carboidratos Não-Fibrosos; FDA – Fibra em Detergente Ácido; <sup>2</sup>- valores expressos em % da matéria seca, <sup>3</sup>- valores expressos em % do N total.

As dietas experimentais foram fornecidas uma vez ao dia, às 6h00. A mistura de uréia:sulfato de amônia foi diluída em água na proporção de 1:4 e distribuída uniformemente sobre o alimento volumoso no cocho, sendo adicionado em seguida, o farelo de soja. O período experimental teve a duração de 15 dias, sendo 10 dias de adaptação às dietas e 5 dias de coleta total de fezes.

Diariamente quantificou-se o consumo de alimentos pelos animais, assim como as sobras, que foram ajustadas entre 5 a 10% do total oferecido. Durante o período de coleta, os alimentos e as sobras foram amostrados e congelados para análises futuras.

A digestibilidade aparente total dos nutrientes foi calculada segundo os métodos descritos por Schneider & Flatt (1975). As coletas de fezes foram realizadas em sacolas adaptadas aos animais a cada 12 horas, sendo imediatamente homogêneas, pesadas, amostradas (5%) e congeladas a -10°C, para análises posteriores.

As amostras de alimentos, sobras e fezes foram descongeladas à temperatura ambiente, pré-secas em estufa de ventilação forçada à 55°C por 72 horas, posteriormente moídas a 1 mm e acondicionadas em frascos devidamente etiquetados. Foram determinados os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG) e compostos nitrogenados insolúveis em detergente ácido e neutro (NIDA e NIDN, respectivamente), cálcio e fósforo (Ca e P), segundo métodos descritos por Silva & Queiroz (2002). Os carboidratos não-fibrosos (CNF) foram calculados pela equação proposta pelo NRC (2001), onde:

$$CNF = 100 - (\%FDNcp + \%PB + \%EE + \% Cinzas).$$

Os teores de carboidratos totais (CT) foram obtidos conforme a equação recomendada por Sniffen et al. (1992):

$$CT = 100 - (\%PB + \%EE + \% Cinzas).$$

Os dados de consumo e digestibilidade aparente total dos nutrientes, foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Student-Newman-Keuls, utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG (Universidade Federal de Viçosa, 2000).

Os valores de NDT observados foram calculados pela equação:

$$NDT = PBD + 2,25EED + FDNcpD + CNFD,$$

enquanto que os valores estimados de NDT para manutenção, de cada alimento foram obtidos pela equação do NRC (2001):

$$NDTm = (PBD + 2,25 AGD + FDNpD + CNFD) - 7.$$

Os valores de proteína bruta digestível (PBD), fibra em detergente neutro digestível corrigida para proteína (FDNpD) e carboidratos não fibrosos digestíveis (CNFD) foram estimados segundo as equações descritas por Weiss et al. (1992):

$$PBD = PB \times \text{Exp} (-1,2 \times (PIDA/PB));$$

em que: PIDA = proteína insolúvel em detergente ácido;

$$FDNpD = 0,75 (FDNp - L) \times [1 - (L/FDNp)^{0,667}];$$

onde L = Lignina,

$$CNFD = 0,98 \times CNF \times PAF;$$

onde PAF = fator de ajuste para processamento físico, de acordo com os valores de PAF propostos pelo NRC (2001), sendo utilizados 0,94 para silagem de milho e 1,00 para os demais alimentos, respectivamente.

O teor de ácido graxo digestível (AGD) foi estimado segundo a equação proposta por Allen (2000):

$$AGD = EE - 1,$$

A digestibilidade verdadeira da PB, do EE e do CNF foi corrigida para excreção fecal metabólica para cada nutriente, segundo os valores utilizados por Weiss et al. (1992). Os valores obtidos pelas equações de PBD, EED e CNFD foram subtraídos de 2,7; 1,4 e 3,1 unidades, respectivamente.

A comparação dos valores observados e estimados para o NDT e as frações digestíveis de PB, FDN, CNF e EE foi feita através do procedimento de validação das equações por intermédio do ajuste do modelo de regressão linear simples dos valores preditos sobre os valores observados:

$$Y = b_0 + b_1 X_i + e_i$$

onde:  $Y_i$  = valor observado;

$b_0$  = constante da equação;

$b_1$  = coeficiente angular da reta;

$X_i$  = valor predito;

$e_i$  = erro aleatório associado a cada observação.

As estimativas dos parâmetros de regressão foram testadas sobre as hipóteses:

$$(1) H_0 : \beta_0 = 0$$

$$Ha : \beta_0 \neq 0$$

$$(2) H_0 : \beta_1 = 1$$

$$Ha : \beta_1 \neq 1$$

No caso de não-rejeição de ambas as hipóteses de nulidade, concluiu-se que os valores preditos e observados são similares. Para todos os procedimentos estatísticos foi adotado um nível de significância de 0,05.

## Resultados e Discussão

Os consumos médios dos nutrientes e seus respectivos coeficientes de variação estão apresentados na Tabela 4. Observa-se que os animais alimentados com as silagens de capim-elefante, de milho e de sorgo consumiram maiores quantidades ( $P < 0,05$ ) de MS, PB, EE e FDNcp do que aqueles alimentados com cana-de-açúcar.

Magalhães (2001) e Mendonça et al. (2004) encontraram consumos de MS 16,1% e 21,2%, respectivamente, superiores para dietas à base de silagem de milho, quando comparadas com dietas que continham cana-de-açúcar como volumoso exclusivo para vacas leiteiras.

Os animais que receberam silagens de capim-elefante, de milho e de sorgo apresentaram consumos semelhantes ( $P > 0,05$ ) de MO. Contudo, o consumo de MO (g/dia) nos animais alimentados com silagem de milho foi superior ( $P < 0,05$ ) ao dos animais alimentados com cana-de-açúcar.

O baixo consumo de FDN pelos ovinos alimentados com cana-de-açúcar ocorreu devido ao baixo consumo de MS e ao menor teor de FDN nesse alimento, resultado este semelhante ao relatado por Rocha Jr. (2002). A cana-de-açúcar utilizada no presente estudo apresentou valor médio de FDN inferior ao descrito por Valadares Filho et al. (2002) de 55,87% (Tabela 1).

Os animais alimentados com silagem de milho apresentaram maiores consumos de CNF ( $P < 0,05$ ) do que os alimentados com silagem de capim-elefante (Tabela 4). Tal fato pode ser explicado pelos menores teores de CNF encontrados na silagem de capim-elefante (24,48%), uma vez que os consumos de matéria seca foram semelhantes entre estas dietas ( $P > 0,05$ ).

Para o consumo de NDT, não houve diferença ( $P > 0,05$ ) entre as silagens, verificando-se, contudo, menor ingestão nos animais alimentados com cana-de-açúcar, cujo valor não diferiu ( $P > 0,05$ ) daqueles registrados para as silagens de capim-elefante e sorgo (Tabela 4). Todavia, o consumo de NDT pelos animais alimentados com silagem de milho foi maior ( $P < 0,05$ ) que o consumo médio para os ovinos alimentados com cana-de-açúcar.

Tabela 4 – Consumos médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), carboidratos totais (CHO), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), carboidratos não fibrosos (CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT), para as dietas à base de cana-de-açúcar e silagens de capim-elefante, de milho e de sorgo, e respectivos coeficientes de variação

Itens	Dietas <sup>1</sup>				CV (%)
	Cana-de-açúcar	Silagem capim-elefante	Silagem de milho	Silagem de sorgo	
Consumos (g/dia)					
MS	726,33 b	990,21 a	1212,16a	1054,96a	18,32
MO	709,46 b	926,61 ab	1140,39a	981,78 ab	18,28
PB	59,27 c	111,93 a	124,53 a	88,19 b	17,33
EE	7,06 c	23,05 b	30,77 a	22,55 b	16,05
CT	660,94b	824,07 ab	991,66 a	877,81ab	18,95
FDNcp	336,43 b	608,05 a	630,61 a	587,72 a	16,94
CNF	324,49 ab	215,95 b	361,24 a	290,05 ab	23,28
NDT	441,46 b	601,45 ab	753,86 a	638,45 ab	20,35
Consumos (% PV)					
MS	1,59 b	2,05 a	2,33 a	2,27 a	15,22
MO	1,56 b	1,92 ab	2,19 a	2,12 a	16,94
FDNcp	0,74 b	1,26 a	1,21 a	1,27 a	15,55

<sup>1</sup>- Médias seguidas por letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Student-Newman-Keuls.

Os consumos de MS, expressos em percentagem do peso vivo, que variaram de 2,05 (silagem de capim-elefante) a 2,33 (silagem de milho), não diferiram ( $P>0,05$ ) entre as silagens. Da mesma forma, os consumos de FDN também não diferiram ( $P>0,05$ ) entre as mesmas, apresentando os respectivos valores de 1,26, 1,21 e 1,27% do peso vivo para as silagens de capim-elefante, de milho e de sorgo.

Rocha (2003) observou, em ovinos, valores de consumos (%PV) de MS, MO e FDN semelhantes aos descritos neste estudo, para as silagens de capim-elefante, de milho e de sorgo, sendo de 2,02%, 2,81% e 2,03% PV, respectivamente.

Os maiores consumos obtidos com as dietas a base de silagens, provavelmente, tenham ocorrido, em razão da maior taxa de digestão da fração de FDN nessas dietas. Segundo Van Soest (1965), o consumo voluntário de matéria seca é altamente relacionado ao conteúdo de FDN do alimento e da dieta, visto que a fermentação e a taxa de passagem da fração fibrosa pelo rúmen-retículo são mais lentos que outros constituintes dietéticos.

Não obstante, o baixo consumo de dietas contendo cana-de-açúcar está relacionado à baixa digestibilidade da FDN (Oliveira et al., 2001), à baixa taxa de passagem e ao elevado tempo de retenção desse alimento (Preston & Leng, 1978; Preston, 1982; Magalhães, 2001).

Na Tabela 5, estão apresentadas as médias observadas para as digestibilidades aparentes dos nutrientes e seus respectivos coeficientes de variação. Observaram-se que as digestibilidades aparentes de MS, MO, PB, EE e CT não diferiram entre as dietas ( $P>0,05$ ). Para a digestibilidade da FDN<sub>cp</sub>, observaram-se maiores valores para as silagens de milho e de sorgo, que por sua vez não diferiram entre si.

As maiores digestibilidades obtidas para a FDN<sub>cp</sub> com as silagens de milho e de sorgo ocorreram, possivelmente, em virtude do menor valor de FDN indigestível destas.

Para o coeficiente de digestibilidade aparente dos CNF, observou-se que não houve diferença significativa ( $P>0,05$ ) entre as silagens de milho e de sorgo, e, entre a silagem de capim-elefante e a cana-de-açúcar (Tabela 5).

Rocha Jr. et al. (2003a) encontraram coeficientes de digestibilidade de FDN e CNF para a cana-de-açúcar de 18,43 e de 96,38%, respectivamente. Para silagem de milho foram encontrados coeficientes de digestibilidade dos nutrientes semelhantes aos citados por Rocha Jr. et al. (2003a), exceto para FDN e CNF, que foram de 34,15% e 88,88%, respectivamente.

Os coeficientes de digestibilidade de MS, MO, PB, EE e FDN da silagem de capim-elefante também foram estimados por Rocha (2003), apresentando valores de 55,6, 57,9, 75,4, 51,0 e 50,3%, respectivamente. Indicando, apenas, valor inferior para o coeficiente de digestibilidade da PB.

Souza et al. (2003) avaliaram os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes de silagens de diferentes híbridos de sorgo e observaram resultados semelhantes aos obtidos neste estudo, com exceção do valor do coeficiente de digestibilidade da PB (49,3%).

Tabela 5 – Médias obtidas para os coeficientes de digestibilidades aparentes (%) da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), carboidratos totais (CT), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas (FDNcp), carboidratos não-fibrosos (CNF) da cana-de-açúcar e das silagens de capim-elefante, milho e sorgo, e respectivos coeficientes de variação

Itens	Dietas <sup>1</sup>				CV (%)
	Cana-de-açúcar	Silagem de capim-elefante	Silagem de milho	Silagem de sorgo	
MS	54,69 a	55,35 a	60,60 a	59,55 a	5,8
MO	59,85 a	59,36 a	64,57 a	62,41 a	5,5
PB	80,16 a	91,66 a	89,87 a	87,62 a	9,4
EE	45,56 a	69,26 a	80,51 a	65,62 a	18,0
CT	58,76 a	57,46 a	60,57 a	60,12 a	5,4
FDNcp	38,78 c	49,65 b	57,97 a	56,79 a	6,4
CNF	75,97 a	72,07 a	55,05 b	56,88 b	8,2

<sup>1</sup>- Médias seguidas por letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Student-Newman-Keuls.

Na Tabela 6 estão apresentados os valores médios de NDT e das frações digestíveis da PB, FDNp, EE e CNF, estimados pelas equações propostas pelo NRC (2001) e os valores determinados experimentalmente com ovinos, para os diferentes alimentos volumosos. Enquanto que, na Tabela 7 estão representadas as médias gerais e suas respectivas estimativas dos coeficientes da regressão.

Vale ressaltar, que os valores de NDT determinados experimentalmente, foram obtidos por meio de ensaios com ovinos alimentados à vontade, ao passo que, os valores de NDT gerados através das equações NRC (2001) são estimados para manutenção. Por esta razão, os valores estimados de NDT superiores a 60%, foram multiplicados pelo fator de correção 0,95, uma vez que, Valadares Filho et al. (2003) constataram que o valor de NDT das dietas, com animais alimentados à vontade, corresponde a 95% do valor obtido em bovinos consumindo próximo a manutenção.

Tabela 6 – Médias dos valores de NDT e das frações digestíveis da proteína bruta (PBD), da fibra em detergente neutro (FDND), extrato etéreo (EED) e carboidratos não-fibrosos (CNFD) estimados pela equação proposta pelo NRC (2001) e observados no experimento com ovinos, para os diferentes alimentos volumosos

Alimento	NDT <sup>1</sup>	NDT <sup>2</sup>	PBD <sup>1</sup>	PBD <sup>2</sup>	FDND <sup>1</sup>	FDND <sup>2</sup>	EED <sup>1</sup>	EED <sup>2</sup>	CNFD <sup>1</sup>	CNFD <sup>2</sup>
Cana-de-açúcar	63,84	60,34	2,17	5,72	24,02	16,48	-1,34	0,53	44,76	36,95
Sil. de capim-efefante	57,00	60,57	2,98	9,38	34,34	34,13	-0,1	1,55	20,66	18,58
Sil. de milho	57,53	63,16	4,49	8,59	27,01	27,28	0,17	2,33	29,41	21,9
Sil. de sorgo	57,94	59,91	4,45	6,60	28,31	26,99	1,18	1,40	29,49	21,44

<sup>1</sup> Valores estimados pelas equações do NRC (2001), <sup>2</sup> Valores observados no ensaio com ovinos.

Tabela 7 – Médias e estimativas dos coeficientes de regressão dos valores de NDT e das frações digestíveis da proteína bruta (PBD), da fibra em detergente neutro (FDND), extrato etéreo (EED) e carboidratos não fibrosos (CNFD) estimados pela equação proposta pelo NRC (2001) e observados no experimento com ovinos

Descrição das Relações			Regressão Linear <sup>1/</sup>			
Variável	Valores	Valores	Intercepto		Coeficiente de Inclinação	
	Estimados (%)	Observados (%)	Estimativa	Valor-P <sup>2/</sup>	Estimativa	Valor-P <sup>3/</sup>
NDT	59,08	61,00	63,3700	0,0001	-1,7170	0,0007
PBD	3,52	7,57	1,4350	0,0001	0,8350	0,0001
FDND	28,42	26,22	27,0350	0,0001	0,5540	0,4871
EED	-0,27	1,45	0,1200	0,6175	0,3630	0,0005
CNFD	31,08	30,90	43,4450	0,0001	-3,7060	0,0332

$${}^1 \hat{Y}_i = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 X_i; {}^2 H_0 : b_0 = 0; {}^3 H_0 : b_1 = 1.$$

Observa-se que houve diferença ( $P < 0,05$ ) entre os valores de NDT estimados e observados, para o conjunto de volumosos avaliados, representada pela não-aceitação das duas hipóteses de nulidade ( $H_0 : b_0 = 0; H_0 : b_1 = 1$ ). Embora, tenham sido encontrados valores estimados numericamente próximos aos obtidos, à exceção da

silagem de milho, onde este parâmetro foi subestimado, em média, pelas equações do NRC (2001) em 8,91%.

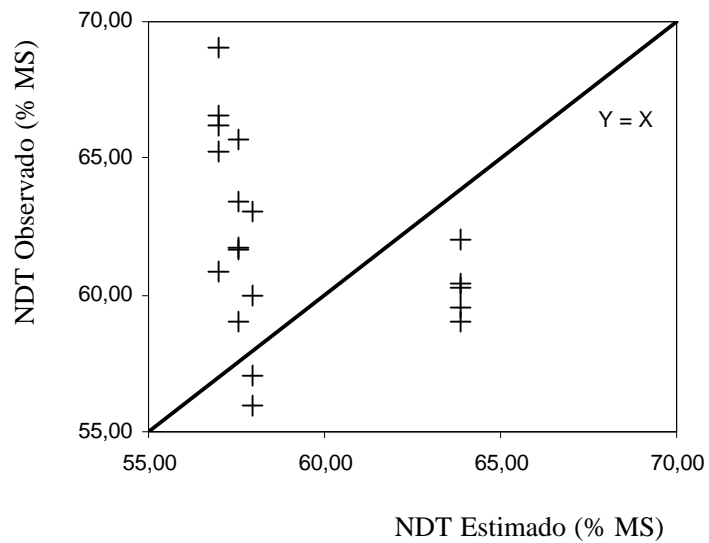


Figura 1 – Relação entre os valores de NDT observados e estimados pelas equações do NRC (2001), para os diferentes volumosos.

A Figura 1 mostra a dispersão dos valores estimados e observados em torno da reta que expressa a relação “Y=X”.

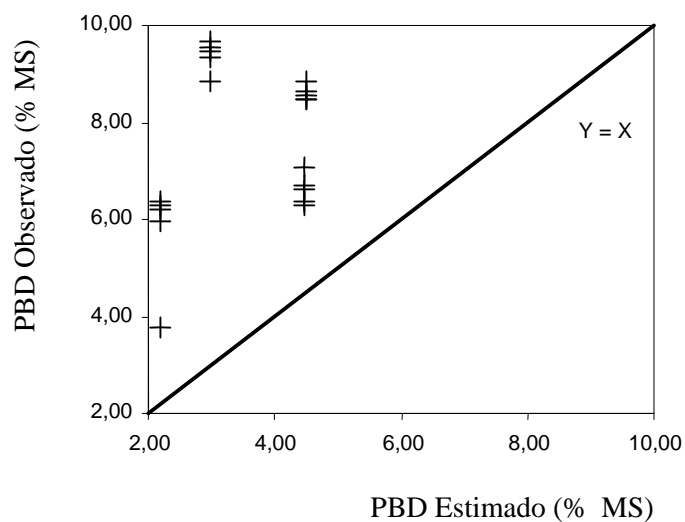


Figura 2 – Relação entre os valores da fração digestível da PB (PBD) observados e estimados pelas equações do NRC (2001), para os diferentes volumosos.

As estimativas dos coeficientes  $b_0$  e  $b_1$ , das equações de regressão diferiram de 0 e 1 ( $P < 0,05$ ) entre os valores estimados e observados das frações da PBD e dos CNFD. Os valores de PBD foram drasticamente subestimados pela equação do NRC (2001). Os valores de CNFD foram superestimados pelas equações do NRC (2001). As Figuras 2 e 3 ilustram a dispersão dos pontos em torno da reta ( $Y=X$ ).

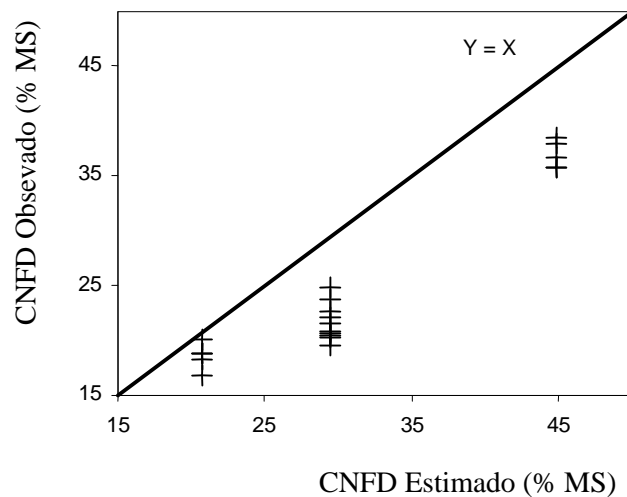


Figura 3 – Relação entre os valores da fração digestível do CNF (CNFD) observados e estimados pelas equações do NRC (2001), para os diferentes volumosos.

Inferiu-se que para a fração digestível da FDN que não há correspondência entre os valores observados e estimados, uma vez que houve rejeição ( $P < 0,05$ ) da hipótese 1 e não-rejeição da hipótese 2 ( $P > 0,05$ ). Na Figura 4, pode-se observar os valores de FDND estimados e observados e a distribuição dos pontos em torno da reta ideal ( $Y=X$ ) para os diferentes alimentos. Os resultados obtidos neste estudo discordam dos encontrados por Rocha Júnior et al. (2003), os quais constataram que a fração digestível da FDN foi subestimada para alimentos volumosos tropicais.

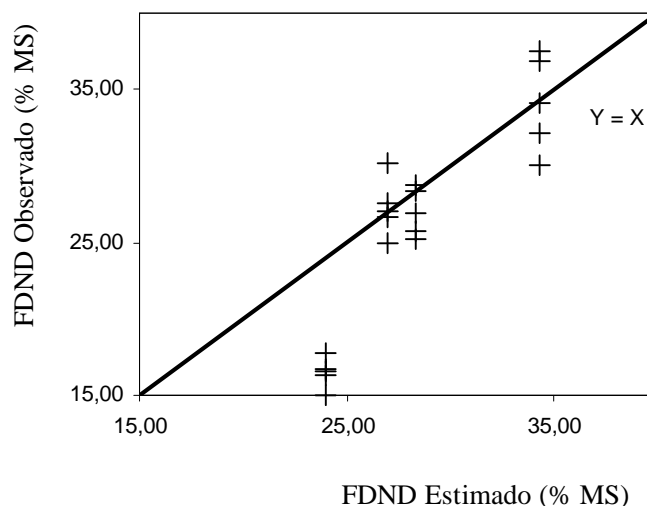


Figura 4 – Relação entre os valores da fração digestível da FDN (FDND) observados e estimados pelas equações do NRC (2001), para os diferentes volumosos.

Costa (2002) não encontrou diferenças ( $P > 0,05$ ) entre os valores de NDT estimados e observados, ao avaliar um conjunto de alimentos volumosos e concentrados, mas observou que as frações digestíveis da FDN e da PB foram superestimadas pelas equações do NRC (2001) em 16,08 e 16,12%, respectivamente.

A estimativa da fração digestível do EE apresentou valores baixos, e até mesmo negativos, devido aos baixos teores de EE na composição química das forragens avaliadas (Tabela 1), aliado ao fator de correção para as perdas de energia fecal metabólicas, que possivelmente, para as gramíneas tropicais, trata-se de um valor superestimado (Tabela 6). Para esta fração observou-se a não-rejeição da primeira hipótese de nulidade ( $H_0 : \mathbf{b}_0 = 0$ ), mas rejeição da segunda ( $H_0 : \mathbf{b}_1 = 1$ ).

A Figura 5 ilustra a dispersão dos valores de EED estimados e observados em torno da reta ideal ( $Y=X$ ), e mostra que tal fração foi subestimada pela equação do NRC (2001).

Silva (2004) também encontrou diferença entre os valores de NDT estimados e observados ao estudar o capim-elefante em diferentes idades de rebrota, concluindo que as frações FDND, EED e PBD foram subestimadas pelas equações do NRC (2001).

Devido a isso, as equações do NRC (2001) mostraram-se inadequadas para estimar as frações digestíveis de PB, EE, FDN e CNF, dos quatro alimentos.

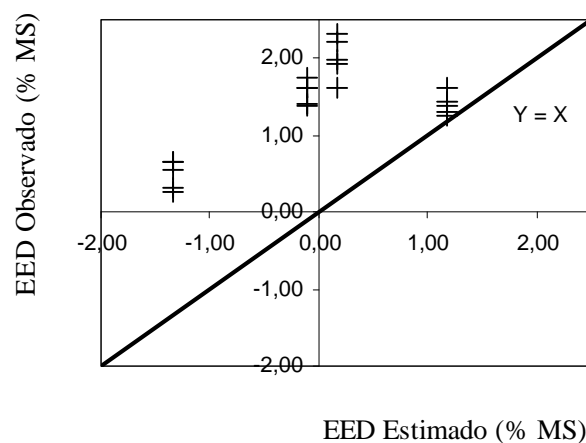


Figura 5 – Relação entre os valores da fração digestível do EE (EED) observados e estimados pelas equações do NRC (2001), para os diferentes volumosos.

### Conclusões

Os maiores consumos de nutrientes obtidos com as dietas à base de silagens, provavelmente, tenham ocorrido, em razão da maior digestibilidade da fração de FDN das mesmas.

Os valores de NDT e das frações digestíveis estimados à partir das equações propostas pelo NRC (2001) mostraram-se inadequados para estimar o valor energético das gramíneas tropicais avaliadas neste estudo.

## Literatura Citada

- ALLEN, M.S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.1598-1624, 2000.
- CAPPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F. C. et al. Estimativa do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1837-1856, 2001.
- COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba: Livrocercos, 1979. 380p.
- COSTA, M.A.L. **Desempenho de novilhos zebuínos e validação das equações do NRC (2001) para prever o valor energético dos alimentos nas condições brasileiras**. Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa, 2002. 81p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2002.
- KÖEPEN, W. **Climatologia**. Buenos Aires: Gráfica Panamericana, 1948. 478p.
- MAGALHÃES, A.L.R. **Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*, L.) em substituição à silagem de milho (*Zea mays*) em dietas para vacas em lactação**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 62p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- MENDONÇA, S.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Consumo, digestibilidade aparente, produção e composição do leite e variáveis ruminais em vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.2, p.481-492, 2004.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: 2001. 381p.
- OLIVEIRA, M.D.S.; CASAGRANDE, A.A.; OLIVEIRA, E.F.S. Efeito da digestibilidade *in vitro* de variedades de cana-de-açúcar sobre seu valor como alimento para bovinos. **ARS Veterinária**, v.17, n.3, p.238-243, 2001.
- PRESTON, T.R. Nutritional limitations associated with the feeding of tropical forages. **Journal of Animal Science**, v.54, n.4, p.877-883, 1982.
- PRESTON, T.R.; LENG, R.A. La caña de azúcar como alimento para los bovinos. **Revista Mundial de Zootecnia**, n.27, p.7-12, 1978.
- ROBINSON, P.H.; GIVENS, D.I.; GETACHEW. G. Evaluation of NRC, UC Davis and ADAS approaches to estimate the metabolizable energy values of feeds at maintenance energy intake from equations utilizing chemical assays and *in vitro* determinations. **Animal Feed Science and Technology**, v.114, n.1-4, p.75-90, 2004.

- ROCHA, K.D. **Silagens de capim-elefante cv. cameroon, de milho e de sorgo, produzidas com inoculantes enzimo-bacterianos: populações microbianas, consumo e digestibilidade.** Viçosa, MG. UFV, 2003. 79p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2003.
- ROCHA JÚNIOR, V.R.; VALADARES FILHO, S.C.; BORGES, A.M. et al. Determinação do valor energético de alimentos para ruminantes pelo sistema de equações. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.473-479, 2003a.
- ROCHA JÚNIOR, V.R.; VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A. et al. Estimativa do valor energético dos alimentos e validação das equações propostas pelo NRC (2001). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.480-490, 2003b.
- ROCHA JÚNIOR, V.R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos, determinação e estimação do valor energético dos alimentos para ruminantes.** Viçosa, MG. UFV, 2002. 252p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2002.
- SCHNEIDER, B.H.; FLATT, W.P. The evaluation of feeds through digestibility experiments. **The University of Georgia Press**, 1975. 423p.
- SILVA, P.A. **Valor energético do capim-elefante (*Penisetum purpureum*, Schum) em diferentes idades de rebrota e determinação da digestibilidade “in vivo” da fibra em detergente neutro.** Viçosa, MG. UFV, 2004. 57p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2004.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos - métodos químicos e biológicos.** 3.ed. Viçosa, UFV: Imprensa Universitária, 2002. 235p.
- SOUZA, V.G.; PEREIRA, O.G.; GARCIA, R. et al. Valor nutritivo de silagens de sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.753-759, 2003.
- SNIFFEN, C.J.; O’CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562 - 3577, 1992.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Departamento de Engenharia Agrícola. Estação Meteorológica.** Viçosa: 2002. n. p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA -UFV. **SAEG - Sistema de análises estatísticas e genéticas.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000 Manual do usuário, 150p. (versão 8.0).
- VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; CAPPELLE E.R. **Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos**, DZO – DPI- UFV, Viçosa, 2002, 297p.
- VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, P.A.; ROCHA JÚNIOR, V.R. et al. Estimativa do valor energético em condições tropicais. In: SIMPÓSIO SOBRE VOLUMOSOS NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES: VALOR ALIMENTÍCIO DE FORRAGENS, 2003, Jaboticabal. **Anais...**Jaboticabal: Editora Funep, 2003. p.71-86.

- Van SOEST, P.J. Symposium on factors influencing the voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. **Journal of Animal Science**. v.24, n.2, p.834-843, 1965.
- WEISS, W. P. Estimating the availability energy content of feeds for dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 81, p. 830-839, 1998.
- WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; PIERRE, N.R.S. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, v. 39, p.95-110, 1992.
- WEISS, W.P. Predicting Energy Values of Feed. In. Symposium: Prevailing concepts in energy utilization by ruminants. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.1802-1811, 1993.

### **Estimativa da taxa de degradação da fibra em detergente neutro da cana-de-açúcar e das silagens de capim-elefante, de milho e de sorgo em ovinos e bovinos**

**Resumo** – O objetivo deste trabalho foi estimar a taxa de degradação *da* FDN, e avaliar os parâmetros de degradabilidade *in situ* da FDN (DgFDN) da cana-de-açúcar e das silagens de capim-elefante, de milho e de sorgo em diferentes tempos de incubação, tamanhos de partícula (1 e 2 mm), e espécies (ovinos e bovinos). Foram utilizados três carneiros machos, SRD; e dois bovinos Holandeses, machos, canulados no rúmen. A DgFDN foi obtida nos tempos de incubação: 3, 6, 12, 24, 36, 48, 72, 96, 120, 144 e 240 horas, sendo calculada utilizando-se o modelo de Mertens & Loften (1980). A avaliação dos tamanhos de partículas e das espécies na degradabilidade foi realizada pelo teste de identidade de modelos de regressão não-linear e interpretada pela análise de fatores. As taxas de degradação da FDN ( $k_d$ ) foram estimadas segundo a metodologia descrita por Van Amburgh et al. (2003), utilizando-se apenas de dois tempos de incubação *in situ* (tempos 6 e 24h ou 6 e 36h). Os valores de  $k_d$  estimados em 2 tempos ou 11 tempos de incubação foram comparados pelo teste “t” pareado. Os valores de  $k_d$  estimados com os tempos de incubação 6 – 24 horas e 6 - 36 horas, quando comparados com os valores obtidos em vários tempos de incubação mostraram-se similares ( $P>0,05$ ). Em estudos de degradabilidade *in situ* da FDN, os ovinos não devem ser considerados como modelos experimentais para bovinos, mas o tamanho de partícula do alimento incubado de 1 ou 2 mm tem pouca influência nos parâmetros de degradação ruminal da MS e da FDN.

### **Estimative of digestion rates of neutral detergent fiber of sugar cane, and elephant-grass, corn and sorghum silages**

**Abstract** – The present work digestion rates of neutral detergent fiber (NDF) were predicted by *in situ* method with different time points, sample grind sizes and animals species. The Feedstuffs were incubated into eleven times: 3, 6, 12, 36, 48, 72, 96, 120, 144, 240 hours, into 2 cattle and 3 sheep rumen canulated, NDF data were fitted according the mathematical model proposed by Mertens & Loften (1980). The effect of sample grind sizes and of the species in NDF degradability was analyzed through the test of verification of identity of models of no-lineal regression and interpreted by *factor analysis*. The rates of degradation of NDF ( $k_d$ ) were also predicted according to the technique described by Van Amburgh et al. (2003), being just used of two times of incubation *in situ* (times 6:00 and 24:00 or 6:00 and 36:00), and they were compared with the  $k_d$  values observed at the *in situ* experimentation, through the “t” statistical test. The *factor analysis* showed that there is little interference of particle size in degradation parameters, in addition, at NDF degradation studies sheeps can not be used as experimental model for cattle. The  $k_d$  values predicted by incubation times 6 - 24h and 6 - 36 h and estimated by different time points incubation were shown similar ( $P>0.05$ ).

## Introdução

A avaliação da digestibilidade torna-se importante na comparação de diferentes forrageiras, considerando-se que as mais digestíveis apresentarão melhor retorno econômico e produtivo pelos animais que as consumirem, e na formulação de modelos mecanicistas que expressem verdadeiramente o fenômeno dinâmico da digestão, considerando os fatores circunstanciais inerentes ao alimento oferecido (composição, quantidade, frequência de alimentação), (Molina et al., 2002).

O baixo valor nutritivo das forrageiras tropicais é uma das principais causas da menor produtividade do rebanho bovino, principalmente quando se trata de animais com elevada demanda por nutrientes (Minson et al., 1976; Van Soest, 1994). Por esta razão, torna-se importante o conhecimento do processo digestivo destes animais.

Os novos sistemas de exigências nutricionais para ruminantes baseiam-se no aproveitamento dos nutrientes pelos microrganismos e no escape ruminal de frações não degradadas no rúmen (Sniffen et al., 1992). Pode-se considerar que nos últimos dez anos houve um avanço nos conceitos relacionados à composição de alimentos, tais como a inclusão dos valores de fracionamento protéico e de carboidratos e das taxas de degradação das diferentes frações.

Por outro lado, a busca de um método acurado, simples e rápido para estimar a qualidade de forrageiras com base em sua digestibilidade, tem sido o objetivo da investigação dos nutricionistas. Neste contexto, os ensaios de digestão *in vivo* constituem a melhor forma para obter o valor nutritivo, determinando o valor padrão, porém apresentam limitações de tempo e quantidade de matéria-prima necessária para ser consumida. Além disso, as variações entre animais constituem um fator limitante à precisão desta técnica (Nocek, 1988).

De outra forma, a técnica *in situ* para determinação da degradação ruminal das principais frações que compõem os alimentos é muito utilizada nas pesquisas relacionadas com nutrição de ruminantes. Esta técnica permite um contato íntimo do alimento avaliado com o ambiente ruminal, sendo a melhor forma de simulação deste meio, embora o alimento não esteja sujeito a todos os eventos digestivos, como a mastigação, a ruminação e a taxa de passagem (Van Soest, 1994). Esta técnica requer a incubação de sacos de náilon que contêm o alimento a ser testado em animais fistulados

no rúmen, em intervalos de tempo apropriados. Apesar de esforços para padronizar tal procedimento, a técnica tem ainda uma baixa repetibilidade (Madsen & Hvelplund, 1994), e por esta razão não é utilizada para análises rotineiras em laboratórios comerciais (Spanghero et al., 2003).

Outros problemas que a técnica *in situ* apresenta estão relacionados com o tamanho de partículas, a porosidade dos sacos de náilon, o tempo de incubação, a frequência de alimentação, a contaminação bacteriana e o influxo e efluxo de micropartículas (Mertens, 1993; Madsen & Hvelplund, 1994; e Van Soest, 1994).

O tamanho de partícula (área de superfície específica) pode permitir maior ou menor acesso para os microrganismos atuarem sobre os componentes do alimento (Owens & Goetsch, 1993), sendo este um fator relevante na taxa de degradação dos alimentos ( $k_d$ ), principalmente na digestão da fração fibrosa que é um processo dependente da colonização microbiana.

Outro aspecto a ser considerado é a espécie animal a ser utilizada nos estudos de digestibilidade, uma vez que algumas pesquisas em nutrição de ruminantes têm sido conduzidas em ensaios com ovinos, porque são animais fáceis de manejar e as quantidades de alimento e excretas envolvidos durante a experimentação são menores do que em bovinos.

O INRA (1989) e o NRC (1989) são exemplos de bancos de dados, que empregaram valores de digestibilidade baseados, principalmente, em medidas usando ovinos. Porém, quando são utilizados valores de digestibilidade gerados em ovinos supõe-se que a digestibilidade entre estes e a espécie bovina seja a mesma, embora os bovinos tenham a capacidade de consumir maiores quantidades de alimentos do que os ovinos (O'Mara et al., 1999). Por esta razão, as diferenças entre as espécies receptoras nos estudos de degradação *in situ* devem ser investigadas por um número maior de trabalhos, principalmente no que diz respeito à degradação da fração FDN.

Desta forma, neste experimento objetivou-se estimar a taxa de degradação da fração potencialmente digestível da FDN da cana-de-açúcar e das silagens de capim-elefante, de milho e de sorgo, utilizando-se a degradabilidade *in situ* obtida em diferentes tempos de incubação, tamanhos de partículas, ou espécies animais (bovinos e ovinos).

## Material e Métodos

A degradabilidade (Dg) ruminal *in situ* da MS e da FDN da cana-de-açúcar, e silagens de capim-elefante, de milho e de sorgo, foram avaliadas através da técnica dos sacos de náilon em três carneiros machos, castrados, com peso vivo médio de 50kg, adaptados com cânulas ruminais de silicone, com diâmetro interno de 2,5 polegadas. Os carneiros foram mantidos em gaiolas de metabolismo e alimentados com silagem de milho, água e sal mineral à vontade. Também foi determinada a degradabilidade *in situ* (Dg) em dois bovinos Holandeses, machos, castrados, dotados de cânulas ruminais de silicone, com diâmetro interno de 4 ½ polegadas.

As degradabilidades ruminais de MS e FDN da cana-de-açúcar e das silagens de capim-elefante, de milho e de sorgo foram avaliadas nos tamanhos de partícula de 1 e 2 mm. Todos os alimentos foram submetidos a pré-secagem em estufa de ventilação forçada à 65°C por 72 horas, e então triturados em moinho de faca com peneira de 2 ou 1mm.

Foram utilizados sacos de náilon com porosidade de 50 µm, na forma retangular, nas dimensões de 3,5 x 5 cm para os ovinos e de 10 x 20 cm nos bovinos. Foram colocados 1 e 5 g de amostra de cada alimento nos sacos incubados em ovinos e bovinos, respectivamente. Os tempos de incubação avaliados foram 3, 6, 12, 24, 36, 48, 72, 96, 120, 144 e 240 horas, além do tempo “zero”. Os sacos de náilon foram fixos a uma corrente de metal com lastro, que por sua vez foi fixa por uma corda à cânula ruminal.

No primeiro período, cada um dos quatro alimentos, moídos a 2 mm, foi incubado nos 11 tempos de degradação descritos acima, a fim de não exceder um limite de 44 sacos/carneiro. Nos bovinos, da mesma forma, foi incubada uma amostra de cada um dos alimentos para cada tempo de incubação por animal. Em seguida, foram incubados os alimentos com tamanho de partícula de 1 mm.

Após serem retirados do rúmen, os sacos de náilon foram lavados com água corrente em abundância, e em seguida secos em estufa ventilada a 65°C por 24 horas. Os sacos correspondentes ao tempo “zero” não foram introduzidos no rúmen, porém, foram lavados e secos conforme os demais para avaliação da fração solúvel.

Os modelos foram ajustados pelo método de Gauss-Newton. A degradabilidade potencial da matéria seca (DgMS) foi determinada segundo o modelo matemático proposto por Ørskov & McDonald (1979), enquanto que para a fibra em detergente neutro (DgFDN) foi utilizado o modelo de Mertens & Loften (1980):

$$DgMS = a + b (1 - e^{-K_d t});$$

$$DgFDN = b * e^{-K_d(t-L)} + I, t > L$$

onde: a = fração solúvel (%);

b = fração insolúvel, potencialmente degradável (%);

$k_d$  = taxa de degradação da fração b ( $h^{-1}$ );

I = fração indegradável (%);

L = tempo de latência ou “lag time” (h); e

t = tempo de incubação (h).

Após o ajuste das equações para degradação da fibra em detergente neutro (FDN), procedeu-se a padronização de frações segundo a proposição de Waldo et al. (1972), conforme as equações:

$$B_p = \frac{B}{B + I} \times 100;$$

$$I_p = \frac{I}{B + I} \times 100.$$

em que:  $B_p$  = fração potencialmente degradável padronizada (%);

$I_p$  = fração indegradável padronizada (%); e

$B, I$  = como definidas anteriormente.

A avaliação dos tamanhos de partículas e das espécies (ovina e bovina) nos parâmetros de degradação da matéria seca e da fibra em detergente neutro para os alimentos testados foi feita por meio do teste de verificação de identidade de modelos de regressão não-linear proposto por Regazzi (2003). Foi considerado o ajuste de 16 equações de regressão não-linear, de 16 grupos distintos (compostos por quatro alimentos, duas espécies e dois tamanhos de partícula) para as duas variáveis a serem

avaliadas (os grupos apresentados na Tabela 1). Com a finalidade de testar a hipótese  $H_0$ : as 16 equações são idênticas, isto é, uma equação comum pode ser utilizada como uma estimativa das 16 equações envolvidas.

Tabela 1 - Grupos estabelecidos em função dos alimentos, espécies e tamanhos de partícula

<i>Nº Grupo</i>	<i>Alimentos</i>	<i>Tamanho de partícula</i>	<i>Espécie</i>
1	Cana-de-açúcar	2mm	Ovino
2	Cana-de-açúcar	1mm	Ovino
3	Cana-de-açúcar	2mm	Bovino
4	Cana-de-açúcar	1mm	Bovino
5	Silagem de capim	2mm	Ovino
6	Silagem de capim	1mm	Ovino
7	Silagem de capim	2mm	Bovino
8	Silagem de capim	1mm	Bovino
9	Silagem de milho	2mm	Ovino
10	Silagem de milho	1mm	Ovino
11	Silagem de milho	2mm	Bovino
12	Silagem de milho	1mm	Bovino
13	Silagem de sorgo	2mm	Ovino
14	Silagem de sorgo	1mm	Ovino
15	Silagem de sorgo	2mm	Bovino
16	Silagem de sorgo	1mm	Bovino

Para testar a hipóteses de nulidade:  $H_0: \theta \in w \text{ versus } \theta \in w^c$ , em que  $\theta$  representa todos os parâmetros  $(a_1, \dots, a_{16}; b_1, \dots, b_{16}; c_1, \dots, c_{16}; L_1, \dots, L_{16}; I_1, \dots, I_{16})$ ,  $w$ , é um subconjunto do espaço paramétrico  $\theta$  e  $w^c$  é o complemento de  $w$ , com  $\theta = w \cup w^c$

foi feito o teste de razão de verossimilhança através da expressão:  $R = \left( \frac{\hat{\mathbf{S}}_{\Omega}^2}{\hat{\mathbf{S}}_w^2} \right)^{n/2}$

Em que,  $\hat{\mathbf{S}}_{\Omega}^2$  é a estimativa de máxima verossimilhança de  $\mathbf{S}^2$ , quando nenhuma restrição no espaço paramétrico é feita (modelo irrestrito ou completo), e  $\hat{\mathbf{S}}_w^2$  é a estimativa de máxima verossimilhança de  $\mathbf{S}^2$  quando as restrições lineares colocadas em  $H_0$  são impostas no espaço paramétrico  $\omega$  (modelo restrito). E, a distribuição de  $2 \ln R$  é aproximadamente qui-quadrado com  $n$  graus de liberdade, em que  $n$  é o número de parâmetros estimados em  $\omega$  menos o número de parâmetros estimados em  $w$ , conforme Rao (1973) citado por Regazzi (2003).

Assim,

$$2 \ln R = n \ln \left( \frac{\hat{\mathbf{S}}_{\Omega}^2}{\hat{\mathbf{S}}_w^2} \right) \rightarrow \mathbf{C}_n^2$$

A regra decisória de rejeição da hipótese de nulidade ocorre se:  $\mathbf{C}_{\text{calculado}}^2 \geq \mathbf{C}_{\text{tabelado}}^2$ , onde o valor tabelado é função do número de graus de liberdade  $n = p_{\omega} - p_w$ , no nível de significância  $\alpha$  ( $\alpha = 0,05$ ).

Na rejeição da hipótese de nulidade, devido ao número elevado de variáveis estimadas, o comportamento entre grupos em função das estimativas dos parâmetros ( $a$ ,  $b$ ,  $k_d$ ,  $I$ ) foi investigadas por intermédio de análise de fatores (“*factor analysis*”), como proposto por Johnson & Wichern (1998), empregando-se o método Varimax de rotação e ortogonalização de fatores. Adotaram-se como critérios de seleção de fatores a fração retida da variação (comunalidade) total e os escores fatoriais.

As taxas de degradação da FDN também foram estimadas usando a técnica descrita por Van Amburgh et al. (2003), por uma abordagem matemática em que a determinação da taxa de degradação ( $k_d$ ) foi estimada por intermédio da informação de degradação em dois tempos de incubação *in situ* (tempos de incubação de 6 e 24 horas, ou, 6 e 36 horas). O cálculo da taxa de degradação ( $k_d$ ) foi obtido a partir do valor de antilog da equação:

$$\ln K = \ln(-\ln A) - \ln(t - T_L),$$

$$\text{Onde: } A = \left( \frac{S - U_{2,4}}{S_0 - U_{2,4}} \right)$$

$$S = \left( \frac{FDN_{RESIDUO}}{FDN_{INCUBADO}} \right), \text{ no tempo } t$$

$$S_0 = \left( \frac{FDN_{RESIDUO}}{FDN_{INCUBADO}} \right), t = 0$$

$t$  = tempo de incubação (h);

$T_L$  = tempo de latência (h).

As taxas de degradação estimadas por esta técnica foram comparadas com as taxas estimadas utilizando os 11 tempos de incubação. Os valores de  $k_d$  obtidos por ambos os métodos foram testados pelo teste “t” para dados pareados, adotando-se um nível de significância de 0,05.

## Resultados e Discussão

Na Tabela 2 estão apresentadas as estimativas dos parâmetros de degradação da MS e da FDN. (a, b,  $k_d$  e I). Vale ressaltar que para nenhum dos grupos avaliados a estimativa do tempo de latência (L) foi significativa ( $P > 0,05$ ). Desta foram, procedeu-se o ajustamento dos modelos sem a consideração do “lag time”.

Na comparação entre os tamanhos de partícula e espécies na degradação da MS e da FDN dos alimentos foram testadas através das hipóteses de nulidade  $H_0$ , onde constatou-se a rejeição das mesmas, por esta razão, não foi possível utilizar-se uma única equação para os 16 grupos avaliados, tanto para a degradabilidade da MS, quanto para a da FDN. Na Tabela 3 estão apresentados os resultados dos testes qui-quadrado para as hipóteses formuladas.

Após a redução dos coeficientes às suas respectivas médias, avaliou-se a variação conjunta total dos mesmos, e optou-se pela adoção de dois fatores (Fator 1 e Fator 2), os quais englobaram 84,28% da variação total (Tabela 4).

Tabela 2 - Estimativas da fração solúvel (a), da fração insolúvel potencialmente degradável (b), da taxa de degradação da fração b ( $k_d$ ), da fração indegradável (I) das equações para as degradabilidade da matéria seca (DgMS) e da fibra em detergente neutro (DgFDN), e respectivos valores de desvio padrão assintótico (DPA), obtidas em diferentes espécies e tamanhos de partícula

Espécie	Tamanho Partícula (mm)	PARÂMETROS							
		DgMS				DgFDN			
		a	b	$k_d$	DPA	b	$k_d$	I	DPA
Cana-de-açúcar									
Ovino	2,0	41,30	26,48	0,1354	2,284	39,58	0,0350	60,42	1,045
	1,0	53,04	16,97	0,0650	2,793	43,38	0,0403	56,62	2,527
Bovino	2,0	48,92	24,80	0,1274	4,596	42,43	0,0359	57,57	1,583
	1,0	55,40	20,18	0,0456	1,819	51,80	0,0257	48,20	2,356
Silagem de capim-elefante									
Ovino	2,0	3,59	55,06	0,0440	2,190	61,68	0,0310	38,32	1,710
	1,0	5,57	56,04	0,0329	2,750	64,63	0,0279	35,37	2,215
Bovino	2,0	5,36	62,15	0,0421	2,334	67,99	0,0339	32,00	3,007
	1,0	9,05	55,49	0,0483	4,995	66,60	0,0346	33,40	2,728
Silagem de milho									
Ovino	2,0	26,63	51,40	0,0606	3,342	63,36	0,0308	36,64	1,676
	1,0	26,08	50,20	0,0521	3,512	69,86	0,0335	30,14	2,713
Bovino	2,0	21,27	57,45	0,0531	3,805	75,71	0,0268	24,29	2,452
	1,0	28,31	51,73	0,0549	3,416	71,09	0,0280	28,91	5,492
Silagem de sorgo									
Ovino	2,0	12,19	48,52	0,0386	3,052	51,43	0,0253	48,56	3,435
	1,0	18,36	45,46	0,0352	4,307	57,35	0,0328	42,65	3,533
Bovino	2,0	12,29	55,12	0,0393	3,067	64,68	0,0239	35,32	2,525
	1,0	18,64	45,82	0,0506	7,076	64,33	0,0262	35,67	3,798

Tabela 3 - Hipóteses avaliadas para as degradabilidades da matéria seca (DgMS) e da fibra em detergente neutro (DgFDN), valores da estatística do teste qui-quadrado, número de graus de liberdade e nível descritivo do teste (valor -P)

Hipóteses	$\chi^2_{calculado}$ <sup>1/</sup>	Nº graus liberdade (n)	Valor -P <sup>2/</sup>
DgMS			
H <sub>0</sub> : a <sub>1</sub> =a <sub>2</sub> =...=a <sub>16</sub> , b <sub>1</sub> =b <sub>2</sub> =...=b <sub>16</sub> , k <sub>d1</sub> =k <sub>d2</sub> =...=k <sub>d16</sub>	83,75	60	0,0231
DgFDN			
<b>H<sub>0</sub>: b<sub>1</sub>=b<sub>2</sub>=...=b<sub>16</sub>, k<sub>d1</sub>=k<sub>d2</sub>=...=k<sub>d16</sub>, I<sub>1</sub>=I<sub>2</sub>=...=I<sub>16</sub></b>	379,72	60	<0,0001

$$1/ - n \ln \left( \frac{n\hat{S}_{\Omega}^2}{n\hat{S}_{w_i}^2} \right); 2/ P: \chi_n^2 \geq \chi_{calculado}^2$$

Para o Fator 1, destaca-se a forte correlação positiva com as frações “b”, que representam a fração solúvel potencialmente degradável da MS e da FDN, e forte correlação negativa com as frações “a” e “I”, sendo este denominado fator de potencial de degradação. O Fator 2, apresenta maiores correlações positivas com o parâmetro k<sub>d</sub>, sendo denominado como fator de velocidade de degradação (Tabela 4). Assim, quanto maiores forem os escores para o Fator 1, maior será a degradação do material. Por aus vez, quanto maior o escore do Fator 2, maior a velocidade com que o material é degradado.

Tabela 4 - Carga fatorial e comunalidade de cada parâmetro correspondente a cada fator das variáveis associadas à degradação da MS e da FDN para os alimentos volumosos avaliados

Fatores	Escores Fatoriais						Variância <sup>1/</sup> (%)
	DgMS			DgFDN			
	A	B	k <sub>d</sub>	b	k <sub>d</sub>	I	
Fator 1	-0,8554	0,9470	-0,5660	0,8952	-0,1697	-0,8952	35,81
Fator 2	0,2019	-0,2076	0,5727	-0,2933	0,9447	0,2933	14,76
Comunalidade (%)	77,24	94,00	64,83	88,74	92,12	88,74	50,57

<sup>1/</sup> Percentual da variância explicada por cada fator.

A Figura 1 ilustra os escores fatoriais correspondentes ao fator de potencial de degradação dos volumosos avaliados. É notória a diferença entre os quatro alimentos para este parâmetro de degradação, verifica-se menor diferença entre as silagens de capim elefante e de milho. A cana-de-açúcar, por sua vez, apresentou menores valores desta fração em relação às silagens. Na Figura 2, os escores relativos ao fator potencial de degradação, mostraram que os bovinos e o tamanho de partícula de 1 mm apresentam maiores valores para o coeficiente “b” do que os ovinos e os volumosos moídos à 2 mm, respectivamente.

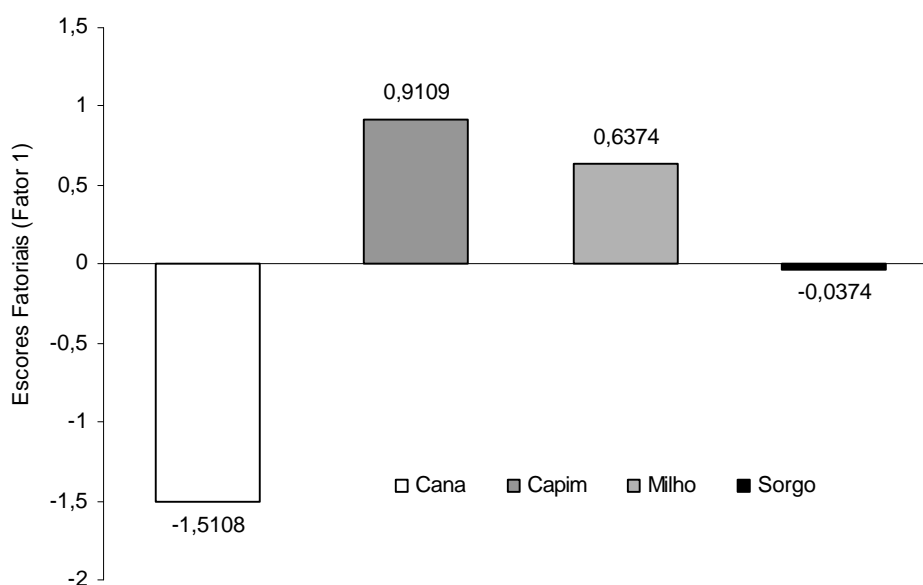


Figura 1 – Escores fatoriais médios correspondente ao potencial de degradação (Fator 1), na análise fatorial das variáveis – parâmetros de degradação da MS e FDN, relativos aos volumosos avaliados

Vale ressaltar, que os escores fatoriais encontrados para espécies e tamanhos de partícula, são relativamente baixos, o que torna esta diferença sutil. Ou seja, a fração potencialmente degradável é pouco influenciada pela espécie animal ou tamanho de partícula do alimento incubado, uma vez que esta fração é composta basicamente por amido, compostos nitrogenados protéicos e carboidratos estruturais (principalmente celulose e hemicelulose). Este comportamento era esperado, uma vez que, o potencial de degradação é uma característica única e exclusiva do alimento.

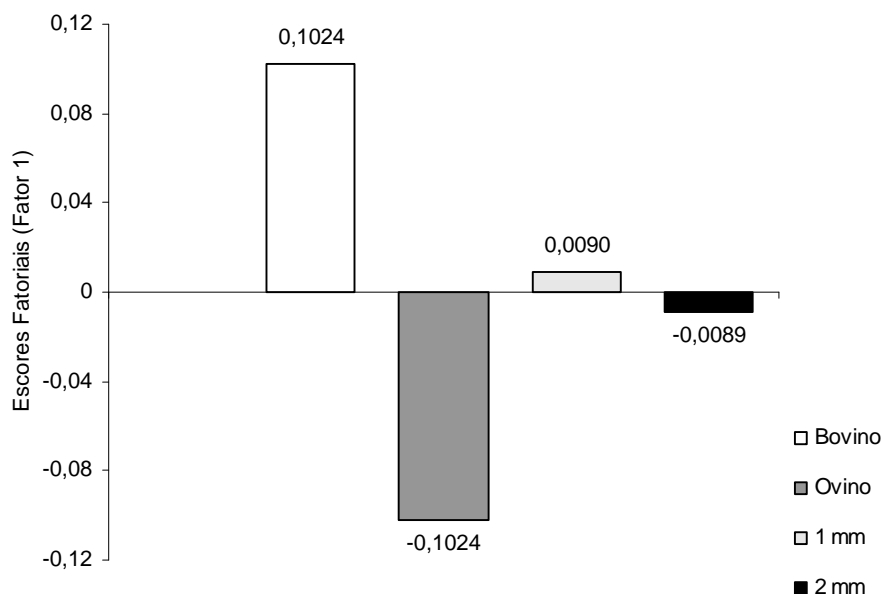


Figura 2 – Escores fatoriais médios correspondente ao potencial de degradação (Fator 1), na análise fatorial das variáveis – parâmetros de degradação da MS e FDN, relativos aos tamanhos de partícula e espécies

A fração indegradável “T”, um dos principais determinantes no efeito de enchimento (*rúmen fill*), e por sua vez do consumo diminui, à medida que se aumenta a fração potencialmente degradável; sendo assim, esta apresentou comportamento inverso aos escores obtidos no Fator 1 dos alimentos avaliados.

Em relação ao fator- velocidade de degradação, observaram-se maiores diferenças entre os alimentos do que entre as espécies e os tamanhos de partícula. A cana-de-açúcar e a silagem de capim-elefante apresentaram pouca variação entre si, porém as silagens de milho e sorgo mostraram escores mais distantes entre si, tendo a silagem de sorgo o menor escore deste fator que os demais volumosos (Figura 3).

Campos et al. (2003), ao estudar vários genótipos de sorgo, com e sem tanino, contataram que a presença dos taninos nas silagens de sorgo diminuiu a degradabilidade ruminal da matéria seca e da proteína bruta, e que tal efeito é dependente da concentração de tanino na planta e não apenas da sua presença.

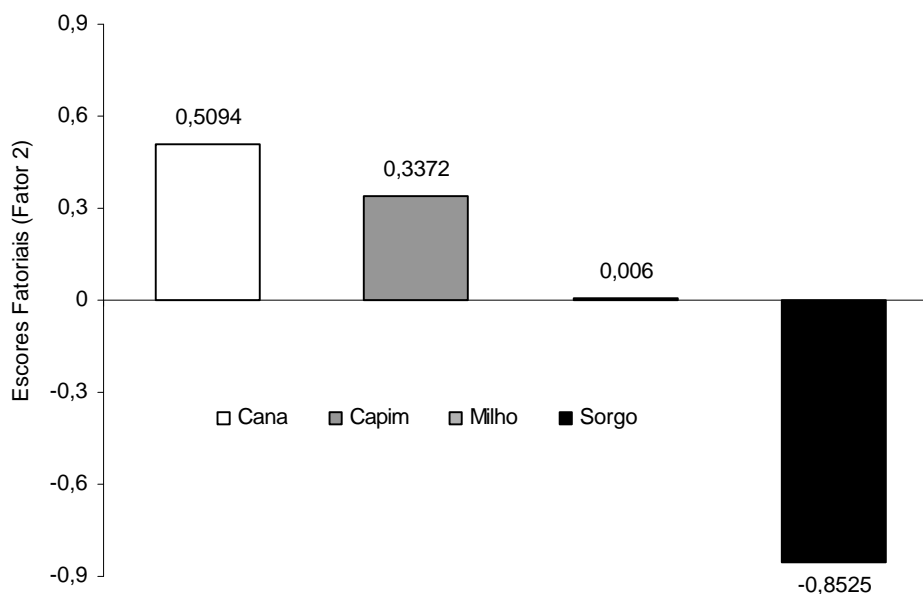


Figura 3 – Escores fatoriais médios correspondente a velocidade de degradação (Fator 2), na análise fatorial das variáveis – parâmetros de degradação da MS e FDN, relativos aos volumosos avaliados

A Figura 4 mostra o comportamento da velocidade de degradação em função das espécies animais e tamanhos de partícula. Os ovinos apresentam maiores taxas de degradação do que os bovinos, e o tamanho de partícula de 2 mm apresentou maiores taxas de degradação do que quando moídos a 1 mm, embora os escores que representem tais diferenças sejam relativamente baixos.

A diferença encontrada entre as espécies ovina e bovina, são atribuídas, principalmente, ao ambiente ruminal, uma vez que a velocidade de degradação é função, além das características do alimento, da disponibilidade qualitativa e quantitativa dos microrganismos presentes no meio de degradação.

Segundo Allen (1993), a digestibilidade da fibra é função da fração potencialmente degradável e da taxa de digestão. Ambas as características podem ser alteradas de acordo com a composição química do alimento, apesar do teor de lignina estar relacionado com a fração potencialmente degradável, não há um componente químico do alimento que esteja diretamente correlacionado com a taxa de degradação.

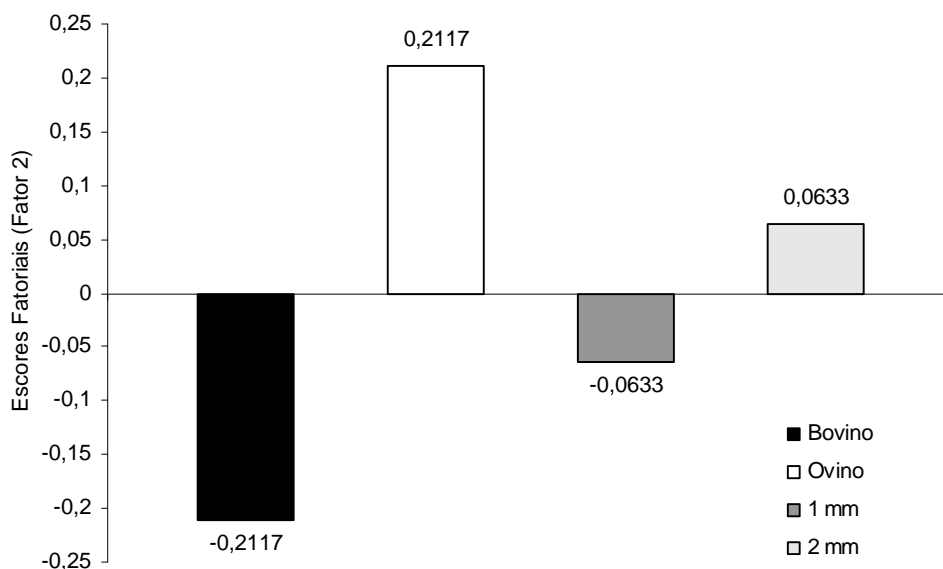


Figura 4 – Escores fatoriais médios correspondente a velocidade de degradação (Fator 2), na análise fatorial das variáveis – parâmetros de degradação da MS e FDN, relativos aos tamanhos de partícula e espécies

Owens & Goetsch (1993) destacaram que o kd pode ser influenciado pelo processamento por alterar a área de superfície, geralmente aumentando a taxa de digestão. A redução do tamanho de partícula por aumentar proporcionalmente a relação superfície:área, potencialmente aumenta a exposição do alimento à digestão microbiana.

A ausência de ruminação de alimentos incubados *in situ* sugere que algum processo adicional deve ser utilizado para que o tamanho de partícula represente adequadamente as características observadas *in vivo*. Tamanhos de partícula muito pequenos induzem uma excessiva perda de partícula (Vanzant et al, 1996). As recomendações para tamanhos de partícula variam de 1,5 a 5 mm para alimentos volumosos.

Devido as poucas evidências disponíveis sobre o efeito do tamanho de partícula afetando a degradação dos alimentos, Vanzant et al. (1996) sugeriram o tamanho de partícula de 2mm adequado para rotinas de ensaios *in situ*. Barbosa et al. (1998) verificaram que não houve efeito dos tamanhos de partículas (1, 3 e 5 mm) nos parâmetros da equação de degradação *in situ* da matéria seca em feno de capim-elefante cv. Cameroon e de capim-jaraguá.

Huntington & Givens (1997) estudaram os efeitos da espécie animal na degradação *in situ* da matéria seca de feno, utilizando-se vacas da raça Holandesa e ovinos da raça Suffolk e não encontraram diferenças significativas para os

coeficientes “a”, porém, a taxa de degradação “ $k_d$ ” diferiu entre as espécies. Além disso, os ovinos apresentaram valores de degradação efetiva da MS superiores àqueles encontrados em bovinos.

Os resultados deste estudo, em parte, estão em concordância com os trabalhos desenvolvidos por Koller et al. (1978); Uden & Van Soest (1984) e Huntington & Givens (1997), que afirmaram que as espécies de ruminantes adultos alimentados sob manutenção, degradam as frações fibrosas dos alimentos similarmente.

Cipolloni et al. (1951), compilando dados de Schneider (1947), afirmaram que bovinos tendem a digerir melhor forragens do que os ovinos, embora as ovelhas apresentassem uma digestão mais eficiente que os bovinos. Informação esta coincidente com a de Van Soest (1994) em que bovinos tem uma maior capacidade de digerir a fibra do que ovinos.

Observa-se que, para estudos *in situ* o tamanho de partícula de 1 mm ou 2 mm tem pouca influência na degradação da MS e da FDN. De maneira geral, os ovinos não devem ser considerados modelos experimentais em estudos de degradação da MS e da FDN para os bovinos.

O’Mara et al. (1999) propuseram que sejam realizados mais estudos sobre este assunto, pois uma vez considerando a digestibilidade entre bovinos e ovinos idêntica, ignora-se o fato que bovinos tem a capacidade muito maior de consumir alimentos do que ovinos, fator este determinante na digestibilidade.

Baseado nas limitações do método *in situ*, Van Amburgh et al. (2003) propuseram estimar a taxa de digestão ( $k_d$ ) apenas com dois tempos de incubação. Os valores de  $k_d$  estimados por esta técnica foram comparados com os valores observados nos 11 tempos de incubação (Tabela 5).

Os valores de  $k_d$  estimados com 11 tempos de incubação foram similares ( $P>0,05$ ) aos estimados com para os tempos de incubação de 6 - 24 horas e 6 - 36 horas (Tabela 5).

Silva (2004) ao avaliar a validade desta técnica para capim-elefante, utilizando-se de bovinos, encontrou que a taxa de degradação foi estimada adequadamente para os tempos 6 - 24 horas.

Pelos resultados obtidos neste estudo, a técnica proposta por Van Amburgh et al. (2003) mostrou-se adequada para estimar as taxas de degradação ( $k_d$ ) dos volumosos.

Tabela 5 - Valores das taxas de degradação ( $k_d$ ) dos alimentos obtidos pela técnica *in situ* e estimados segundo a técnica de *Van Amburgh et al.* (2003)

Alimento	kd Observado <sup>1/</sup> (%/h)	kd Estimado (%/h)	
		6h – 24 h	6h – 36 h
Bovino 1mm			
Cana-de-açúcar	2,57	1,66	2,08
Silagem de Capim	3,46	2,17	3,64
Silagem de Milho	2,80	2,93	5,95
Silagem de Sorgo	2,62	1,78	2,27
Valor-P		0,1474	0,4178
Bovino 2 mm			
Cana-de-açúcar	3,59	2,34	1,70
Silagem de Capim	3,39	3,17	3,62
Silagem de Milho	2,68	2,52	3,02
Silagem de Sorgo	2,39	2,04	1,78
Valor-p		0,0954	0,5191
Ovino 1mm			
Cana-de-açúcar	4,03	2,07	2,12
Silagem de Capim	2,79	2,59	2,51
Silagem de Milho	3,35	3,20	3,78
Silagem de Sorgo	3,28	1,80	2,31
Valor-P		0,1712	0,1285
Ovino 2 mm			
Cana-de-açúcar	3,50	2,01	1,74
Silagem de Capim	3,10	3,02	2,88
Silagem de Milho	3,08	2,88	2,89
Silagem de Sorgo	2,53	2,01	1,62
Valor-P		0,1297	0,2649

<sup>1/</sup> Valores observados com 11 tempos de incubação.

## Conclusões

Cs ovinos não podem ser considerados como modelos experimentais para estudos de degradabilidade *in situ* da matéria seca e fibra em detergente neutro, para bovinos.

O tamanho de partícula pouco interfere nos parâmetros de degradação ruminal da matéria seca e fibra em detergente neutro para alimentos volumosos.

A técnica proposta por Van Amburgh et al. (2003), mostrou-se adequada para estimar o  $k_d$  da FDN nos tempos de 6 – 24 h e 6 - 36 h para volumosos.

## Literatura Citada

- ALLEN, M.S. Troubleshooting silage-based ration problems: Ruminal fermentation of fiber and starch. In: **SILAGE PRODUCTION: FROM SEED TO ANIMAL NATIONAL SILAGE PRODUCTION CONFERENCE**, 1993, Syracuse. **Proceedings...** Ithaca, New York: NRAES, 1993. p.186-195.
- BARBOSA, G.S.S.C.; SAMPAIO, I.B.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Fatores que afetam os valores de degradabilidade *in situ* da matéria seca de forrageiras tropicais: III. Tamanho de partícula da amostra. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 50, n. 5, p.731-735, 1998.
- CAMPOS W.E.; SATURNINO H.M.; SOUSA, B.M. et al. Degradabilidade *in situ* da silagem de quatro genótipos de sorgo com e sem tanino. I - Matéria seca e proteína bruta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 55, n. 2, p.209-215, 2003.
- CIPOLLONI, MA.; SCHNEIDER, B.H.; LUCAS, H.L. et al. Significance of the difference in digestibility of feeds by cattle and sheep. **Journal of Animal Science**, v. 10, p.337-343, 1951.
- HUNTINGTON, J.A.; GIVENS, D.I. Studies on *in situ* degradation of feeds in the rumen: 2. The effect of bag numbers incubated and post-incubation processing of residues. **Animal Feed Science and Technology**, v. 68, n. 2, p.115-129, 1997.
- INRA, Jarrige, R. **Ruminant nutrition. Recommended allowances and feed tables.** John Libbey Eurotext, Montrouge, France 1989. n. p.
- JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. Applied multivariate statistical analysis. 4<sup>th</sup> ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1998. 816p.
- KOLLER, B.L.; HINTZ, H.F.; ROBERTSON, J.B. et al. Comparative cell wall and dry matter digestion in the caecum of the pony and the rumens of the cow using *in vitro* and nylon bag techniques. **Journal of Animal Science**, v. 47, n. 2, p.209-215, 1978.
- MADSEN, J.; HVELPLUND, T. Prediction of *in situ* protein degradability in the rumen. Results of a European ring test. **Livestock Production Science**, v. 39, n. 2, p.201-212, 1994.
- MERTENS, D.R. Rate and extent of digestion. In: FORBES, J.M., FRANCE, J. (Eds.) **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism.** Cambridge, England: Cambridge University Press, 1993. p.13-51.
- MERTENS, D.R.; LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v. 63, p.1437-1446, 1980.

- MINSON, D.J.; STOBBS, T.H.; HEGARTY, M.P. et al. Measuring the nutritive value of pasture plants. In: SHAW, N.H., BRYAN, W.W. (Eds.) **Tropical pasture research: principles and methods**. Hurley, Berkshire: CAB Internacional, 1976. p.308-337.
- MOLINA, L.R.; RODRIGUEZ, N.R.; GONÇALVES, L.C. et al. Degradabilidade *in situ* da matéria seca e da proteína bruta das silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), com e sem tanino no grão, ensilados no estágio de grão farináceo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 54, n., 2, p.169-179, 2002.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6. ed. Washington, D.C. Academic Press, 1989. 133p.
- NOCEK, J.E. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, v. 71, p.2051-2069, 1988.
- O'MARA, F.P.; COYLE, J.E.; DRENNAN, M.J. et al. A comparison of digestibility of some concentrate feed ingredients in cattle and sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v. 81, n. 2, p.167-174, 1999.
- ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v. 92, p.499-503, 1979.
- OWENS, F.N.; GOETSCH, A.L. Ruminal Fermentation. In: CHURCH, D. C. (Ed.) **The Ruminant Animal – Digestive Physiology and Nutrition**. 5 ed. New Jersey: Englewood, Cliffs. 1993, p.145-171.
- REGAZZI, A.J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. **Revista Ceres**, v. 50, p.9-26, 2003.
- SILVA, P.A. **Valor energético do capim-elefante (*Penisetum purpureum*, Schum) em diferentes idades de rebrota e determinação da digestibilidade “in vivo” da fibra em detergente neutro**. Viçosa, MG. UFV, 2004. 57p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2004.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets; II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 11, p.3562-3577, 1992.
- SPANGHERO, M.; BOCCALON, S.; GRACCO, L. et. al. NDF degradability of hays measured *in situ* and *in vitro*. **Animal Feed Science and Technology**, v. 104, n. 4, p.201–208, 2003.
- UDÉN, P.; VAN SOEST, P.J. Investigations of the *in situ* nylon bag technique and comparison of the fermentation in heifers, sheep, ponies and rabbits. **Journal of Animal Science**, v. 58, p. 213-221, 1984.

- VAN AMBURGH, M.E.; VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. et al. Corn silage neutral detergent fiber: refining a mathematical approach for in vitro rates of digestion. Cornell Nutrition Conference, 2003, New York. **Proceedings**, p. 99-108, 2003.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed.: Ithaca, Cornell University Press, 1994. 476 p.
- VANZANT, E.R.; COCHRAN, E.C. TITGEMEYER, S.D. et al. In vivo and in situ measurements of forage protein degradation in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.74, n.5, p.2773-2784, 1996.
- WALDO, D.R.; SMITH, L.W.; COX, E.L. Model of cellulose disappearance from the rumen. **Journal of Dairy Science.**, v. 55, n. 1, p.125-129, 1972.