

**UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ
PROGRAMA DE MESTRADO EM ZOOTECNIA**

**DEGRADABILIDADE RUMINAL DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR EM
CAPRINOS E OVINOS**

GIL MARIO FERREIRA GOMES

**SOBRAL – CE
FEVEREIRO – 2011**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ
PROGRAMA DE MESTRADO EM ZOOTECNIA**

**DEGRADABILIDADE RUMINAL DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR EM
CAPRINOS E OVINOS**

GIL MARIO FERREIRA GOMES

**SOBRAL – CE
FEVEREIRO – 2011**

GIL MARIO FERREIRA GOMES

DEGRADABILIDADE RUMINAL DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR EM
CAPRINOS E OVINOS

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Zootecnia da Universidade Estadual Vale do Acaraú, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal

ORIENTADOR:

PROFA. DRA. ÂNGELA MARIA DE VASCONCELOS

SOBRAL – CE
FEVEREIRO – 2011

Ficha catalográfica elaborada na seção de Processos Técnicos, da Biblioteca Central da UVA

G614d

Gomes, Gil Mario Ferreira

Degradabilidade ruminal do bagaço de cana-de-açúcar em caprinos e ovinos / Gil Mario Ferreira Gomes. -- Sobral: UVA/ Centro de Ciências Agrárias e Biológicas, 2011.

53f. : il.

Orientador: Ângela Maria de Vasconcelos

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Vale do Acaraú / Centro de Ciências Agrárias e Biológicas / Mestrado em Zootecnia, 2011.

1. Pequenos ruminantes. 2. Caprinos. 3. Ovinos. 4. Cana-de-açúcar. I. Vasconcelos, Ângela Maria de. II. Universidade Estadual Vale do Acaraú, Centro de Ciências Agrárias e Biológicas. IV. Título.

CDD 636.3

GIL MARIO FERREIRA GOMES

**DEGRADABILIDADE RUMINAL DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇUCAR EM
CAPRINOS E OVINOS**

Dissertação defendida e aprovada em ____/____/____ pela Comissão Examinadora:

**PROF. DR. ARNAUD AZEVÊDO ALVES
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ – UFPI**

**DRA. ANA CLARA RODRIGUES CAVALCANTE
EMBRAPA CAPRINOS E OVINOS**

**PROF. DR. MARCOS CLÁUDIO PINHEIRO ROGÉRIO
EMBRAPA CAPRINOS E OVINOS**

**DRA. HÉVILA OLIVEIRA SALLES
EMBRAPA CAPRINOS E OVINOS**

**PROFA. DRA. ÂNGELA MARIA DE VASCONCELOS
UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ – UVA
(PRESIDENTE)**

SOBRAL – CE
FEVEREIRO – 2011

Quero sonhar sempre. Um sonho a cada passo. Quero que na minha caminhada não exista obstáculos impossíveis, pois se existirem eu vou ter que ultrapassá-los nem que tenha de me superar por que eu sei que quando o homem ultrapassa seus limites ele estará bem perto de Deus.

Autor desconhecido

A minha mãe Edna, a minha esposa Fabiana e aos meus avós Raimunda “Betinha” e Antônio Gomes, pelo apoio incondicional e por serem a razão pela qual luto pelas minhas conquistas.

Ofereço

Aos meus orientadores, Dra. Ângela Vasconcelos, Dra. Hévila Salles e Dr. Egito, pelos ensinamentos.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e por nos permitir superar nossas expectativas.

À minha mãe “guerreira” Edna que tanto acreditou e foi e sempre será minha fortaleza para minhas conquistas.

À minha esposa Fabiana pelo incentivo, dedicação, compreensão e companheirismo.

Aos meus avós pelo carinho e ensinamentos da vida.

Às estagiárias Natália e Sueli pela amizade, consideração e apoio nas atividades de campo.

À profa. Aline Landim pela contribuição nas análises estatísticas.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal da Embrapa Caprinos e Ovinos Valdécio, Liduína e Márcio.

Aos analistas, Leandro, Fernando Henrique e Eduardo pela contribuição na execução deste trabalho.

Aos técnicos agrícolas, Pedro, Fábio, Evaristo e ao técnico de laboratório Expedito pelo apoio nas atividades de campo.

Aos manejadores, “Zé Leão” e “Mascote”, pela ajuda no manejo diário com os animais durante todo o trabalho.

Aos amigos da Embrapa gado de leite, Marlice e Júnior.

Ao Dr. Jailton, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, e ao Adriano, estatístico da Embrapa Caprinos e Ovinos, pela orientação na análise estatística dos dados coletados de degradabilidade ruminal *in situ*.

Ao Dr. Marco Bomfim por ter contribuído na elaboração das dietas e nos momentos de dúvidas.

Aos co-orientadores, Dra. Hévila e Dr. Egito, pelos ensinamentos e consideração.

À Profa. Dra. Ângela, pela orientação e amizade.

À Embrapa, pelo apoio financeiro e pelo espaço físico para execução do experimento.

E a todos aqueles que não tiveram seus nomes mencionados, mas que contribuíram para o desenrolar deste trabalho e da minha formação profissional.

A todos meu muito obrigado.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	XI
LISTA DE FIGURAS	XII
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.....	XIII
RESUMO GERAL	XIV
ABSTRACT	XV
CONSIDERAÇÕES GERAIS	16
CAPÍTULO 1 - REFERENCIAL TEÓRICO	18
1. Bagaço de cana-de-açúcar como recurso nutricional	19
2. Degradabilidade ruminal de caprinos e ovinos	20
3. Efeitos da fibra sobre a fermentação ruminal.....	21
4. Técnica <i>in situ</i> para determinação da degradabilidade ruminal	23
CAPÍTULO 2 - VALOR NUTRITIVO DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR EM DIETAS PARA CAPRINOS E OVINOS: DEGRADABILIDADE E DINÂMICA DA FERMENTAÇÃO RUMINAL	30
Resumo.....	31
Introdução.....	32
Material e métodos	33
Conclusão	45
Referências bibliográficas	46
ANEXO	50
Anexo A - Cuidados com animais fistulados	51
1. Medidas e cuidados pré-cirúrgicos	51
2. Medidas e cuidados pós-cirúrgicos	52
Anexo B – Procedimentos experimentais	53

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

PÁGINA

1. Composição centesimal da dieta experimental e bromatológica em base de matéria seca expressos em percentagem (%)	33
2. Composição bromatológica do bagaço de cana-de-açúcar, em base de matéria seca, incubado no rúmen de caprinos e ovinos	34
3. Parâmetros de degradação ruminal e degradabilidade efetiva (DE) para as taxas de passagem 2, 6 e 8%/h da matéria seca (MS) do bagaço de cana-de-açúcar em caprinos e ovinos.....	37
4. Desaparecimento da matéria seca (%) do bagaço de cana-de-açúcar em caprinos e ovinos, em função do tempo de incubação no rúmen	39
5. Parâmetros de degradação ruminal e degradabilidade efetiva (DE) para as taxas de passagem 2, 6 e 8%/ h da fibra em detergente neutro (FDN) do bagaço de cana-de-açúcar em caprinos e ovinos	40
6. Desaparecimento da fibra em detergente neutro (%) do bagaço de cana-de-açúcar em caprinos e ovinos, em função do tempo de incubação no rúmen	42
7. pH e concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (N-NH ₃) em caprinos e ovinos nos tempos 0, 6 e 12 horas após a primeira refeição.....	43

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

	PÁGINA
1. Degradabilidade ruminal da matéria seca (MS) do bagaço de cana-de-açúcar em ovinos e caprinos	38
2. Degradabilidade ruminal da fibra em detergente neutro (FDN) do bagaço de cana-de-açúcar em ovinos e caprinos	41

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

%	Porcentagem
%/h	Porcentagem por hora
°C	Graus celsius
A	Potencial máximo de degradabilidade
AGVs	Ácidos graxos voláteis
B	Fração potencial degradável do material após t_0
BCA	Bagaço de cana-de-açúcar
c	Taxa de degradação do material degradável
Ca	Cálcio
d	Degradabilidade (%)
DE	Degradabilidade efetiva
EE	Extrato etéreo
Eh	Potencial de óxido-redução
Exp	Exponencial
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em Detergente Neutro
g/kg ^{0,75}	Gramas por quilograma de peso metabólico
k	Taxa de passagem
Log	Logarítimo
MS	Matéria seca
mL	Mililitros
EM	Energia Metabolizável
N-NH ₃	Nitrogênio amoniacal
P	Fósforo
PB	Proteína bruta
pH	Potencial hidrogeniônico
S=a	Fração solúvel estimada por t_0
TC	Tempo de colonização
t_0	Tempo zero (material solúvel + pequenas partículas)
vs	Versus

RESUMO GERAL

Objetivou-se determinar a degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN) do bagaço de cana-de-açúcar (BCA) e os parâmetros ruminais em caprinos e ovinos. Utilizaram-se três caprinos da raça Moxotó e três ovinos da raça Morada Nova, fistulados no rúmen. A dieta constou de volumoso: concentrado na proporção de 54:46, fornecida duas vezes ao dia. Foi pesado 3 g do BCA moído em peneira de 5 mm e colocado em sacos de náilon medindo 5 x 13 cm. Os tempos de incubação foram 0, 6, 24 e 96 horas. Após incubação, os resíduos dos sacos foram analisados quanto ao conteúdo de MS e FDN. A coleta de líquido ruminal foi realizada via cânula nos tempos 0 (antes da primeira refeição), 6 e 12 horas após a primeira refeição. O potencial de máxima degradação (A) da MS do BCA foi semelhante entre as espécies caprina e ovina (35,08% vs 34,15%), respectivamente. Os ovinos apresentaram maiores tempo de colonização (TC) (0,52 vs -2,81 h), “c” (3,7%/h vs 1,4%/h) e degradabilidade efetiva (DE) para as taxas de passagens de 2%/h (26,98% vs 20,43%), 6%/h (20,70% vs 15,70%) e 8%/h (19,16% vs 14,85%). O desaparecimento da MS do BCA diferiu entre espécies nos tempos 24 e 96 h. No tempo de incubação de 6 horas não houve diferença entre as espécies. O desaparecimento de MS dentro de cada espécie diferiu nos tempos. O potencial de máxima degradação (A) da FDN do BCA foi superior em caprinos (33,82%). A taxa de degradação (c) foi maior em ovinos (2,7%/h vs 1,6%/h). Efeito semelhante ao valor de (c) foi observado para TC (1,69 h vs -0,49) e DE para as taxas de passagens 2%/h (22,63% vs 19,05%), 6%/h (15,62% vs 12,95%) e 8%/h (14,08% vs 11,08%). O desaparecimento da FDN do BCA diferiu entre espécies e dentro de espécies. Não houve diferença de pH entre as espécies. O efeito dentro de espécie foi significativo para os caprinos com maior pH antes do fornecimento da alimentação (6,88) em relação aos tempos 6 e 12 h de 6,33 e 6,05, respectivamente, que não foi significativo entre si. Houve diferença para a concentração de N-NH₃ do líquido ruminal entre e dentro das espécies. A maior concentração de N-NH₃ foi observada nos caprinos no tempo 0 (15,04 mg/dL). O bagaço de cana-de-açúcar pode ser utilizado na dieta de pequenos ruminantes na proporção de 30% na MS. Os ovinos tiveram maior velocidade de degradação da MS do BCA, podendo, portanto, apresentar crescimento mais eficiente da microbiota ruminal sobre o BCA.

Palavras-chave: fibra, pequenos ruminantes, resíduo, rúmen, sacos de náilon móveis

ABSTRACT

The aim the study was to determine the ruminal in situ degradability dry matter (DM) and neutral detergent fiber (NDF) of sugarcane bagasse (SB) and its ruminal parameters in sheep and goats. Three Moxotó goats and three Morada Nova sheep fistulated in the rumen were used. The diet consisted of roughage:concentrate rate of 54:46 supplied twice a day. Three grams of SB were weighed and ground into a 5 mm sieve and placed in nylon bags measuring 5x13cm. Incubation times were 0, 6, 24 and 96 h. After incubation, the waste in the bags were analyzed for DM and NDF. Ruminal fluid collection was performed via cannula at time 0 (before the first meal), 6 and 12 h after the first meal. The potential of maximum degradation (A) of the MS of SB was similar between species (35.08% vs 34.15%, goats and sheep, respectively). Sheep had higher colonization time (CT) (0.52 vs. -2.81 h), c (3.7% / h vs. 1.4% / h) and effective degradability (ED) for rates of passages 2%/h (26.98% vs 20.43%), 6%/h (20.70% vs 15.70%) and 8%/h (19.16% vs 14.85%). DM disappearance of SB has differed between species for the times 24 and 96 h. In the incubation time of 6 hours there was no difference between species (15.40%). The disappearance of MS within species has differed significantly between times. The potential of maximum degradation (A) of NDF was higher in goats (33.82%). The rate of degradation (c) was higher in sheep (2.7% / h vs. 1.6% / h). Similar effect on the value of (C) was observed for TC (1.69 h vs. -0.49) and ED for rates of passage 2%/h (22.63% vs 19.05%), 6%/h (15.62% vs 12.95%) and 8%/h (14.08% vs 11.08%). The disappearance of NDF of SB has differed between species and within species. There was no significant difference in pH between species ($P > 0.05$). The effect within species was significant for goats with a higher pH before the feed supply (6.88) compared with 6 and 12 times 6.33 and 6.05, respectively, which did not differ with each other. There was significant difference in $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration of ruminal fluid between and within species. The highest concentration of $\text{NH}_3\text{-N}$ was observed in goats in the time 0 (15.04 mg / dL). The sugarcane bagasse can be used in the diet of small ruminants in the proportion of 30% in MS. The sheep had a higher rate of degradation of the sugarcane bagasse MS and can therefore provide more efficient growth of rumen microbiota on the sugarcane bagasse.

Keywords: fiber, nylon bags, rumen, small ruminant, waste

CONSIDERAÇÕES GERAIS

A cana-de-açúcar é uma planta da família das poaceae, popularmente conhecidas como gramíneas, originária da Ásia Meridional. O bagaço é um resíduo fibroso (lignocelulósico) que permanece depois que o conteúdo solúvel “garapa” é extraído durante o processo de moagem.

No Brasil, a cana-de-açúcar é um dos principais produtos agrícolas, sendo cultivada desde a época da colonização. O país também assume a posição de maior produtor mundial e de maior exportador de açúcar e etanol, tendo uma área cultivada de, aproximadamente, nove milhões de hectares, no entanto, apenas um terço da biomassa é aproveitado para a produção de açúcar e etanol. O principal fator responsável pela produção desse resíduo foi à substituição parcial da gasolina pelo álcool, devido à necessidade de se reduzir a emissão de gases oriundos da queima de combustíveis fósseis.

Em decorrência desse aumento na atividade sucroalcooleira, várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas para a utilização dos subprodutos gerados, que possam ser utilizados na alimentação animal ou na reutilização para produção de etanol.

A alternativa do uso do bagaço de cana-de-açúcar na alimentação animal pode ser uma das formas de aproveitamento. O valor nutritivo desse resíduo lignocelulósico é baixo, devido às ligações que ocorrem na parede celular entre a celulose, hemicelulose e lignina. As fibras contêm elevado nível de lignina, sendo, portanto, responsável pelo baixo aproveitamento na alimentação animal, pela baixa densidade energética e limitações de nutrientes como proteínas e minerais. Apesar do baixo valor nutritivo, pode ser usado na dieta dos ruminantes, que ao longo da evolução estabeleceram uma relação simbiótica com micro-organismos (bactérias, fungos e protozoários) e passaram a utilizar alimentos ricos em celulose, devido à presença de enzimas secretadas pelos micro-organismos.

O uso de tratamento químico comumente é utilizado para melhorar o seu valor nutritivo, no entanto, apresenta-se, para alguns produtores rurais, inviável e pode ser uma importante fonte poluidora do meio ambiente. Esse método promove a ruptura das complexas ligações químicas entre celulose e hemicelulose, disponibilizando o material, teoricamente, para adesão da população microbiana e ataque enzimático fibrolítico.

No entanto, o fornecimento do bagaço de cana-de-açúcar não tratado quimicamente, a algumas espécies de ruminantes, como ovinos e caprinos, que possuem maior poder seletivo, podem representar potenciais fontes possuidoras de micro-organismos dotadas de uma alta

capacidade de degradar materiais lignocelulósicos em regiões áridas e semiáridas, caracterizadas no período de escassez de forragem por alimento de baixa qualidade nutricional.

Assim, no presente trabalho objetivou-se avaliar o efeito da degradação microbiana do bagaço de cana-de-açúcar (BCA) e a determinação dos parâmetros ruminais (pH e N-NH₃) de diferentes espécies de ruminantes (caprinos e ovinos).

CAPÍTULO 1

REFERENCIAL TEÓRICO

1. Bagaço de cana-de-açúcar como recurso nutricional

Os subprodutos do processamento da cana-de-açúcar constituem importante alternativa alimentar, principalmente na época de escassez de forragem, sendo que seu período de safra (maio a dezembro) coincide com o de entressafra de outras atividades agrícolas. O bagaço de cana-de-açúcar é o mais importante em quantidade. Este resíduo, também conhecido como resíduo lignocelulósico, é um volumoso de baixo valor nutritivo (Ezequiel & Andrade, 1988; Berndt et al., 2002), apresentando-se pobre em proteínas, minerais e vitaminas e elevado teor de fibra de baixa degradação ruminal, em virtude do alto grau de lignificação. Pires et al. (2004) obtiveram para o bagaço de cana teores de 1,8% PB, 94,3% FDN, 62,7% FDA, 45,3% celulose, 31,6% hemicelulose, 16,5% de lignina. Dados do NRC (2007) apresentam a seguinte composição bromatológica: 91% de MS, 36% NDT, 1% PB, 59% FDA, 86% FDN (100% de FDN efetiva) e 0,7 de EE. Como pode ser observada, a composição do bagaço de cana-de-açúcar pode ser alterada, principalmente em função da variedade da cana-de-açúcar, eficiência de extração da garapa e da época de corte (Fernandes et al., 2003).

Em virtude das limitações do seu uso, tratamentos químicos e físicos são utilizados para melhorar sua qualidade (Pires et al., 2006; Pereira Filho et al., 2003). Vários são os processos, como fermentação, tratamento a vapor ou com diversos agentes químicos (principalmente hidróxido de sódio - NaOH), ensilagem, peletização ou peneiramento, para tentar melhorar o valor nutritivo. Apesar do tratamento químico proporcionar um material de melhor qualidade, tal prática pode ser inviável para alguns produtores, além do uso de produtos químicos conferir perigo a saúde do manipulador e causar impacto ao meio ambiente. Assim, é essencial a investigação da melhor forma de uso do bagaço de cana, como fonte de volumoso de fácil acesso e, seu uso pode reduzir os custos de produção de um rebanho comercial. De acordo com Brandão et al. (2003) seu fornecimento é recomendado em casos específicos, como corrigir deficiência em fibra da dieta, evitar distúrbios ruminais verificados com alimentos com baixa fibra ou fornecido a categorias animais menos exigentes, como aqueles em manutenção, e os mantidos na caatinga na época seca. Os animais, principalmente caprinos e ovinos naturalizados, podem apresentar potencial de aproveitamento, pois, sobrevivem ao período de estiagem que é caracterizado pela queda da qualidade da forragem disponível, diminuição do teor de proteína e da digestibilidade em função do alto teor de lignina.

2. Degradabilidade ruminal de caprinos e ovinos

O processo digestivo em ruminantes é caracterizado pela fermentação microbiana que ocorre no rúmen-retículo e omaso, portanto, a maior parte dos componentes da dieta ingerida pelos ruminantes sofre ação microbiana, principalmente no rúmen-retículo. Neste sentido, a degradabilidade ruminal dos alimentos consiste em um importante parâmetro para estudos em nutrição de ruminantes, pois gera informação do aproveitamento dos alimentos ingeridos e da fração do alimento degradada e não-degradada no rúmen.

É comum nos estudos em nutrição de ruminantes utilizarem dados coletados em uma determinada espécie em outra distinta, como no caso do uso de ovinos por ser de melhor manipulação que bovinos, por isso são usados como modelos e, gerar informação para bovinos. Outra situação é quando há escassez de informação, no caso do efeito da fibra dietética sobre o desempenho de caprinos (Lu et al., 2005). No entanto, as espécies diferem no seu comportamento alimentar, nível de consumo e seleção da dieta (Lu et al., 2005; Morand-Fehr, 2005), variáveis que influenciam a degradação e a eficiência de utilização dos alimentos, ou seja, a diferença entre as espécies de ruminantes deve ser considerada e estudadas de forma específica.

Evidências na literatura mostram, que a diferença da digestibilidade e degradabilidade ruminal entre caprinos e ovinos é mais pronunciada quando a dieta é de menor qualidade, favorecendo a espécie caprina e isto se deve ao seu poder seletivo. Isto é corroborado por Molina Alcaide et al. (1997) e Molina Alcaide et al. (2000). No primeiro estudo, onde caprinos e ovinos pastejaram no pasto de baixa qualidade em região semiárida com vegetação predominante de arbustos e árvores no Sudeste da Espanha, observaram que a dieta selecionada pela espécie ovina foi de pior qualidade que aquela dos caprinos, caracterizada por alto teor de fibra e grau de lignificação. Consequentemente, a dieta elegida pelos caprinos obteve maior fração solúvel “a” de 18,5% *versus* 15,7% para ovinos e, menor fração insolúvel potencialmente degradada “b” de 37% *versus* 41,1% para ovinos. No segundo estudo, verificaram que caprinos e ovinos alimentados com dietas de alta qualidade (feno de alfafa) não diferiram para os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (63,45%), proteína bruta (82,5%), fibra em detergente neutro (52,75%) e fibra em detergente ácido (48%) e nos parâmetros de degradação ruminal da matéria seca do feno de alfafa, sendo, portanto encontrado valor médio para a fração insolúvel potencialmente degradada de 67,75% e taxa de

degradação de $0,089 \text{ h}^{-1}$. Vale ressaltar, que no referido trabalho foi mantida uma condição onde a seleção pelos animais da dieta oferecida foi suprimida.

Além do processo seletivo ser mais pronunciado em caprinos, a maior concentração de bactérias celulolíticas parece favorecer a degradação de alimentos fibrosos de baixa qualidade nesta espécie. Gihad et al. (1980) encontraram maior concentração de bactérias celulolíticas tanto antes (0 hora) quanto 4 horas após a alimentação em caprinos alimentados com fibra de baixa qualidade. A maior concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH_3) no líquido ruminal de caprinos pode explicar a maior concentração de bactérias celulolíticas (Carneiro, 1994; Molina Alcaide et al. 1997; Molina Alcaide et al., 2000). Esses micro-organismos utilizam N-NH_3 como a principal fonte de nitrogênio para seu crescimento (Arcuri et al., 2006).

3. Efeitos da fibra sobre a fermentação ruminal

O processo fermentativo no rúmen é mantido pelo consumo de alimento pelo animal hospedeiro e por condições adequadas de ambiente ruminal como pH próximo da neutralidade em torno de 5,5 a 7,2, temperatura aproximada de 38°C a 42°C e ambiente anaeróbico com baixo potencial de óxido-redução (Eh) -250 a -450 (Valadares Filho e Pina, 2006). Dentro do limite de variação destes parâmetros ocorre a degradação dos substratos que o hospedeiro consome.

Os ácidos graxos voláteis - AGVs (acetato, propionato e butirato) são os principais produtos finais da fermentação microbiana no rúmen (Van Soest, 1994). Sua composição influencia a síntese de gordura no leite e no tecido adiposo. O ácido acético é conhecido como precursor para síntese de gordura no leite e o ácido propiônico participa principalmente da biossíntese de glicose (gliconeogênese). A composição da dieta altera os AGVs, sendo que, dietas com maior proporção de forragem produzem principalmente ácido acético, butírico e isobutírico, e com maior participação de concentrado, principalmente ácido propiônico (Lu et al., 2005).

O pH exerce um poder seletivo sobre os micro-organismos ruminais. Bactérias fibrolíticas, por exemplo, são sensíveis a pH abaixo de 6,0 (Strobel e Russel, 1986). O ácido acético é o principal produto final do metabolismo desses microrganismos, ou seja, a concentração deste metabólito no rúmen depende dos valores de pH (Calsamiglia et al., 2008). A cinética de digestão da celulose é limitada pela disponibilidade de substrato. Assim, dieta rica

em fibra favorece o crescimento de bactérias celulolíticas além de estimular salivação, consumo e ruminação.

Outros micro-organismos como bactérias metanogênicas e protozoários também são sensíveis ao baixo pH. O grupo de microrganismos resistentes ao baixo pH normalmente são aqueles que utilizam amido e açúcares simples. O principal metabólito das bactérias amilolíticas é o propionato, no entanto, em pH abaixo de 5,5 ocorre acúmulo de ácido lático devido à inibição da piruvato-formato liase (Asanuma et al., 1999). Outro aspecto é que em ambiente ruminal ácido as exigências de manutenção das bactérias aumentam, com gastos de transporte de prótons pela parede celular (Wallace e Cotta, 1989). Isto foi constatado por Calsamiglia et al. (2008) que observaram menor fluxo de N-microbiano à medida que o pH ruminal diminuiu.

A amônia presente no rúmen é a mais importante fonte de nitrogênio para a síntese protéica microbiana, principalmente para bactérias fibrolíticas. As principais fontes de amônia do conteúdo ruminal são degradação da proteína dos alimentos, uréia presente na saliva, plasma e alimento. Bactérias amilolíticas preferem aminoácidos e/ou peptídeos, e os protozoários obtêm seus compostos nitrogenados pela degradação de bactérias, fungos e pequenas partículas de alimentos (Arcuri et al., 2006).

Segundo Van Soest (1994), o nível ótimo de nitrogênio amoniacal para que haja adequada ação fermentativa é 10 mg/100 mL. No entanto, esse valor não deve ser considerado fixo, devido à capacidade de síntese de proteína e captação de amônia pelas bactérias depender da energia fermentada no rúmen (Ítavo et al., 2002; NRC, 2007).

A amônia que não é utilizada pelos micro-organismos é absorvida pela parede ruminal, sendo direcionada ao fígado via circulação sanguínea, onde entra no ciclo da uréia. Estudos realizados em ovinos e caprinos indicam que cerca de 18 a 85% da uréia no sangue é direcionada ao rúmen via saliva ou por difusão pelo sangue (Koenig et al., 2000). Geralmente, dietas ricas em forragens aumentam o fluxo de uréia via saliva (70%), por outro lado, dietas ricas em concentrado há maior transferência de uréia para o rúmen por difusão via sangue (67%). O tamanho das glândulas salivares também pode influenciar a produção de saliva. Espécies seletoras de concentrados e aquelas de hábito alimentar intermediário, como por exemplo, caprinos, possuem glândula salivar submaxilar e parótida (1,2 a 1,8 g/kg do peso vivo) maior que aquelas espécies pastejadoras (0,6 g/kg do peso vivo), o que sugere maior produção de saliva (Kay et al., 1980; Hofmann, 1989) e, conseqüentemente, maior transferência de uréia via saliva para o rúmen (NRC, 2007). Alrahmoun et al. (1986) observaram maiores

concentrações de N-NH₃ em caprinos: 13, 8 e 7, que em ovinos: 1, 8 e 2, respectivamente, para as dietas palha tratada (4% NaOH) (P), palha tratada (4% NaOH) + 1,2% uréia (PU) e palha tratada (4% NaOH) + 12% farelo de soja (OS). A concentração de N-NH₃ na dieta PU não diferiu entre as espécies, porém nas demais os caprinos apresentaram a maior concentração.

4. Técnica *in situ* para determinação da degradabilidade ruminal

O método *in situ* utilizado para estudar a degradabilidade dos alimentos não é uma técnica recente. Na década de 30 Quin e colaboradores reportaram que tal método fornece resultados mais precisos que aqueles obtidos por meio de outras técnicas, principalmente comparados aqueles *in vitro*. Isto também é corroborado por Varel e Kreikemeier (1995) ao comparar as técnicas *in situ* e *in vitro*, os quais observaram que o método *in situ* promoveu um *lag time* mais curto (3,5 horas a menos), rápida taxa (0,030 %/h) e uma maior extensão (6%) da digestão. Segundo os autores este efeito foi devido à menor concentração de micro-organismos no inóculo *in vitro*. As tentativas de aumentar a concentração microbiana não obtiveram sucesso, uma vez que ocorreu rápido acúmulo dos produtos finais oriundos da fermentação e consequente queda do pH.

A técnica se fundamenta na incubação de sacos de náilon intraruminal contendo alimento, apresentando como vantagem o fato do processo de degradação ocorrer em condições do rúmen (Berchielli et al., 2005). É comumente utilizada para determinação da degradação protéica no rúmen, no entanto, também vem sendo usada para avaliação de matéria seca e carboidratos (Tomich e Sampaio, 2004). Esta característica é considerada vantajosa em relação aos métodos laboratoriais (Stern et al., 1997). Por outro lado, o alimento não sofre os processos de mastigação, ruminação e passagem (Nocek, 1988), o que pode subestimar ou superestimar os resultados obtidos. A contaminação microbiana é outra fonte de erro que deve ser considerada, principalmente na avaliação da degradação protéica (Berchielli et al., 2005). A solução detergente neutro (SDN) pode ser utilizada para remover os micro-organismos aderidos às partículas de alimentos (Mass et al., 1999). No caso de alimentos fibrosos esta fonte de variação é minimizada (Berchielli et al., 2005). Em extensa revisão, Huntington e Givens (1995) e Nocek (1988), reportam as principais fontes de variação do método.

A degradação (desaparecimentos) dos alimentos ingeridos ocorre em função da competição entre as taxas de digestão e de passagem ao longo do trato gastrointestinal (TGI). Levando em consideração tais parâmetros, os modelos matemáticos mais empregados tem sido

os semi-logarítmicos ou exponenciais. Segundo Mehrez e Ørskov (1977) as equações exponenciais são ótimas ferramentas para o estudo de degradação de forrageiras, sugerindo a seguinte equação: $p = a + b(1 - e^{-ct})$, onde: p = percentagem de degradação após um determinado tempo (t) expresso em horas de incubação; a = é o substrato solúvel e completamente degradado, sendo, portanto, determinado no tempo zero (t_0), material que não sofre incubação ruminal; b = substrato insolúvel, mas potencialmente degradado, ou seja, representa a degradabilidade do material que permaneceu no saco após o t_0 .

Um lapso de tempo durante o qual não ocorria fracionamento do material incubado foi observado por McDonald (1981) ao revisar o modelo proposto inicialmente. Este tempo consiste no tempo de colonização onde as bactérias colonizam o substrato para posterior degradação. Com o levantamento de tal informação, Sampaio (1988) propôs um modelo simplificado de degradação em função do tempo de incubação (t), considerando apenas os resultados observados após o término do tempo de colonização (*lag time*), como expresso: $d = A - B \exp(-c*t)$, onde: A = percentagem máxima de degradação; B = fração potencialmente degradável após t_0 ; c = taxa de degradação; t = tempo de degradação expresso em horas. Destacou ainda, que os parâmetros A e c são os principais elementos de qualificação de uma forrageira. Forragens mais digestíveis apresentam valores altos de A e c , portanto, alcançam o potencial máximo de degradação em menor tempo. A fração B não assume valor biológico de interesse, normalmente indica apenas quanto do potencial de degradação foi efetivamente devido à ação químico-microbiológica (Sampaio, 1994).

O intervalo de tempo de incubação no rúmen sugerido por Sampaio (1988) deve ser de 6 a 96 horas. O primeiro horário de incubação de 6 horas é recomendado porque ultrapassa o tempo de colonização, que não pode ser utilizado para o cálculo do modelo proposto, de várias forrageiras tropicais, tratadas ou não quimicamente, de boa ou baixa qualidade (Barbi, 1991; Sampaio 1992). A utilização do tempo de incubação máximo de 96 horas não diminui a precisão quando comparado àqueles obtidas em tempos superiores. No entanto um tempo inferior a 96 horas subestimar o valor de A para forrageiras de baixa qualidade (Sampaio, 1994). O número de colheitas dentro do intervalo proposto acima fica a critério do pesquisador, no entanto um grande número além de aumentar o trabalho experimental interfere no processo digestivo pelas constantes retiradas dos sacos de náilon, o que pode aumentar o erro experimental e o estresse animal (Sampaio, 1991).

Em relação aos pontos experimentais de colheita, Sampaio (1990) observou menor acurácia no tempo máximo de incubação de 48 horas ($R^2 = 96,5\%$). Quando incluiu o tempo de

96 horas, houve aumento da acurácia da estimativa ($R^2 = 98,8\%$), na determinação dos parâmetros de degradação ruminal. Neste mesmo trabalho também foi observado, que o menor número de coletas foi mais preciso nas estimativas dos parâmetros. Os pontos de coletas de 6-24-96 horas e 6-12-96 horas obtiveram maior coeficiente de determinação ($R^2 = 99\%$ e $R^2 = 99,1$, respectivamente).

Os principais cuidados pré e pós-cirúrgicos com animais fistulados estão apresentados no Anexo A.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALRAHMOUN, W.; BELLET, B.; MASSON, G. Effets compares du régime alimentaire sur l'activité microbienne dans le rumen des ovins et des caprins. **Reproduction Nutrition Development**, v.25, n.4B, p.757, 1985.
- ARCURI, P.B., F.C.F. LOPES E J.C. CARNEIRO. **Microbiologia do rúmen**. In: T.T. Berchielli, A.V. Pires e S.G. Oliveira. (Eds) Nutrição de ruminantes. Jaboticabal: Funep, p.539-580, 2006.
- ASANUMA, N.; IWAMOTO, M.; HINO, T. Structure and transcriptional regulation of the gene encoding pyruvate formate-lyase of a ruminal bacterium, *Streptococcus bovis*. **Microbiology**, v.145, p.151-157, 1999.
- BARBI, J.H.T.; SAMPAIO, I.B.M. Efeito do tamanho da partícula na estimativa de parâmetros da equação de degradação da matéria seca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27., 1991, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 1991. p.225.
- BERCHIELLI, T. T.; OLIVEIRA, S. G.; GARCIA, A. V. Aplicações de técnicas para estudos de ingestão, composição da dieta e digestibilidade. **Archives of Veterinary Science**, v.10, n.2, p.29-40, 2005.
- BERNDT, A.; HENRIQUE, W.; LANNA, D.P.D. et al. Milho úmido, bagaço de cana e silagem de milho em dietas de alto teor de concentrado, composição corporal e taxas de deposição dos tecidos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.2105-2112, 2002.
- BRANDÃO, T.L.; ANDRADE, M.; VERAS, A.S.C. et al. Níveis de bagaço de cana e uréia como substituto ao farelo de soja em dietas para bovinos leiteiros em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.760-767, 2003.
- CALSAMIGLIA, S.; CARDOZO, P.W.; FERRET, A. et al. Changes in rumen microbial fermentation are due to a combined effect of type of diet and pH. **Journal of Animal Science**, v.86, p.702-711, 2008.
- CARNEIRO, J.C. **Dinâmica da fermentação ruminal e cecal em ovinos e caprinos**. 1994. 143 f. Tese (Doutor em Ciência Animal) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1994.
- EZEQUIEL, J.M.B.; ANDRADE, P. Avaliação de rações contendo bagaço de cana-de-açúcar e palha de arroz. Ingestão e digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.17, n.5, p.466-455, 1988.
- FERNANDES, A.M.; QUEIROZ, A.C.; PEREIRA, J.C. et al. Composição químico-bromatológica de variedade de cana-de-açúcar (*Saccharum spp L.*) com diferentes ciclos de produção (precoce e intermediários) em três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.977-985, 2003.
- GIHAD, E.A.; EL-BEDAWY, T.M.; MEHREZ, A.Z. Fiber digestibility by goats and sheep. **Journal Dairy Science**, v.63, p.1701-1706, 1980.

HOFMANN, R.R. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: A comparative view of their digestive system. **Oecologia**, v.78, p.443-457, 1989.

HUNTINGTON, J.A.; GIVENS, D.I. The *in situ* technique for studying the rumen degradation of feeds: A review of the procedure. **Nutrition Abstracts and Reviews (Series B)**, v.65, n.2, 1995.

ÍTAVO, L.C.V.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, F.F. et al. Produção microbiana e parâmetros ruminais de novilhos alimentados com dietas contendo vários níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1553-1561. 2002 (supl.).

KAY, R.N.B.; ENGELHARDT, W.V.; WHITE, R.G. The digestive physiology of wild ruminants. In: RUCKEBUSH, Y.; THIVEND, P. **Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants**. Lancaster, UK: MTP Press Ltd., international Medical Publishers, 1980. p.743-761.

KOENIG, K.M.; NEWBOLD, C.J.; McINTOCH, F.M. et al. Effects of protozoa on bacterial nitrogen recycling in the rumen. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2431-2445, 2000.

LU, C.D.; KAWAS, J.R.; MAHGOUB, O.G. Fibre digestion and utilization in goats. **Small Ruminant Research**, v.60, p.45-52, 2005.

MASS, R.A.; LARDY, G.P.; GRANT, R.J. et al. *In situ* neutral detergent insoluble nitrogen as a method for measuring forage protein degradability. **Journal Animal Science**, v.77, p.1565-1571, 1999.

McDONALD, I. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. **Journal of Agricultural Science**, v.96, p.251-252, 1981.

MEHREZ, A. Z. e ØRSKOV, E. R. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feed in the rumen. **Journal Agricultural Science**, v.88, n.3. p.645-650, 1977.

MOLINA ALCAIDE, E.; GARCÍA, M.A.; AGUILERA, J.F. A comparative study of nutrient digestibility, kinetics of degradation and passage and rumen fermentation pattern in goats and sheep offered good quality diets. **Livestock Production Science**, v.64, p.215-223, 2000.

MOLINA ALCAIDE, E.; GARCÍA, M.A.; AGUILERA, J.F. The voluntary intake and rumen digestion by grazing goats and sheep of a low-quality pasture from a semi-arid land. **Livestock Production Science**, v.52, p.39-47, 1997.

MORAND-FER, P. Recent developments in goats nutrition and application: A review. **Small Ruminant Research**, v.50, p.25-43, 2005.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC, 1.ed. Washington, DC, USA: NAP, 2007, 362p.

NOCEK, J.E. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal Dairy Science**, v.71, n.8, p.2051-2069, 1988.

PEREIRA FILHO, J.M.; VIEIRA, E.L.; SILVA, A.M.A. Efeito do tratamento com hidróxido de sódio sobre a fração fibrosa, digestibilidade e tanino do feno de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*. Wild). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.1, p.70-76, 2003.

PIRES, A.J.V., REIS, R.A., CARVALHO, G.G.P. et al. Bagaço de cana-de-açúcar tratado com hidróxido de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.953-957, 2006. (Supl.).

PIRES, A.V.; OLIVEIRA JUNIOR, R.C.; FERNANDES, J.J.R. et al. Substituição do farelo de soja por uréia ou amiréia na dieta de bovinos de corte confinados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.9, p.937-942, 2004.

SAMPAIO, I. B. M. **Experimental designs and modelling techniques in the studies of roughage degradation in rumen and growth of ruminants**. 1988. 228f. (PhD thesis) Univesity of Reading, Reading.

SAMPAIO, I.B.M. Seleção de pontos experimentais de colheita de material para o estudo de degradação de matéria seca no rúmen. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27., Campinas. **Anais...** Campinas, 1990. p.13.

SAMPAIO, I.B.M. Controle do erro experimental em ensaios com ruminantes fistulados. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 28., João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 1991. p.198.

SAMPAIO, I. B. M. Avaliação do efeito do tratamento químico com hidróxido de rádio sobre a digestibilidade de gramíneas tropicais fenada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29º., 1992, Maringá. **Anais...**, Lavras, 1002, p.161.

SAMPAIO, I. B. M. Contribuições estatísticas e de técnica experimental para ensaios de degradabilidade de forragens quando avaliada *in situ*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994, Maringá. **Anais...**, Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1994, p.81-88.

STERN, M.D.; BACH, A.; CALSAMIGLIA, S. Alternative techniques for measuring nutrient digestion in ruminants. **Journal Animal Science**, v.75, n.8, p.2256-2276, 1997.

STROBEL, H.J.; RUSSELL, J.B. Effect of pH and energy spilling on bacterial protein synthesis by carbohydrate limited cultures of mixed rumen bacteria. **Journal Dairy Science**, v.69, p.2941-2947, 1986.

TOMICH, T.R.; SAMPAIO, I.B.M. A new strategy for the determination of forage degradability with an *in situ* technique through the use of one fistulated ruminant. **Journal Agricultural Science**, v.142, p.589-593, 2004.

VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S. Fermentação ruminal. In: T.T. Berchielli, A.V. Pires e S.G. Oliveira. (Eds) **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, p.151-179, 2006.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994, 476p.

VAREL, V.H.; KREIKEMEIER. Technical note: Comparison of *in vitro* and *in situ* digestibility methods. **Journal Animal Science**, v.73, p.578-582, 1995.

WALLACE, R.J., COTTA, M.A. Metabolism of nitrogen-containing compounds. In: Hobson, P.N. **The Rumen Microbial Ecosystem**. New York, NY., 1989, p.217–250.

CAPÍTULO 2

VALOR NUTRITIVO DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR EM DIETAS PARA CAPRINOS E OVINOS: DEGRADABILIDADE E DINÂMICA DA FERMENTAÇÃO RUMINAL

RESUMO

Objetivou-se determinar a degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN) do bagaço de cana-de-açúcar (BCA) e os parâmetros ruminais em caprinos e ovinos. Utilizaram-se três caprinos da raça Moxotó e três ovinos da raça Morada Nova, fistulados no rúmen. A dieta constou de volumoso: concentrado na proporção de 54:46 fornecida duas vezes ao dia. Foi pesado 3 g do BCA moído em peneira de 5 mm e colocado em sacos de náilon medindo 5 x 13cm. Os tempos de incubação foram 0, 6, 24 e 96 horas. Após incubação, os resíduos dos sacos foram analisados quanto ao conteúdo de MS e FDN. A coleta de líquido ruminal foi realizada via cânula nos tempos 0 (antes da primeira refeição), 6 e 12 horas após a primeira refeição. O potencial de máxima degradação (A) da MS do BCA foi semelhante entre as espécies (35,08 vs 34,15, caprina e ovina, respectivamente). Os ovinos apresentaram maiores tempo de colonização (TC) (0,52 vs -2,81 h), “c” (3,7%/h vs 1,4%/h) e degradabilidade efetiva (DE) para as taxas de passagens de 2%/h (26,98% vs 20,43%), 6%/h (20,70% vs 15,70%) e 8%/h (19,16% vs 14,85%). O desaparecimento da MS do BCA diferiu entre espécies nos tempos 24 e 96 h. No tempo de incubação de 6 horas não houve diferença entre as espécies. O desaparecimento de MS dentro de cada espécie diferiu nos tempos. O potencial de máxima degradação (A) da FDN do BCA foi superior em caprinos (33,82%). A taxa de degradação (c) foi maior em ovinos (2,7%/h vs 1,6%/h). Efeito semelhante ao valor de (c) foi observado para TC (1,69 h vs -0,49) e DE para as taxas de passagens 2%/h (22,63% vs 19,05%), 6%/h (15,62% vs 12,95%) e 8%/h (14,08% vs 11,08%). O desaparecimento da FDN do BCA diferiu entre espécies e dentro de espécies e não houve diferença de pH. O efeito dentro de espécie foi significativo para os caprinos com maior pH antes do fornecimento da alimentação (6,88) em relação aos tempos 6 e 12 de 6,33 e 6,05, respectivamente, que não diferiram entre si. Houve diferença para a concentração de N-NH₃ do líquido ruminal entre e dentro das espécies. A maior concentração de N-NH₃ foi observada nos caprinos no tempo 0 (15,04 mg/dL). O bagaço de cana-de-açúcar pode ser utilizado na dieta de pequenos ruminantes na proporção de 30% na MS. Os ovinos tiveram maior velocidade de degradação da MS do BCA, podendo, portanto, apresentar crescimento mais eficiente da microbiota ruminal sobre o BCA.

Palavras-chave: fibra, pequenos ruminantes, resíduo, rúmen, sacos de náilon móveis

INTRODUÇÃO

O bagaço de cana-de-açúcar é um alimento que apresenta como principal característica o elevado conteúdo em constituintes da parede celular e baixa digestibilidade constituindo-se, portanto, um alimento de baixo valor nutritivo. Apesar de suas limitações, trata-se de uma fonte de fibra importante para manter a saúde ruminal bem como possibilitar a utilização dos demais nutrientes presentes na ração total. Seu baixo teor em proteína leva à necessidade de correções nutricionais em dietas a base de bagaço de cana-de-açúcar (Pinto et al., 2003).

O uso do bagaço em 40% da dieta total, segundo Urano (2009), pode ser utilizado como fonte única de volumosos. O autor observou que nesta proporção as exigências de manutenção e gestação de ovelhas e borregas foram atendidas, mostrando o potencial de uso deste alimento na dieta de ruminantes.

Tratamentos químico e físico geralmente são utilizados objetivando melhorar o valor nutritivo do bagaço de cana-de-açúcar (Torres et al., 2003; Pires et al., 2004; Pires et al 2006; Rabelo et al, 2008), porém, tal prática pode ser inviável e muitas vezes impraticável. Neste sentido, chama-se atenção para algumas espécies de pequenos ruminantes adaptadas a regiões áridas e semiáridas, que podem ser dotados de micro-organismos com potencial em degradar alimentos lignocelulósicos, como o bagaço de cana-de-açúcar, uma vez que nessas regiões observa-se queda no valor nutritivo da forragem no período de estiagem (seca). Dessa maneira, torna-se importante o conhecimento do processo digestivo desses animais.

Neste sentido, a cinética de degradação ruminal constitui um importante parâmetro, já que grande parte da degradação de alimentos fibrosos ocorre no rúmen-retículo e uma pequena fração, que escapa da degradação ruminal, no ceco, além de fornecer informações sobre o aproveitamento do alimento pelo animal, portanto, neste caso, o uso da técnica de degradação *in situ* (Huntington e Givens, 1995; Nocek, 1988) é a principal ferramenta utilizada. Vale ressaltar, no entanto, que na literatura são escassos trabalhos comparando os parâmetros de degradabilidade *in situ* do bagaço de cana-de-açúcar em caprinos e ovinos, havendo, então, necessidade de mais pesquisas avaliando a cinética de degradação ruminal entre essas espécies.

Neste contexto, objetivou-se determinar a degradabilidade ruminal, pela técnica *in situ* de incubação em sacos de náilon, da matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN), do bagaço de cana-de-açúcar e os parâmetros ruminais (pH e N-amoniaco) em caprinos e ovinos.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado na Embrapa Caprinos e Ovinos, localizada no Município de Sobral-CE, no setor de cria de reprodutores, no período de julho a agosto de 2009. Foram utilizadas duas espécies de pequenos ruminantes (caprina e ovina) naturalizadas do Nordeste brasileiro, sendo três caprinos da raça Moxotó e três ovinos da raça Morada Nova, todos machos, fistulados no rúmen, com peso vivo médio de 21 kg e idade aproximada de 12 meses, mantidos em gaiolas metabólicas de madeira com bebedouro, comedouro e saleiro (Anexo B). Foi estabelecido um período de pré-adaptação de cinco dias dos animais as gaiolas metabólicas. Neste período não foi fornecida a dieta experimental. O período de adaptação a dieta experimental foi de 14 dias e cinco de coleta de dados. Estas foram formuladas para serem isoprotéicas, isofibrosas e isoenergéticas, e fornecidas em duas refeições, às 8 h e às 14 h. A relação volumoso:concentrado foi 53,56:46,44. As fontes volumosas utilizadas foram o feno de capim-Tifton 85 (*Cynodon* sp.) e o bagaço de cana-de-açúcar. O concentrado foi formulado à base de milho e farelo de soja (Tabela 1). O bagaço de cana-de-açúcar foi seco ao sol, revolvido duas vezes ao dia até completa secagem, e posteriormente moído em máquina forrageira e estocado.

Tabela 1. Composição centesimal da dieta experimental e bromatológica em base de matéria seca expressos em percentagem (%)

Alimentos	MS (%)
Bagaço de cana-de-açúcar	23,56
Feno Tifton 85	30,00
Milho (grão)	35,98
Farelo de Soja	9,93
Fosfato Bicálcico	0,521
Calcário Calcítico	0,015
Total	100,00
Composição em Nutrientes (Base MS)	
PB ^a	11,26
FDN ^b	47,61
EM (Mcal/kg) ^c	2,21
EE ^d	2,33
Ca ^e	0,33
P ^f	0,30

^aproteína bruta, ^bfibra em detergente neutro, ^cenergia metabolizável, ^dextrato etéreo, ^ecálcio, ^ffósforo.

Uma amostra composta do bagaço de cana-de-açúcar foi colhida de vários sacos do material que foi armazenado, totalizando 500 g, a qual foi submetida à secagem em estufa a

65°C com ventilação forçada por 48 horas e moída em peneira com malha de 5 mm para posterior incubação em sacos de náilon com dimensões 13x5 cm e porosidade aproximada 60 µm. Os sacos foram selados por fundição elétrica (Anexo B) e secos em estufa a 65°C por 24 h. Após, foram colocados em dessecador por 30 minutos e pesados, obtendo-se o peso vazio (peso do saco sem amostra). Cerca de 3g de amostra de bagaço de cana-de-açúcar foram pesados e colocados em cada saco. A composição bromatológica do bagaço de cana-de-açúcar é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2: Composição bromatológica do bagaço de cana-de-açúcar, em base de MS, incubado no rúmen de caprinos e ovinos

Componente	Bagaço de cana-de-açúcar
Matéria Seca	89,07
Proteína Bruta	3,78
Extrato Etéreo	1,54
Fibra Detergente Neutro	80,02
Fibra Detergente Ácido	51,17
Hemicelulose	28,85
Celulose	40,45
Lignina	10,72
Cinzas	2,30

Antes da incubação, os sacos foram rapidamente imersos em água de torneira à temperatura ambiente. Os tempos de incubação foram 0, 6, 24 e 96 horas (Sampaio, 1988). Para recuperar uma maior quantidade de resíduo pós-incubação utilizou-se um maior número de réplicas com o maior tempo de degradação, obtendo-se para o tempo 6 e 24 horas, três réplicas, e 96 horas, 4 réplicas. As réplicas referentes a cada tempo foram colocadas em saco de filó medindo 20x10 cm com uma corrente âncora de 10 cm e peso de 300g para manter os sacos submersos no conteúdo ruminal. Este aparato foi fixo a uma linha náilon de 20 cm de comprimento. A ponta livre da linha foi amarrada na cânula ruminal para permitir a retirada dos sacos (Anexo B).

Utilizou-se incubação do tipo reversa (Nocek, 1988), para que todos os saquinhos fossem retirados e lavados ao mesmo tempo, retirando, assim, o efeito de lavagem das fontes de variação. Após, os sacos foram imersos em água com gelo por 30 minutos para cessar a atividade microbiana. Em seguida, foram lavados em água corrente até sair límpida (Anexo B). Posteriormente, foram colocados em estufa a 65°C por 24 horas para secagem e em seguida no dessecador por 30 minutos e pesados, obtendo-se o peso do saco mais resíduo. O material

residual foi moído em peneira com malha de 1 mm e colocado em frascos identificados com tampa para posteriores análises de MS e FDN (AOAC, 1995).

Para determinação do tempo zero, ou seja, do material que não foi incubado no rúmen, representando o material solúvel mais pequenas partículas que escapa do saco, para se obter um maior número de observações, foram feitas seis réplicas. Os sacos foram colocados no balde contendo água de torneira, onde permaneceram por 30 minutos. Após esta fase foram processados como os demais e incubados no rúmen.

O desaparecimento da MS e FDN foram calculados por diferenças de pesos encontradas entre as pesagens, antes e após a incubação ruminal, e expressos em percentagem. Os dados observados do desaparecimento da MS e FDN nos tempos 6, 24 e 96 horas foram usados para estimar os parâmetros de degradabilidade a partir da equação exponencial de Mehrez e Ørskov (1977) e simplificada por Sampaio (1988): $d = A - B \exp(-c*t)$, onde:

d = Degradabilidade (%);

A = Potencial máximo de degradabilidade. Representa os valores de ($a + b$, fração solúvel e fração insolúvel, mas potencialmente degradável, respectivamente) da equação de Mehrez e Ørskov (1977);

B = Fração potencial degradável do material após t_0 (material solúvel + pequenas partículas). Não possui valor biológico, ou seja, é simplesmente um parâmetro matemático;

c = Taxa fracional constante de degradação do alimento ou sua fração, expressa em %/hora;

t = Tempo de incubação, expresso em horas.

Os horários em que a taxa de degradação foi inferior ao t_0 não foram utilizados para obtenção da equação.

Com os parâmetros A , B e c do modelo anterior, estimou-se o tempo de colonização (TC) conforme preconizado por McDonald (1981), $TC = -(1/c) * (\log_n ((A-S)/B))$, onde: A , B e c são os mesmos parâmetros definidos pela equação $d = A - B \exp(-c*t)$, e S é a fração solúvel determinada no tempo zero de incubação. A parte da equação $A-B$ equivale ao b da equação de Mehrez e Ørskov (1977).

Para determinação da degradabilidade efetiva (DE) utilizou-se a fórmula descrita por Ørskov e McDonald (1979). Os valores teóricos da taxa de passagem do bagaço de cana no rúmen foram: (k): 2, 6 e 8%. $DE = a + ((B*c)/(c+k))$, onde:

DE = Degradabilidade efetiva;

S = a = Fração solúvel obtida no tempo t_0 ;

B = Fração degradável, calculada subtraindo-se do potencial de degradação (A) e da fração solúvel (S) ($B=A-S$);

c = Taxa de degradação de B;

k = Taxa de passagem do alimento.

Ao 25º dia do experimento foi realizada a coleta de líquido ruminal para determinação do pH e nitrogênio amoniacal (N-NH₃), nos tempos 0 (antes da alimentação) e 6 e 12 horas, após a primeira refeição. O líquido ruminal foi filtrado em tecido filtrante e transferido para tubos eppendorf. A determinação do pH ruminal foi realizada no momento da coleta, emergindo-se o eletrodo do potenciômetro digital em 20 mL de líquido ruminal.

Para análises de N-NH₃, transferiu-se uma alíquota de 40 mL de líquido ruminal para os tubos contendo 1 mL de ácido sulfúrico a 50%, e conservou-se a -18°C. Posteriormente, as amostras foram descongeladas e o N-NH₃ determinado por destilação com óxido de magnésio, usando-se ácido bórico com indicador misto de cor como solução receptora e titulou-se com ácido clorídrico - HCl 0,01 N.

O delineamento experimental adotado para o ensaio *in situ* foi o em blocos ao acaso com parcelas subdivididas, sendo os animais os blocos, os tempos de incubação as parcelas e o alimento a subparcela. Os dados utilizados (observados) para estimativa dos parâmetros de degradação foram analisados por espécie e processados pelo método interativo, utilizando-se o procedimento NLIN do pacote estatístico SAS (2009) para modelos não-lineares. Os efeitos entre espécie e dentro de espécie sobre o desaparecimento da MS e FDN do bagaço de cana-de-açúcar foram submetidos à análise de variância, com comparação de médias pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%, referente ao efeito entre espécie, e t, ao nível de significância de 0,01%, referente ao efeito dentro de cada espécie. Em relação aos parâmetros de fermentação ruminal, os dados, obtidos nos tempos 0, 6 e 12 horas, foram submetidos a um esquema fatorial 2 (espécies) x 3 (tempos) utilizando-se software Statistical Analysis System – SAS (versão 9.2) com aplicação do teste de médias de Duncan ao nível de significância 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros de degradação ruminal e degradabilidade efetiva da matéria seca (MS) do bagaço de cana-de-açúcar (BCA) em caprinos e ovinos são apresentados na Tabela 3.

Os potenciais máximos de degradação (A) da MS foram semelhantes de 35,0 e 34,15%, respectivamente, para caprinos e ovinos. Esses valores, abaixo de 50%, ficaram dentro do esperado para alimentos fibrosos de baixa qualidade. Carvalho et al. (2007) e Martins et al. (2007) obtiveram potencial de degradabilidade (A) da matéria seca do bagaço de cana-de-açúcar, em bovinos, 41,36 e 38,54%, respectivamente, superior ao obtido nesta pesquisa com ovinos e caprinos. Usando a técnica de digestibilidade *in vivo*, onde o alimento sofre os processos de mastigação, ruminação e passagem pelo trato gastrointestinal, Rodrigues e Peixoto (1993) constataram digestibilidade da MS (49,18%) em ovinos, alimentados exclusivamente com bagaço de cana-de-açúcar, maior ao valor da fração A para as espécies usadas nesta pesquisa, no entanto, não atingiu 50%.

Tabela 3. Parâmetros de degradação ruminal e degradabilidade efetiva (DE) para as taxas de passagem 2, 6 e 8%/h da matéria seca (MS) do bagaço de cana-de-açúcar em caprinos e ovinos

Variáveis	Espécie	
	Caprina	Ovina
	MS	
A (%) ³	35,08	34,15
c (%/h) ³	1,4	3,7
S (%)	11,70	11,70
TC (horas)	-2,81	0,52
DE (2%/h)	20,43	26,98
DE (6%/h)	15,70	20,70
DE (8%/h)	14,85	19,16

³Parâmetros da equação para estimar a degradação (d) em um determinado tempo (t): $d = A - B \exp(-c \cdot t)$ (Sampaio, 1988). Potencial máximo de degradação (A), taxa de degradação da fração "B" (c), frações solúveis (S), tempo de colonização (TC).

Apesar da semelhança entre as espécies para o valor de A, houve maior diferença para a taxa de degradação (c), sendo, portanto, observado maior valor em ovinos que em caprinos: 3,7 vs 1,4%/h, respectivamente (Tabela 3). Isso faz com que a assíntota da curva, que representa a fermentação, seja superior em ovinos (Figura 1) e, como consequência, alcançam o potencial de máxima degradação em menor tempo. Segundo Sampaio (1994) os valores de c em feno de gramíneas tropicais variam de 3%/ h a 5%/ h. Considerando esse intervalo, a taxa de

degradação do BCA em caprinos, do presente estudo, foi abaixo da média esperada para volumosos tropicais. Martins et al. (2007) encontraram em bovinos taxa de degradação (4,63%/h) do BCA próximo ao observado para ovinos (3,3%/h) neste ensaio, corroborando também o efeito de espécies sobre os valores de *c*.

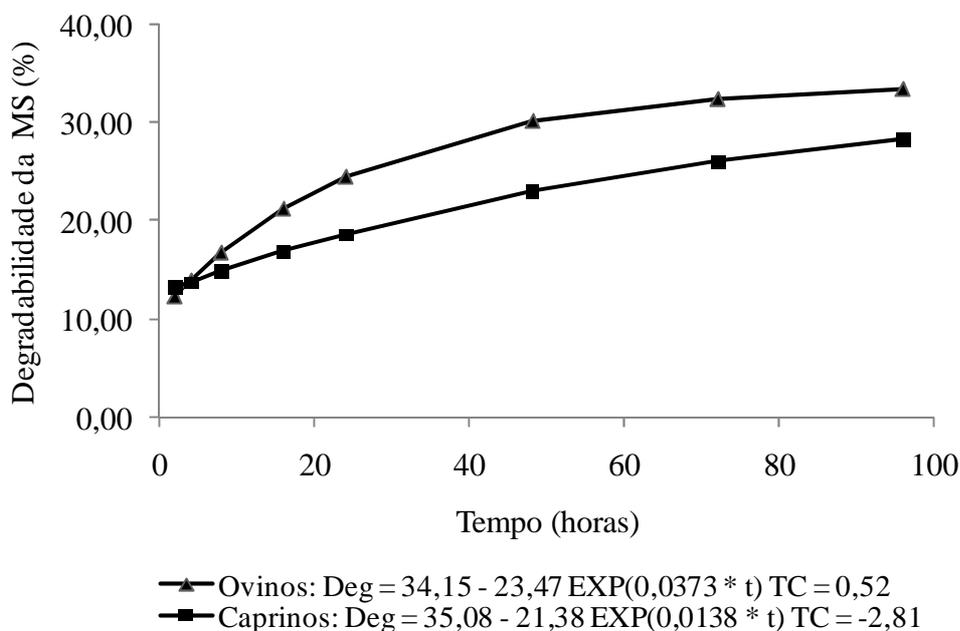


Figura 1. Degradabilidade ruminal da matéria seca (MS) do bagaço de cana-de-açúcar em ovinos e caprinos

A fração solúvel (S) em água da MS do BCA foi 11,70%, característico de alimentos fibrosos. Resultado semelhante foi encontrado por Carvalho et al. (2007), os quais, observaram valor de 10,05%. Cabral et al. (2005) avaliando a degradabilidade *in situ* de vários alimentos observaram para a silagem de capim-elefante e feno de capim Tifton 85 a fração solúvel de 16,68% e 10,84%, respectivamente.

O tempo de colonização (TC) ou *lag time* encontrado para as espécies ficou fora do esperado para alimentos fibrosos de baixa qualidade, uma vez que foram bastante reduzidos, 0,52 e -2,81 para caprinos e ovinos, respectivamente. Esse tempo corresponde àquele necessário para que as bactérias colonizem o substrato e o fragilizem para o posterior fracionamento (Miron et al., 2001), ou seja, quanto mais prolongado, mais tardio será o início da degradação do alimento. Assim, alimentos fibrosos de baixa qualidade, como o bagaço de cana-de-açúcar utilizado nesta pesquisa, apresentam maior resistência à degradação e, portanto, devem apresentar TC mais longo. Borges (2000), no entanto, encontrou tempo de colonização

do bagaço de cana auto-hidrolisado bastante divergente em ovinos alimentados com 64% de bagaço de cana auto-hidrolisado + 36% de caroço de algodão integral, de -4h e 33 min., efeito semelhante ao **TC** observado para caprinos nesta pesquisa, e quando forneceu 14% de bagaço de cana auto-hidrolisado + 36% de caroço de algodão integral + 50% de feno de aveia (após o estágio de florescimento) observou **TC** de 9 h e 29 min.

A degradabilidade efetiva (**DE**) foi menor para caprinos em todas as taxas de passagens consideradas: 2, 6 e 8%/h., consequência da menor taxa de degradação. Martins et al. (2007) obtiveram **DE** da **MS** do **BCA** (28,22%), em bovinos, considerando taxa de passagem de 2%/h (28,22%), superior à obtida para as duas espécies nesta pesquisa.

O maior valor de **c** em ovinos também proporcionou um maior desaparecimento da **MS** do **BCA** nos tempos 24 e 96 horas ($P < 0,05$) (Tabela 4). O efeito de repleção ruminal, neste caso, provavelmente seja mais evidenciado em caprinos e, conseqüentemente, resultar em menor consumo. Segundo Morand-Fehr (2005) não tem ocorrido diferença no tempo de retenção médio de partículas de alimentos no trato digestivo de ovinos e caprinos alimentados com forragens de boa qualidade, no entanto o tempo de retenção de caprinos recebendo forragens de pior qualidade é longo. Carneiro (1994) trabalhando com alimento de baixa qualidade (casca de soja) observou menor consumo em $g/kg^{0,75}$ de **MS** (55,76 vs 35,60), **FDN** (39,49 vs 25,02) e **FDA** (30,35 vs 19,11) para caprinos em relação aos ovinos.

A percentagem de desaparecimento da **MS** do **BCA**, em cada espécie animal, aumentou com o maior horário de incubação ruminal ($P < 0,05$), o que já era esperado, porque o alimento ficou mais tempo sofrendo ação das enzimas microbianas.

Tabela 4. Desaparecimento da matéria seca (%) do bagaço de cana-de-açúcar em caprinos e ovinos, em função do tempo de incubação no rúmen

Horas	Espécie	
	Caprina	Ovina
6	15,40 Aa*	15,40 Aa
24	19,74 Bb	24,57 Ab
96	29,41 Bc	33,59 Ac

*Letras diferentes maiúsculas na linha ($P < 0,05$) e minúsculas na coluna ($P < 0,0001$) diferem entre espécies e tempos pelo teste de Tukey e t, respectivamente.

Em relação à fração **FDN** (fibra em detergente neutro) a espécie caprina apresentou maior potencial máximo de degradação (**A**) em relação aos ovinos. Por outro lado, foi observado efeito semelhante a **MS** para a taxa de degradação (**c**), sendo, portanto, observado menor fração **c** da **FDN** em caprinos comparados a ovinos (Tabela 5). Isso também explica uma maior

assíntota da curva de degradação (Figura 2) em ovinos para a degradabilidade da FDN após 20 horas de incubação ruminal.

O elevado teor de lignina presente na FDN (Tabela 2) do bagaço de cana explica os baixos valores das frações **A** e **c** em ambas as espécies, portanto, evidencia-se a baixa disponibilidade ruminal da FDN e, conseqüentemente, menor utilização da energia, principalmente em caprinos por terem apresentado menor taxa de degradação. Os baixos valores observados para degradabilidade efetiva (**DE**), considerando as taxas de passagens de 2, 6 e 8 %/h, em caprinos, reforçam essa observação. Utilizando bovinos, Martins et al. (2007) obtiveram potencial de degradação (31,33%) e DE 2%/h (22,54%) da FDN do bagaço de cana-de-açúcar semelhante ao desta pesquisa para ovinos.

Tabela 5. Parâmetros de degradação ruminal e degradabilidade efetiva (DE) para as taxas de passagem 2, 6 e 8%/h da fibra em detergente neutro (FDN) do bagaço de cana-de-açúcar em caprinos e ovinos

Variáveis	Espécie	
	Caprina	Ovina
	FDN	
A (%) ³	33,82	31,36
c (%/h) ³	1,6	2,7
S (%)	7,41	7,41
TC (horas)	-0,49	1,69
DE (2%/h)	19,05	22,63
DE (6%/h)	12,95	15,62
DE (8%/h)	11,80	14,08

³Parâmetros da equação para estimar a degradação (d) em um determinado tempo (t): $d = A - B \exp(-c \cdot t)$ (Sampaio, 1988). Potencial máximo de degradação (A), fração potencialmente degradável (B), taxa de degradação da fração "B" (c), frações solúveis (S), tempo de colonização (TC).

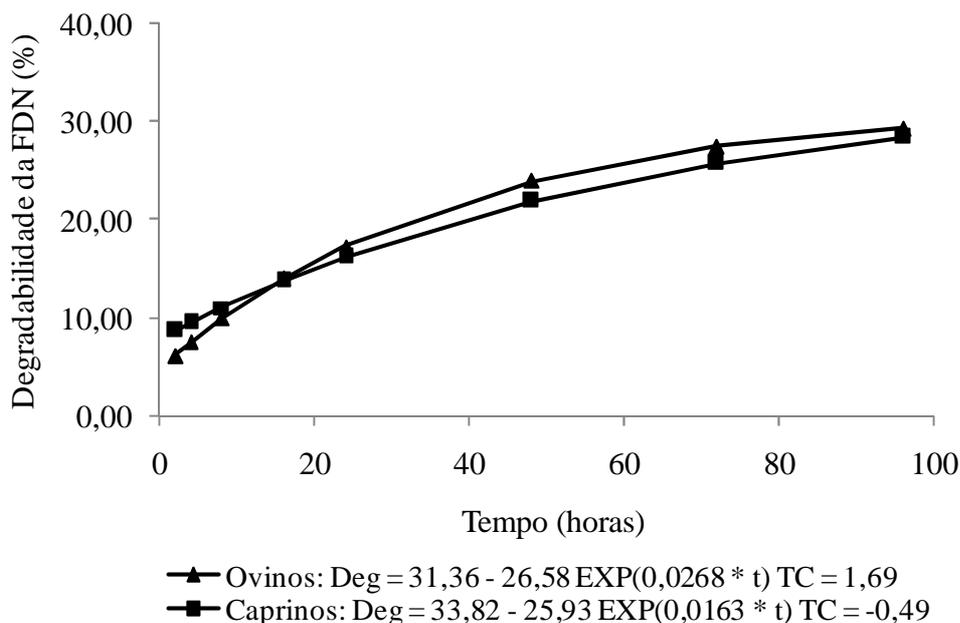


Figura 2. Degradabilidade ruminal da fibra em detergente neutro (FDN) do bagaço de cana-de-açúcar em ovinos e caprinos

Para ambas as espécies o tempo de colonização (TC) foi semelhante ao observado para MS, onde houve redução, ou seja, em função da baixa qualidade da fibra do bagaço de cana (Tabela 2). Eram esperados maiores valores, representando maior tempo para iniciar a degradação do substrato pelas bactérias ruminais, e, conseqüentemente, maior tempo de permanência do conteúdo de FDN do BCA no rúmen, corroborando para o efeito de repleção ruminal do bagaço de cana-de-açúcar em caprinos e ovinos.

A fração solúvel (S) foi bastante reduzida, o que era esperado, devido à elevada concentração de celulose e lignina presentes na FDN (Tabela 2). A baixa solubilidade da celulose em água é resultante do tipo de ligação ($\beta 1 \rightarrow 4$) que formam estes polímeros (Ahmed, 2003). A lignina possui propriedades hidrofóbicas (Moore & Jung, 2001), que também contribui para este efeito, bem como indisponibiliza boa parte da hemicelulose (VanSoest, 1994).

Os dados observados de desaparecimento da FDN do BCA (Tabela 6) diferiram entre as espécies ($P < 0,05$) e dentro de cada espécie no tempo ($P < 0,0001$). No horário de seis horas de incubação os caprinos obtiveram maior percentagem de degradação da FDN em relação aos ovinos, explicando os maiores valores estimados, representados na curva de degradação da FDN, até o tempo de incubação de oito horas (Figura 2), no entanto, nos tempos 24 e 96 horas de incubação houve efeito semelhante ao da MS com maior degradação em ovinos. Efeito

semelhante ao da MS também foi observado para a percentagem de desaparecimento da FDN dentro de cada espécie, aumentando com o tempo de incubação.

Tabela 6. Desaparecimento da fibra em detergente neutro (%) do bagaço de cana-de-açúcar em caprinos e ovinos, em função do tempo de incubação no rúmen

Horas	Espécie	
	Caprina	Ovina
6	10,31 Aa*	8,72 Ba
24	16,28 Bb	17,37Ab
96	28,39 Bc	29,32 Ac

*Letras diferentes maiúsculas na linha ($P < 0,05$) e minúsculas na coluna ($P < 0,0001$) diferem entre espécies e tempos pelo teste de Tukey e t, respectivamente.

Não houve diferença ($P > 0,05$) de pH ruminal entre as espécies nos diferentes tempos de coleta (Tabela 7). Estes valores encontram-se bem próximos da faixa ideal de pH para máximo crescimento microbiano (Hoover e Stokes, 1991). Segundo Van Soest (1994), a faixa de pH para que haja atividade microbiana normal no rúmen é de $6,7 \pm 0,5$ e valores abaixo de 6,2 inibem a taxa de digestão e aumentam o tempo de colonização para a degradação da parede celular. O efeito dentro de espécie, nos diferentes tempos foi significativo ($P < 0,05$) apenas na espécie caprina, sendo observado maior valor de pH antes do fornecimento da alimentação em relação aos tempos 6 e 12 horas que não diferiram entre si ($P > 0,05$). Provavelmente, no intervalo de tempo entre a segunda e primeira alimentação (12 horas), o substrato mais rapidamente fermentável já não estaria disponível à microbiota ruminal, havendo maior proporção de material lentamente fermentável, o que pode ocasionar menor produção de ácidos graxos voláteis (AGVs) e conseqüentemente elevação do pH. A maior produção de amônia no tempo zero observada nesta espécie explica em parte este efeito.

Trabalhando com vacas em lactação alimentadas com cana-de-açúcar como volumoso, numa relação volumoso concentrado de 60:40, Magalhães et al. (2006) obtiveram no tempo zero pH (6,87), semelhante ao obtido neste estudo. O mesmo foi reportado por Rabelo et al. (2008) em bovinos de corte alimentados com 45% de bagaço de cana-de-açúcar *in natura* (BIN) tratado com pressão e vapor e 5% de BIN obtido por moagem convencional, com pH no tempo zero de 6,8. Gonçalves et al. (2001) observaram decréscimo linear do pH com o aumento do nível de concentrado, tendo diminuído drasticamente em níveis acima de 60% de concentrado na dieta total. Segundo Owens e Goetsch (1988), para rações com maior participação de volumosos, os valores de pH oscilam entre 6,2 e 7,0. Assim, a relação volumoso: concentrado

53,56:46,44 nesta pesquisa favoreceu um pH ruminal mais estável para degradação de alimentos volumosos.

A concentração de N-NH₃ (Tabela 7) no líquido ruminal diferiu (P<0,05) entre e dentro de espécie nos diferentes tempos de amostragem. A maior concentração de N-NH₃ foi observada nos caprinos no tempo 0. Resultados semelhantes foram obtidos por Carneiro (1994) ao submeter ovinos e caprinos a dieta de baixo valor nutritivo (palha de soja). Os caprinos apresentaram em todos os horários (exceto 2 h) concentração de amônia superior aos ovinos: 1 h (9,41 vs 8,01), 3 h (7,52 vs 5,76), 5 h (6,55 vs 4,30), 7 h (7,74 vs 4,75) e 9 h (6,65 vs 6,06). A maior concentração de amônia no rúmen de caprinos pode ser explicada em função da maior permeabilidade do epitélio ruminal à uréia (Houpt e Houpt, 1968), e a maior reciclagem de uréia quando caprinos são alimentados com dietas de baixo valor nutritivo (Alrahmount et al., 1985). Outra evidencia é a maior glândula parótida (como proporção do peso vivo) em relação a bovinos e ovinos (NRC, 2007).

Tabela 7. pH e concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (N-NH₃) em caprinos e ovinos e nos tempos 0, 6 e 12 horas após a primeira refeição

Tempo (horas)	Espécie	
	Caprinos	Ovinos
		pH ruminal
0	6,88 ^{Aa*}	6,89 ^{Aa}
6	6,33 ^{Ab}	6,43 ^{Aa}
12	6,05 ^{Ab}	6,30 ^{Aa}
		N-NH ₃ (mg/dL)
0	15,04 ^{Aa}	9,31 ^{Ba}
6	5,18 ^{Ab}	3,82 ^{Ab}
12	6,94 ^{Ab}	8,65 ^{Aa}

*Letras diferentes maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem entre espécies e tempos, respectivamente, pelo teste de Duncan (P<0,05).

Não houve diferença (P>0,05) dentro da espécie caprina nos tempos de amostragem 6 e 12 horas após a primeira refeição. Os ovinos apresentaram maior concentração de N-NH₃ nos tempos 0 e 12 horas e não diferiram entre si, e menor concentração no tempo 6 h. Tanto caprinos quanto ovinos mostraram maiores valores de N-NH₃ antes do fornecimento da primeira refeição, no entanto, era esperado um pico de N-NH₃ no tempo 6 h. Segundo Santos (2006), pico de amônia, quando se fornece fonte de proteína verdadeira ao animal, ocorre entre 3-5 horas após alimentação, no entanto, esse intervalo não deve ser considerado fixo, porque depende da degradabilidade ruminal dessas fontes e da taxa de passagem. Assim, os intervalos entre longas coletas (6 h após a primeira refeição) contribuíram para esses resultados. Os

valores médios de N-NH₃ nos caprinos e ovinos, antes da alimentação, encontram-se próximos do nível ideal (10 mgN-NH₃/dL de conteúdo ruminal) para adequada fermentação (Van Soest 1994). A concentração mínima de N-NH₃ observada nas espécies caprina e ovina mantiveram-se próximas do valor mínimo de 5,0 mg N-NH₃/dL de conteúdo ruminal para máximo crescimento microbiano, recomendado por Satter e Slyter (1974).

CONCLUSÃO

O bagaço de cana-de-açúcar pode ser utilizado na dieta de pequenos ruminantes na proporção de 30% na matéria seca por não afetar a fermentação ruminal, sendo que, os ovinos apresentaram maior velocidade de degradação da MS, podendo-se inferir que houve maior velocidade de crescimento da microbiota ruminal, portanto, resultando em melhor utilização do bagaço da cana-de-açúcar por esta espécie.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALRAHMOUN, W.; BELLET, B.; MASSON, G. Effets compares du régime alimentaire sur l'activité microbienne dans le rumen des ovins et des caprins. **Reproduction Nutrition Development**, v.25, n.4B, p.757, 1985.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 16.ed. Washington: AOAC, 1995. 2000p.
- AHMED, S.; QURRAT-UL-AIN; ASLAM, N. et al. Induction of xylanase and cellulose genes from *Trichoderma harzianum* with different carbon sources. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v.6, n.22, p.1912-1916, 2003.
- BORGES, I.; GONÇALVES, L.C.; MORAIS, M.G. et al. Influencia da dieta sobre o desaparecimento in situ da matéria seca, da matéria orgânica e da fibra em detergente neutro do bagaço de cana-de-açúcar auto-hidrolisado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.52, n.3, 2000.
- CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; ZERVOUDAKIS, T. et al. Degradabilidade *in situ* da matéria seca, da proteína bruta e da fibra de alguns alimentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.8, p.777-781, 2005.
- CARNEIRO, J.C. **Dinâmica da fermentação ruminal e cecal em ovinos e caprinos**. 1994. 143 f. Tese (Doutor em Ciência Animal) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; SILVA, R.R. et al. Degradação ruminal do bagaço de cana-de-açúcar tratado com uréia. **Archivos de Zootecnia**, v.56, n.213, 2007.
- GONÇALVES, A.L.; LANA, R.P.; RODRIGUES, M.T. et al. Degradabilidade ruminal da matéria seca e da fibra em detergente neutro de alguns volumosos utilizados na alimentação de cabras leiteiras, submetidas a dietas com diferentes relações volumoso:concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1893-1903, 2001.
- HOUPPT, T.R.; HOUPPT, K.A. Transfer of urea nitrogen across the rumen wall. **American Journal Physiology**, v.214, n.6, p.1296-1303, 1968.
- HOOVER, W.H.; STOKES, S.R. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. **Journal Dairy Science**, v.74, n.10, p.3630-3644, 1991.
- HUNTINGTON, J.A.; GIVENS, D.I. The in situ technique for studying the rumen degradation of feeds: A review of the procedure. **Nutrition Abstracts and Reviews (Series B)**, v.65, n.2, 1995.
- MAGALHÃES, A.L.R.; CAMPOS, J.M.S.; CABRAS, L.S. et al. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: parâmetros digestivos e ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, V.35, n.2, p.591-599, 2006.

MARTINS, A.S.; VIEIRA, P.F.; BERCHIELLI, T.T. et al. Degradabilidade in situ e observações microscópicas de volumosos em bovinos suplementos com enzimas fibrolíticas exógenas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1927-1936, 2007.

MIRON, J.; BEN-GHEDALIA, D.; MORRISON, M. Invited Review: Adhesion mechanisms of rumen cellulolytic bacteria. **Journal Dairy Science**, v.84, p.1294-1309, 2001.

McDONALD, J. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. **Journal Agricultural Science**, v.96, n.1, p.251-252, 1981.

MEHREZ, A. Z. e ØRSKOV, E. R. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feed in the rumen. **Journal Agricultural Science**, v.88, n.3, p.645-650, 1977.

MOORE, K.J.; JUNG, H.G. Lignin and fiber digestion. **Journal and Range Management**, v.54, n.4, 2001.

MORAND-FER, P. Recent developments in goats nutrition and application: A review. **Small Ruminant Research**, v.50, p.25-43, 2005.

NOCEK, J.E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal Dairy Science**, v.71, n.8, p.2051-2069, 1988.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC, 1.ed. Washington, DC, USA: NAP, 2007, 362p.

ØRSKOV, E. R. e McDONALD, J. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal Agricultural Science**, v.92, n.2, p.499-503, 1979.

OWENS, F.N.; GOETSCH, A.L. Ruminal fermentation. In: CHURCH, D.C. (Ed.). **The ruminant animal digestive physiology and nutrition**. Englewood Cliffs: Simon & Schuster, 1988. p.145-171.

PINTO, A.P.; PEREIRA, E.S.; MIZUBUTI, I.Y. Características nutricionais e formas de utilização da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. **Semina: Ciências Agrárias**, v.24, n.1, p.73-84, 2003.

PIRES, A.J.V., REIS, R.A., CARVALHO, G.G.P. et al. Bagaço de cana-de-açúcar tratado com hidróxido de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.953-957, 2006 (supl.).

PIRES, A.V.; OLIVEIRA JUNIOR, R.C.; FERNANDES, J.J.R. et al. Substituição do farelo de soja por uréia ou amiréia na dieta de bovinos de corte confinados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.9, p.937-942, 2004.

RABELO, M.M.A.; PIRES, A.V.; SUSIN, I. et al. Digestibilidade dos nutrientes e parâmetros ruminais de bovinos de corte alimentados com rações contendo bagaço de cana-de-açúcar obtido pelo método de extração por difusão ou por moagem convencional. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.9, p.1696-1703, 2008.

RODRIGUES, R.C.; PEIXOTO, R.R. Avaliação nutricional do bagaço de cana-de-açúcar de micro destilaria de álcool para ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.22, n.2, p.212-221, 1993.

SAMPAIO, I.B.M. Contribuições estatísticas e de técnica experimental para ensaios de degradabilidade de forragens quando avaliada *in situ*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994, Maringá. **Anais...**, Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1994, p.81-88.

SAMPAIO, I. B. M. **Experimental designs and modelling techniques in the studies of roughage degradation in rumen and growth of ruminants**. 1988. 228f. (PhD thesis) University of Reading, Reading.

SANTOS, F.A.P. Metabolismo de proteínas. In: Berchielli, T.T.; Pires A.V.; Oliveira, S.G. (Eds) **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. p.255-284.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS – SAS. SAS/onleineDoc[®]. Versão 9.2. Cary: 2009.

SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial production in vitro. **British Journal of Nutrition**, v.32, n.2, p.199-208, 1974.

TORRES, L.B.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C. et al. Níveis de bagaço de cana e uréia como substituto ao farelo de soja em dietas para bovinos leiteiros em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.760-767, 2003.

URANO, F.S. **Grão de soja e bagaço de cana-de-açúcar *in natura* na alimentação de ovelhas da raça Santa Inês**. 2009. 115 f. Tese (Doutor em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**, Ithaca: Cornell University Press. 1994. 476p.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Houve semelhança no aproveitamento do bagaço de cana-de-açúcar (BCA) entre as espécies testadas, no entanto, os ovinos apresentaram maior velocidade de degradação, podendo-se inferir maior velocidade de crescimento microbiano. No entanto, há necessidade de mais estudos avaliando os efeitos dos micro-organismos ruminais de pequenos ruminantes sobre a degradação do BCA. Para os caprinos pode haver alguma limitação de consumo de matéria seca (MS) em virtude da baixa taxa de degradação observada.

Os parâmetros de fermentação ruminal, pH e N-amoniaco, foram adequados para degradação de alimentos fibrosos. Assim, recomenda-se o uso de BCA na dieta de pequenos ruminantes, na proporção de 30% na MS, mas em situações onde objetiva-se intensificar o nível de produção é necessário haver suplementação devido ser um alimento pobre em nutrientes, como proteína, vitaminas e minerais e rico em fibra.

ANEXO

Anexo A - Cuidados com animais fistulados

Trabalho na íntegra publicado na série documentos Embrapa (Documento 92), disponível em: <http://www.cnpc.embrapa.br/admin/pdf/02510400120140.doc92.pdf>

A manutenção de animais fistulados para estudo dos eventos digestivos requer cuidados especiais durante toda a vida, visando-se diminuir o efeito do estresse sobre os dados coletados e manter uma vida útil elevada.

1. Medidas e cuidados pré-cirúrgicos

Seleção dos animais: selecionar aqueles que são manejados em sistema de produção intensivo ou semi-intensivo; animais dóceis e que apresentam menor possibilidade de causar problemas no momento da coleta de material ruminal; utilizar machos castrados, não sujeitos a variações hormonais, o que minimiza alterações de comportamento e dificuldade de manejo; selecionar um número maior de animais que o necessário para realizar os experimentos, em virtude do comprometimento da pesquisa em função da perda de animais ou queda de cânulas; dar preferência a animais adultos que já tenham cessado o crescimento, assim se evita a perda de cânulas pelo aumento e distensão de fibras musculares da borda fistular.

Seleção das cânulas: na literatura há uma grande variedade de materiais que podem ser utilizados para a confecção de cânulas rígidas ou flexíveis. O policloreto de vinila (PVC) é o material mais utilizado em cânulas rígidas. No entanto, alguns tipos como, por exemplo, o PVC colorido pode ser tóxico para algumas espécies animais. O aço inoxidável é outro material que pode ser utilizado para cânulas rígidas, mas devido ao elevado peso pode causar necrose no lúmen intestinal, além do alto preço. O uso de cânula flexível de borracha em ovinos proporciona melhor ajuste anatômico, boa adaptação, efetividade na coleta de material, não comprometendo a vida do animal e não ocasiona necrose tecidual ou peritonite.

Um mês antes das intervenções: submeter os animais a exame clínico geral e de risco cirúrgico; realizar a aplicação de anti-helmítico (vermifugação); verificar procedência dos animais e histórico clínico de vacinação do rebanho contra clostridioses, incluindo toxóide tetânico, caso negativo avaliar possibilidade de vacinação e reforço pré-cirúrgico; aferir e determinar a condição corporal a partir de comparação em tabela de escala de 1 a 5, caso seja inferior a 3, recomenda-se submeter os animais à suplementação alimentar para que, por

ocasião das intervenções, apresentem condição corporal 3, adaptar os animais às baias ou gaiolas onde serão manejados após a cirurgia, bem como à alimentação e ao manejador responsável pela coleta de material ruminal.

Vinte e quatro horas antes das intervenções: submeter os animais a jejum hidro-alimentar, objetivando reduzir o volume do conteúdo ruminal e facilitar a realização de procedimento cirúrgico; animais procedentes de rebanhos não previamente vacinados com vacina antitetânica, administrar soro antitetânico, para prevenir eventuais quadros de tétano pós-cirúrgico.

Preparo do material: realizar esterilização de todo o material cirúrgico e desinfecção da cânula com hipoclorito de sódio a 5% por trinta minutos.

2. Medidas e cuidados pós-cirúrgicos

Com essa etapa objetiva-se reduzir o índice de morbidade, mortalidade e perda das cânulas, bem como evitar infecções secundárias e proporcionar cicatrização rápida e eficiente. São adotadas as seguintes medidas: administrar antibiótico injetável durante sete dias a cada 24 horas (Penicilina: Dosagem 20.000 UI/kg via intramuscular); aplicar repelente e cicatrizante imediatamente após a cirurgia e durante o período de recuperação da ferida até a cicatrização; em animais procedentes de rebanhos não imunizados com vacina antitetânica, administrar soro antitetânico no 10º dia do pós-operatório (5 ml ou 5.000 UI via intramuscular); realizar limpeza e higienização diariamente da fistula e da cânula.

Passado o período de recuperação é necessário um cuidado semanal constante para realização de limpeza das cânulas com água e sabão e aplicação de repelente para evitar o aparecimento de miíase. Este tipo de acompanhamento deve ser realizado durante toda a vida do animal sendo estes uns dos fatores que contribuem para uma vida útil longa.

Anexo B – Procedimentos experimentais



GOMES, G.M.F, arquivo pessoal

Figura 1. Gaiolas metabólicas de madeira com bebedouro, comedouro e saleiro individuais.



GOMES, G.M.F, arquivo pessoal

Figura 2. Selagem dos sacos por fundição elétrica.



GOMES, G.M.F, arquivo pessoal

Figura 3. Incubação dos sacos no rúmen dos animais via cânula.



GOMES, G.M.F, arquivo pessoal

Figura 4. Imersão dos sacos em água com gelo.



GOMES, G.M.F, arquivo pessoal

Figura 5. Lavagem dos sacos.