

# Fermentação, cinética e degradação ruminal em ovinos alimentados com fontes de carboidratos associadas ao óleo<sup>1</sup>

## Fermentation, kinetics and ruminal degradation in sheep fed with carbohydrate sources associated with oil

Eliane da Silva Morgado<sup>2\*</sup>; Jane Maria Bertocco Ezequiel<sup>3</sup>; Leandro Galzerano<sup>2</sup>; Euclides Braga Malheiros<sup>4</sup>; Viviane Corrêa Santos<sup>2</sup>; José Wanderley Cattelan<sup>5</sup>

### Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a degradabilidade, fermentação e cinética da passagem de líquido ruminal em ovinos alimentados com dietas contendo diferentes carboidratos associados ao óleo de girassol. Quatro ovinos canulados no rúmen, foram distribuídos em delineamento em quadrado latino 4 × 4. Os tratamentos consistiram de dietas com alto teor de fibra solúvel em detergente neutro ou alto teor de amido, associadas ou não a 4,2% de óleo de girassol. Os períodos de incubação foram 3, 6, 12, 24, 48, 72, 96 e 120 horas e o líquido ruminal foi colhido nos tempos 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 24 horas após alimentação. As dietas com alto teor de fibra solúvel em detergente neutro (FSDN) proporcionaram maior degradação da matéria seca, proteína bruta, fibra solúvel em detergente neutro e amido, além de maior pH ruminal, produção de ácido butírico, taxa de diluição e de reciclagem ruminal em comparação às dietas com alto teor de amido. A inclusão de 4,2% de óleo às diferentes fontes de carboidratos não teve influência sobre a fermentação, cinética ruminal e degradação da fibra. Alto teor de fibra solúvel em detergente neutro na dieta favorece a fermentação ruminal em comparação ao alto teor de amido.

**Palavras-chave:** Amido, degradabilidade, fibra solúvel em detergente neutro, milho, parâmetros ruminais, polpa cítrica

### Abstract

The objective this work was to evaluate the degradation, fermentation and kinetics of passage rumen fluid in sheep fed diets containing different carbohydrate associated with the oil. Four rumen cannulated sheep were allotted in 4 x 4 latin square. The treatments consisted of diets with high neutral detergent soluble fiber and diets with high starch associated or not with 4,2% of oil. Incubation times were 3, 6, 12, 24, 48, 72, 96 and 120 hours and ruminal fluid was collected at 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, and 24 hours after feeding. Diets high neutral detergent fiber soluble resulted in greater degradation of dry matter, crude protein, neutral detergent fiber soluble and starch, and higher pH values, butyric acid production, dilution rate and ruminal recycling compared with diets high starch content. The inclusion of 4,2% oil the different carbohydrate sources had no influence on the fermentation kinetics and degradation of the fiber. High content of neutral detergent soluble fiber in the diet favors the ruminal fermentation

<sup>1</sup> Parte da Tese de Doutorado da primeira autora, financiada pela FAPESP. Bolsista da FAPESP.

<sup>2</sup> Pós-doutorandos, Drs. em Zootecnia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Campus de Jaboticabal, SP. E-mail: eliane\_morgado@hotmail.com; galzeranorural@yahoo.com.br; vivianecorreasantos@gmail.com

<sup>3</sup> Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> do Dept<sup>o</sup> de Zootecnia, UNESP, Campus de Jaboticabal, SP. E-mail: janembe@fcav.unesp.br

<sup>4</sup> Prof. Dr. do Dept<sup>o</sup> de Ciências Exatas, UNESP, Campus de Jaboticabal, SP. E-mail: euclides@fcav.unesp.br

<sup>5</sup> Prof. Dr. do Dept<sup>o</sup> de Clínica e Cirurgia Veterinária, UNESP, Campus de Jaboticabal, SP. E-mail: cattelan@fcav.unesp.br

\* Autor para correspondência

compared to the high starch content.

**Key words:** Starch, degradability, detergent neutral soluble fiber, corn, ruminal parameter, citrus pulp

## Introdução

Os carboidratos solúveis em detergente neutro são caracterizados como fontes de energia rapidamente disponíveis para o crescimento microbiano e são constituídos por ácidos orgânicos, monossacarídeos, oligossacarídeos, amido e fibra solúvel em detergente neutro, sendo este último formado por frutanas, pectina,  $\beta$ -glucanas e galactanas, que são digeridos exclusivamente pelas enzimas dos micro-organismos (HALL, 2000).

A fermentação dos carboidratos difere quanto à fonte utilizada, pois alimentos ricos em pectina não produzem quantidade apreciável de ácido láctico tendendo a manter o pH ruminal mais alto (STROBELL; RUSSELL, 1986) e promovem mais alta relação acetato:propionato, criando assim uma condição ruminal mais favorável para a digestão da fibra (BEN-GHEDALIA et al., 1989) em comparação a monossacarídeos, dissacarídeos e amido. Aumento da eficiência de síntese de proteína microbiana e decréscimo na concentração de amônia ruminal também são esperados quando fibra solúvel em detergente neutro é utilizada em comparação a uma fonte de amido (ARIZA et al., 2001).

Estas diferenças demonstraram que as características fermentativas dos carboidratos solúveis em detergente neutro são variáveis e deveriam ser estudadas separadamente, pois diversas interações podem ser esperadas entre os diferentes tipos de carboidratos solúveis em detergente neutro e a degradação dos nutrientes, principalmente da fibra.

A suplementação lipídica à dieta de ruminantes, quando em doses elevadas, pode alterar a fermentação microbiana mudando a proporção da produção de ácidos graxos no rúmen e promover redução na digestão da matéria orgânica e da fibra (IKWUEGBU; SUTTON, 1982). Porém, efeitos

desejáveis podem ser observados como o aumento da eficiência da síntese microbiana ocasionada pela redução do número de protozoários e redução da concentração de amônia ruminal (IKWUEGBU; SUTTON, 1982; JENKINS; FOTOUHI, 1990; JENKINS, 1993), além da inibição da produção de metano no rúmen (MACHMÜLLER; KREUZER, 1999).

Objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos da adição de lipídios em dietas para ovinos contendo alto teor de amido ou alta fibra solúvel em detergente neutro (FSDN) sobre a degradação ruminal *in situ* dos nutrientes, a taxa de diluição de fluidos no rúmen e sobre os parâmetros da fermentação ruminal (pH, N-NH<sub>3</sub>, AGCC).

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Unidade Animal de Estudos Digestivos e Metabólicos do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal. Foram utilizados 4 ovinos  $\frac{1}{2}$  Santa Inês  $\frac{1}{2}$  Dorper, machos, canulados no rúmen, com peso corporal médio de  $47,3 \pm 4,2$  kg, alojados em baias com piso cimentado, com comedouros e bebedouros individuais.

Os animais foram alimentados duas vezes por dia com dietas contendo 40% de volumoso e 60% de concentrado. Os tratamentos foram compostos por dietas com: alto teor de fibra solúvel sem inclusão de óleo de girassol; alto teor de fibra solúvel com inclusão de 4,2% de óleo de girassol; alto teor de amido sem inclusão de óleo de girassol e alto teor de amido com inclusão de 4,2% de óleo de girassol (Tabela 1).

A degradabilidade *in situ* dos nutrientes das dietas foi realizada utilizando-se sacos de náilon, com porosidade de 50 micras, medindo 14 x 7 cm,

contendo aproximadamente 4 g de amostra da dieta total pré-seca em estufa de circulação forçada de ar a 55°C por um período de 72 horas e moída a 5 mm, mantendo relação de 20 mg matéria seca

do alimento por centímetro quadrado de tecido, conforme proposto por Nocek (1988). Os tempos de incubação avaliados foram 3, 6, 12, 24, 48, 72, 96 e 120 horas.

**Tabela 1.** Composição percentual dos ingredientes e composição químico-bromatológica das dietas experimentais, expressas na base da matéria seca.

Ingredientes (%)	Dietas			
	FSDN		Amido	
	0% óleo	4,2% óleo	0% óleo	4,2% óleo
Silagem de milho	40,00	40,00	40,00	40,00
Grão de milho	6,00	4,30	31,00	28,00
Polpa cítrica peletizada	32,00	31,00	5,60	3,95
Casca de soja	7,25	5,00	10,58	10,30
Farelo de girassol	13,45	14,20	10,97	11,55
Fosfato bicálcico	0,30	0,20	-	-
Calcário calcítico	-	-	0,90	0,95
Ureia	0,50	0,60	0,45	0,55
Óleo de girassol	-	4,2	-	4,2
Suplemento Mineral <sup>1</sup>	0,50	0,50	0,50	0,50
TOTAL	100	100	100	100
Nutrientes (% da MS)				
Matéria seca	69,11	69,53	69,94	70,36
Proteína bruta	12,17	12,17	12,17	12,17
Extrato etéreo	2,46	6,54	3,00	7,03
Fibra em Detergente Neutro	39,12	37,44	36,63	36,02
Fibra em Detergente Ácido	25,74	24,48	22,74	22,40
Fibra Solúvel em Detergente Neutro	17,14	16,35	10,04	9,10
Amido	14,20	13,08	30,14	28,21
Energia Metabolizável (Mcal.kg <sup>-1</sup> )	2,69	2,85	2,75	2,91

<sup>1</sup>Suplemento mineral comercial para ovinos (P=65g; Ca=155g; Na=115g; Mg=6g; S=12mg; Zn=6.000mg; Cu=100mg; Mn=1400mg; Fe=1.000mg; Co=175mg; I=175mg; Se=27mg; Ni=42mg; Fl=650mg).

**Fonte:** Elaboração dos autores.

Após a incubação, os sacos retirados do rúmen foram imersos em água fria com gelo por aproximadamente 30 minutos para cessar a atividade microbiana, em seguida foram lavados em água corrente até a observação de água limpa e sem sólidos. Para a determinação da fração solúvel, os sacos com as amostras das dietas foram lavados em água corrente, sem prévia incubação, juntamente com os demais sacos retirados do rúmen, e levados à estufa de circulação forçada de ar a 55°C, onde permaneceram por 72 horas. As amostras foram

moídas em moinho de facas, com peneira com crivo de 1 mm para a determinação dos teores de matéria seca (MS) de acordo com AOAC (1995), fibra em detergente neutro (FDN) segundo Van Soest, Robertson e Lewis (1991), fibra solúvel em detergente neutro (FSDN) quantificado conforme metodologia descrita por Hall (2000) e amido estimado segundo Hendrix (1993), para a extração, e para leitura colorimétrica utilizou-se o ácido dinitrosalisílico (MILLER, 1959).

Os dados de degradabilidade foram ajustados

pelo modelo de Orskov e McDonald (1979). Os parâmetros a, b e c desse modelo foram obtidos com o procedimento de regressão não linear do SAS (2008), utilizando a expressão:  $DP = a + b [1 - e^{-(c \cdot t)}]$ , em que: DP é a degradação potencial do componente nutritivo no tempo t, em porcentagem; a é fração rapidamente solúvel em água do alimento, em porcentagem; b é a fração insolúvel em água, mas potencialmente degradável, em porcentagem; c é a taxa de degradação da fração b, por hora; t = tempo de incubação, em horas. O valor percentual da degradabilidade potencial foi obtido pela soma das frações a e b.

A determinação da degradabilidade efetiva foi determinada segundo o modelo descrito por McDonald (1981) utilizando a expressão:  $DE = a + [(b \times c)/(c + k_p)]$ , em que: DE representa a degradabilidade efetiva, em porcentagem; a é a interseção da curva no tempo zero, fração rapidamente solúvel em água do alimento, em porcentagem; b é a fração insolúvel em água, mas potencialmente degradável, em porcentagem; c é a taxa de degradação da fração b, por hora;  $k_p$  = taxa de passagem de partículas no rúmen, considerando as taxas de 2, 5 e 8% h<sup>-1</sup>.

As avaliações da fermentação ruminal foram realizadas nos horários de 0, 2, 4, 6 e 8 horas após a alimentação, sendo feitas mediante a colheita de amostras do conteúdo ruminal filtradas em tecido de náilon (100 µm), e imediatamente medido o pH com peagâmetro digital (Digimed DM-20), previamente calibrado com soluções tampão de pH 4 e pH 7. A concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) foi mensurada segundo a técnica descrita por Fenner (1965) adaptada por Vieira (1980), em aparelho micro-Kjeldahl, utilizando-se alíquota de 2 mL do líquido ruminal, destilado com KOH 2N usando-se o ácido bórico como solução receptora e titulado com HCl 0,005N. Uma alíquota de 20 mL do líquido ruminal filtrado foi adicionada em potes plásticos com 4 mL de ácido metafosfórico a 25%, mantendo a relação de 5 mL de líquido ruminal para 1 mL de ácido, segundo Erwin, Marco e Emery

(1961) para a quantificação dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e congelados para posterior análise em cromatografia gasosa.

A cinética ruminal foi avaliada mediante adição de 1,5 g de Co-EDTA, preparado segundo Úden, Collucci e Van Soest (1980), dissolvidos em 50 mL de água destilada, no rúmen de cada animal, antes da alimentação matutina. As colheitas foram feitas antes da introdução do indicador e as 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 24 horas pós-dosagem. As amostras do conteúdo ruminal foram filtradas em tecido de náilon (100 µm) e congeladas a -5°C para posterior determinação do teor de cobalto. Depois de descongeladas, a temperatura ambiente, as amostras foram centrifugadas a 5.000 rpm por 20 minutos, e o sobrenadante submetido a análise para a determinação da concentração de cobalto em espectrofotômetro de absorção atômica com chama de ar-acetileno, Analítica modelo GBC 932 AA, utilizando lâmpada cátodo oco, comprimento de onda de 240,7nm e abertura da fenda de 0,2nm (ÚDEN; COLLUCCI; VAN SOEST, 1980).

Para determinação da taxa de diluição de fluidos, as curvas de concentração ruminal do cobalto foram ajustadas ao modelo exponencial unicompartimental descrito por Colucci (1990):  $YCo = Ae^{-(k_1 t)}$ , em que, YCo = concentração do indicador; A = concentração de equilíbrio do Co;  $K_1$  = taxa de passagem ou de diluição do Co ( $K_1 Co$ ); t = tempo de amostragem. Os parâmetros A e  $K_1$  foram estimados usando-se o procedimento de regressão não linear do programa SAS (2008).

Os parâmetros da dinâmica da fase líquida foram calculados conforme Colucci (1990):  $TMRR = 1 / K_1 Co$ ;  $VOL = Co / A$  e  $FLR = K_1 Co \times VOL$ , em que: TMRR é o tempo médio de retenção ruminal, em horas;  $K_1 Co$  é a taxa de diluição, em porcentagem por hora; VOL é o volume de líquido de rúmen, em litros; Co é a quantidade de cobalto fornecido, em miligrama; A é a concentração de equilíbrio de cobalto, em miligrama por litro; FLR é o fluxo de líquido ruminal, em litro por hora.

O delineamento utilizado foi o quadrado latino  $4 \times 4$  em esquema fatorial  $2 \times 2$  com duas fontes de carboidratos (amido e FSDN) e dois níveis de inclusão de óleo (0% e 4,2%), sendo atendidas as pressuposições de normalidade dos erros pelo teste de Cramer-von Mises.

Os resultados da degradabilidade *in situ* e da cinética da passagem de líquido foram analisados pelo procedimento GLM do SAS (2008). Os resultados obtidos da fermentação ruminal, pH, N-NH<sub>3</sub> e AGCC, foram analisados como medidas repetidas no tempo utilizando modelos mistos do SAS (2008). A comparação de médias foi feita pelo teste de F a 5% de probabilidade. Nas comparações entre os tempos de colheita utilizou-se contrastes ortogonais polinomiais (1° e 2° grau) (LITTELL et al., 2006).

## Resultados e Discussão

O alto teor de FSDN proporcionou maior percentual de fração solúvel (a) e maior taxa de degradação da fração potencialmente degradável (c) da MS das dietas, sendo esta efetivamente mais degradada (Tabela 2), que foi acompanhada por maior degradação da proteína bruta e do amido, possivelmente devido a melhor condição para a fermentação ruminal promovida pelo alto teor FSDN em comparação a dieta com alto teor de amido, o que melhorou o aproveitamento desses nutrientes. Henrique et al. (2003), avaliaram a suplementação da dieta de ovinos com diferentes níveis de polpa cítrica e verificaram aumento na digestibilidade da proteína bruta com o aumento da polpa cítrica, sendo atribuíram este fato ao efeito associativo dos ingredientes das rações com o aumento da polpa cítrica nas dietas.

Menor percentual de fração solúvel (a) e redução da degradabilidade efetiva da MS nas taxas de passagens de 5 e 8%.h<sup>-1</sup>, acompanhada por redução na degradação potencial e efetiva na taxa de passagem de 2%.h<sup>-1</sup> da proteína bruta, foram observadas pela inclusão de óleo de girassol as dietas, que provavelmente alterou o ambiente ruminal e assim reduziu a degradação desses nutrientes. Jenkins e Fotouhi (1990) observaram redução na digestibilidade ruminal da MS pela inclusão de 2,4% óleo de milho na dieta de ovinos, e atribuíram este fato ao alto teor de ácido graxo insaturado no óleo de milho que possivelmente inibiu a fermentação ruminal. Redução na digestão ruminal da proteína acompanhada pelo aumento do fluxo de nitrogênio para o duodeno, e redução da amônia ruminal foi observado por Ikwuegbu e Sutton (1982) que avaliaram a suplementação da dieta de ovinos com diferentes níveis de inclusão de óleo de linhaça, e verificaram aumento da eficiência da síntese de proteína microbiana que frequentemente acompanha essas mudanças na digestão da proteína (JENKINS, 1993).

As diferentes fontes de carboidratos não influenciaram na degradação efetiva e potencial da FDN, porém, maior taxa de degradação (c) foi observada para as dietas com alto teor de FSDN. Ariza et al. (2001), avaliaram a fermentação da FDN de dietas contendo altos teores de FSDN (14,4% da MS) e altos teores de amido (24% da MS) e também não observaram diferenças. No entanto, Barrios-Urdaneta, Fondevila e Castrillo (2003), verificaram aumento na digestibilidade da FDN com o aumento da polpa cítrica na dieta de ovinos em substituição ao grão de cevada e inferiram que a menor influência de alimentos ricos em pectina ao ambiente ruminal é refletida no menor efeito negativo sobre a digestibilidade da fibra.

**Tabela 2.** Frações solúveis (a) e potencialmente degradável (b), taxa de degradação (c), degradabilidade potencial (Dp) e degradabilidade efetiva (De), nas taxa de passagens iguais a 0,02, 0,05 e 0,08 h<sup>-1</sup>, de dietas com fontes de carboidratos associadas ao óleo de girassol.

Variável	Fonte de carboidrato		Óleo de girassol		CV <sup>2</sup> (%)	Significância (p)		
	FSDN <sup>1</sup>	Amido	0%	4,2%		FC <sup>3</sup>	Óleo	FC x Óleo <sup>4</sup>
Matéria seca								
a	42,69	31,46	38,63	35,52	2,67	<0,01	<0,01	0,05
b	43,35	53,44	48,00	48,78	5,59	<0,01	0,58	0,66
c	0,043	0,034	0,036	0,041	9,53	<0,01	0,02	0,05
Dp	86,04	84,90	86,63	84,30	3,04	0,41	0,12	0,52
De (0,02)	72,07	65,17	69,34	67,90	2,19	<0,01	0,10	0,77
De (0,05)	62,57	53,19	58,58	57,17	2,04	<0,01	0,05	0,69
De (0,08)	57,73	47,50	53,41	51,82	2,03	<0,01	0,02	0,95
Proteína bruta								
a	64,83	61,56	66,35	60,03	6,43	0,16	0,02	0,05
b	30,86	36,03	33,14	33,75	19,51	0,16	0,86	0,06
c	0,055	0,034	0,038	0,051	38,43	0,05	0,16	0,58
Dp	95,69	97,59	99,49	93,78	3,22	0,27	0,01	0,20
De (0,02)	86,56	83,40	86,18	83,78	1,74	<0,01	0,02	0,07
De (0,05)	80,15	75,48	79,03	76,60	3,75	0,02	0,15	0,07
De (0,08)	76,71	71,81	75,74	72,79	4,67	0,03	0,14	0,07
Fibra em detergente neutro								
a	11,47	12,91	14,34	10,04	27,87	0,43	0,05	0,36
b	61,05	60,41	59,95	61,51	10,86	0,85	0,65	0,48
c	0,035	0,026	0,029	0,033	19,05	0,02	0,19	0,11
Dp	72,52	73,32	74,29	71,55	7,84	0,78	0,37	0,79
De (0,02)	50,03	46,13	49,19	46,98	8,74	0,11	0,33	0,29
De (0,05)	36,45	33,02	35,93	33,55	12,06	0,15	0,30	0,19
De (0,08)	29,98	27,38	30,00	27,36	14,15	0,25	0,24	0,19
Amido								
a	52,74	38,57	48,49	42,81	16,26	<0,01	0,18	0,68
b	45,10	60,03	50,08	55,05	15,69	<0,01	0,27	0,61
c	0,059	0,042	0,045	0,055	23,88	0,03	0,12	0,60
Dp	97,84	98,59	98,57	97,86	0,93	0,15	0,17	0,24
De (0,02)	85,92	78,65	81,93	82,64	4,50	<0,01	0,71	0,46
De (0,05)	76,61	65,55	71,09	71,08	8,07	<0,01	0,99	0,73
De (0,08)	71,42	58,95	65,62	64,75	9,97	<0,01	0,90	0,86
Fibra solúvel em detergente neutro								
a	46,73	30,46	36,36	40,84	14,63	<0,01	0,16	0,05
b	51,22	63,36	56,11	58,47	12,69	<0,01	0,54	0,05
c	0,054	0,071	0,089	0,036	39,06	0,20	<0,01	0,42
Dp	97,95	93,83	92,47	99,31	3,66	0,05	<0,01	0,06
De (0,02)	81,70	78,12	81,72	78,10	5,91	0,18	0,17	0,05
De (0,05)	70,97	65,99	71,83	65,12	8,33	0,13	0,06	0,05
De (0,08)	65,42	59,02	65,57	58,88	9,72	0,08	0,07	0,05

<sup>1</sup>FSDN = fibra solúvel em detergente neutro; <sup>2</sup>CV = coeficiente de variação; <sup>3</sup>FC = fonte de carboidrato.; <sup>4</sup>FC x Óleo = interação entre fonte de carboidrato e óleo.

**Fonte:** Elaboração dos autores.

A inclusão de 4,2% de óleo às dietas não teve influência sobre a degradação ruminal da FDN. Toral et al. (2009) também não observaram diferenças na degradação ruminal da FDN de dietas suplementadas com 3% de diferentes óleos na dieta total de ovinos. Segundo Kucuk, Hess e Rule (2004), a suplementação dietética com óleo de soja em até 9,4% da MS da dieta não afeta a digestibilidade da FDN em ovinos. Por outro lado, Valinote et al. (2006) verificaram que a inclusão de fontes lipídicas na dieta de bovinos, em até 9,6% de extrato etéreo, afeta negativamente a degradação dos carboidratos fibrosos do volumoso da dieta.

O alto teor de FSDN nas dietas promoveu maior percentual da fração solúvel (a), maior taxa de degradação (c) e maior degradação efetiva do amido em comparação as dietas com alto teor de amido, possivelmente devido ao tipo de amido presente na polpa cítrica que o torna mais degradável que o amido do milho. A inclusão de óleo às dietas não interferiu na degradação do amido, concordando com os resultados obtidos por Kucuk, Hess e Rule (2004) e Ikwuegbu e Sutton et al. (1982) que também não observaram efeito da inclusão de óleo sobre a digestibilidade do amido de dietas para ovinos, pois segundo Jenkins (1993), a suplementação dietética com lipídeos é menos prejudicial à digestibilidade de carboidratos não estruturais em comparação aos carboidratos fibrosos.

Maior percentual da fração solúvel (a) e maior degradação potencial da fibra solúvel em detergente neutro foram observadas para as dietas com alto percentual de FSDN em comparação as dietas com alto teor de amido. Segundo Strobel e Russel (1989), os micro-organismos que degradam a pectina tendem a ser mais sensíveis à redução do pH ruminal do que os que degradam o amido, o que pode explicar a maior degradação potencial da fibra solúvel em detergente neutro em dietas com alta FSDN, uma vez que a polpa cítrica tende a promover menor queda no pH ruminal. Porém, Ariza et al. (2001) não verificaram diferenças na digestão do amido e da FSDN de dietas com alto teor de polpa cítrica e amido. A inclusão de óleo proporcionou melhora na degradação potencial da fibra solúvel em detergente neutro das dietas e menor taxa de degradação (c).

Não houve interação entre tempo e fontes de carboidrato e entre tempo e óleo sobre as variáveis dos parâmetros da fermentação ruminal. Foi observado comportamento quadrático do tempo de colheita sobre os parâmetros ruminiais (Tabela 3), com menores valores de pH e maiores concentrações de N-NH<sub>3</sub> e dos ácidos graxos de cadeia curta nos horários de duas e quatro horas após a alimentação, promovido pela fermentação dos nutrientes das dietas, os quais com, o passar do tempo, foram absorvidos pelo epitélio ruminal.

**Tabela 3.** Valores médios dos parâmetros da fermentação ruminal dos ovinos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de carboidratos associadas ao óleo de girassol, em função dos tempos de coleta ruminal.

Variável	Tempo (horas)					CV (%)	Contraste <sup>3</sup>
	0	2	4	6	8		
pH	6,81	6,08	6,05	6,20	6,46	2,56	quadrático
N-NH <sub>3</sub> (mg/dL)	18,04	35,69	25,01	20,76	19,86	29,34	quadrático
Acético (mM)	20,47	28,68	27,64	26,28	23,27	18,99	quadrático
Propiônico (mM)	4,16	7,00	6,12	5,25	4,32	21,77	quadrático
Butírico (mM)	2,84	4,62	4,10	3,61	2,98	23,95	quadrático
Total AGCC (mM) <sup>1</sup>	27,47	40,30	37,87	35,15	30,57	19,13	quadrático
Relação Acet/prop <sup>2</sup>	5,22	4,16	4,50	5,07	5,50	10,31	quadrático

<sup>1</sup>Total AGCC = total de ácidos graxos de cadeia curta; <sup>2</sup>Relação Acet/prop = relação entre os ácidos graxos acético e propiônico;

<sup>3</sup>Contraste ortogonal polinomial.

**Fonte:** Elaboração dos autores.

As concentrações de N-NH<sub>3</sub> observadas podem ser consideradas adequadas para as atividades fermentativas (Tabela 4), pois foram superiores a 10 mg.dL<sup>-1</sup> reportado por Van Soest (1994) como concentração ótima para o crescimento microbiano. As diferentes fontes de carboidratos não alteraram a concentração de N-NH<sub>3</sub>. Fonseca, Dias-da-Silva e Lourenço (2001) também não observaram diferenças significativas na concentração de N-NH<sub>3</sub> em ovinos alimentados com níveis crescentes de polpa cítrica ou milho na dieta. A inclusão de óleo

as dietas não teve efeito sobre a concentração de N-NH<sub>3</sub>, embora redução na degradação da proteína bruta tenha sido observada. Ausência de diferenças na concentração de N-NH<sub>3</sub> em ovinos alimentados com dietas contendo alto concentrado e suplementadas com a mistura de óleo de girassol e de peixe foi verificada por Toral et al. (2009). Por outro lado, Ikwuegbu e Sutton et al. (1982) verificaram redução na concentração de N-NH<sub>3</sub> com a suplementação da dieta com diferentes teores de óleo de linhaça.

**Tabela 4.** Parâmetros da fermentação ruminal e da cinética da passagem de líquido dos ovinos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de carboidratos associadas ao óleo de girassol.

Variável	Fonte de carboidrato		Óleo de girassol		CV <sup>2</sup> (%)	Significância (p)		
	FSDN <sup>1</sup>	Amido	0%	4,2%		FC <sup>3</sup>	Óleo	FC x Óleo <sup>4</sup>
N-NH <sub>3</sub> (mg.dL <sup>-1</sup> )	23,05	24,69	23,77	23,97	29,34	0,34	0,90	0,19
Acético (mM)	26,33	24,21	25,70	24,84	18,99	0,10	0,47	0,07
Propiônico (mM)	5,47	5,28	5,24	5,49	21,77	0,59	0,49	0,15
Butírico (mM)	3,80	3,46	3,66	3,60	23,95	0,02	0,64	0,52
Total AGCC (mM) <sup>5</sup>	35,60	32,94	34,60	33,94	19,33	0,09	0,64	0,10
Acético/propiónico <sup>6</sup>	5,10	4,69	5,10	4,69	10,31	0,14	0,14	0,97
TMRR (h)	7,93	10,04	8,37	9,60	31,94	0,19	0,42	0,06
Volume (L)	6,88	7,34	6,77	7,45	19,50	0,53	0,37	0,28
Fluxo (L.h <sup>-1</sup> )	1,02	0,83	0,92	0,92	18,70	0,06	0,98	0,06

<sup>1</sup>FSDN = fibra solúvel em detergente neutro; <sup>2</sup>CV = coeficiente de variação; <sup>3</sup>FC = fonte de carboidrato.; <sup>4</sup>FC x Óleo = interação entre fonte de carboidrato e óleo; <sup>5</sup>Total AGCC = total de ácidos graxos de cadeia curta; <sup>6</sup>Acético/propiónico = relação entre os ácidos graxos acético e propiónico.

**Fonte:** Elaboração dos autores.

Com menor confiança (p=0,09) as dietas ricas em FSDN proporcionaram maior produção total de AGCC, promovida pela maior degradação da matéria seca em comparação a dieta com alto amido. O alto teor de FSDN promoveu, com menor confiança (p=0,10) produção de 2,12 mM de ácido acético a mais que as dietas com alto amido. As características fermentativas da polpa cítrica, ingrediente em maior quantidade na dieta com alta FSDN, é rica em pectina, e tende a produzir mais acetato quando fermentada em comparação a fonte de amido, como o observado por Ariza et al. (2001) e Ben-Ghedalia et al. (1989).

A concentração de ácido butírico foi significativamente maior para os animais alimentados com dietas com alto teor de FSDN em comparação as dietas com alto amido. Aumento na concentração de ácido butírico com o aumento do nível de polpa cítrica na dieta foi verificado por Fonseca, Dias-da-Silva e Lourenço (2001) que avaliaram diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica na dieta de ovinos. No entanto, Ariza et al. (2000) e Ben-Ghedalia et al. (1989) não observaram diferenças na concentração de ácido butírico em dietas com alto amido e em dietas com alta polpa cítrica.

Redução na concentração dos ácidos acético e butírico, aumento na concentração do ácido propiônico e redução da relação acetato:propionato e da concentração total dos ácidos graxos de cadeia curta, tem sido observada pela adição de lipídeos à dieta de ruminantes, promovida pela alteração na fermentação ruminal e redução na digestão da fibra (JENKINS, 1993; IKWUEGBU; SUTTON, 1982). As concentrações dos ácidos acético, propiônico, butírico e a relação acetato:propionato não foram influenciadas pela inclusão de 4,2% de óleo às dietas no presente estudo. Resultados semelhantes foram observados por Kucuk, Hess e Rule (2004), que também não observaram diferenças na concentração desses ácidos com inclusão de até 9,4% de óleo de soja na dieta de ovinos. Por outro lado, Toral et al. (2009) observaram redução nas concentrações dos ácidos acético e butírico com a inclusão de 2% de

óleo de girassol mais 3% de óleo de peixe às dietas de ovinos, e atribuíram este fato a variação na composição microbiana do rúmen.

As diferentes fontes de carboidratos e a inclusão de óleo não influenciaram no tempo médio de retenção, no volume e no fluxo de líquido ruminal. Ikwuegbu e Sutton (1982) também não observaram diferenças no fluxo de líquido ruminal pela suplementação da dieta com diferentes níveis de inclusão de óleo de linhaça, porém verificaram que o volume de líquido ruminal foi aumentado com o aumento do teor de óleo na dieta para ovinos. Com menor confiança ( $p=0,06$ ) pode ser verificado que as dietas com alto teor de FSDN proporcionaram 0,19 L.h<sup>-1</sup> a mais de fluxo de líquido ruminal que as dietas com alto percentual de amido, explicado pela relação direta entre a taxa de fluxo e a taxa de diluição que foi maior na dieta com alto teor de FSDN (Tabela 5).

**Tabela 5.** Médias do pH ruminal e da taxa de diluição de fluidos no rúmen ( $K_1Co$ ) dos ovinos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de carboidratos associadas ao óleo de girassol.

Variável	Fonte de carboidrato	Óleo de girassol		CV <sup>2</sup> (%)	Significância (p)		
		0%	4,2%		FC <sup>3</sup>	Óleo	FC x Óleo <sup>4</sup>
pH	FSDN <sup>1</sup>	6,44aA	6,27aA	2,56	0,27	0,75	<0,01
	Amido	6,22aB	6,35aA				
$K_1Co$ (h <sup>-1</sup> )	FSDN	0,18aA	0,13aA	27,76	0,09	0,75	0,04
	Amido	0,10aB	0,14aA				

<sup>1</sup>FSDN = fibra solúvel em detergente neutro; <sup>2</sup>CV = coeficiente de variação; <sup>3</sup>FC = fonte de carboidrato.; <sup>4</sup>FC x Óleo = interação entre fonte de carboidrato e óleo.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si. (Teste F,  $p>0,05$ ).

**Fonte:** Elaboração dos autores.

Foi observada interação entre a fonte de carboidrato e a inclusão de óleo sobre pH e a taxa de diluição ruminal (Tabela 5). O alto teor de FSDN na dieta proporcionou maior taxa de diluição ( $K_1Co$ ) em comparação à dieta rica em amido sem inclusão de óleo. Resultado semelhante foi verificado por Fonseca, Dias-da-Silva e Lourenço (2001) que avaliaram diferentes níveis de inclusão da polpa cítrica na alimentação de ovinos e verificaram

que a taxa de passagem da fase líquida tendeu a aumentar com o aumento da inclusão de polpa cítrica na dieta. O aumento da taxa de diluição ruminal está correlacionado com o aumento da produção microbiana (VAN SOEST, 1994), o que pode proporcionar maior fluxo de nitrogênio para o duodeno como o observado por Ben-Ghedalia et al. (1989) em ovinos alimentados com dieta com alto teor de polpa cítrica.

A inclusão de óleo às dietas não alterou a taxa de diluição ruminal. Ikwuegbu e Sutton (1982), também não observaram diferenças na taxa de passagem de líquido ruminal em ovinos alimentados com dietas suplementadas com óleo. Assim como Valinote et al. (2006) que avaliaram dietas com e sem lipídios na alimentação de bovinos e também não observaram diferenças na taxa de passagem de líquido ruminal.

A dieta com alto teor de FSDN sem inclusão de óleo proporcionou maior valor de pH ruminal em comparação à dieta rica em amido, explicado pelas características fermentativas da polpa cítrica, ingrediente em maior concentração na dieta rica em FSDN, que é rica em pectina na qual é extensivamente e rapidamente degradada no rúmen, e diferentemente do amido não produz quantidades apreciáveis de ácido lático durante a fermentação, causando menor declínio do pH ruminal (STROBEL; RUSSELL, 1986; HALL, 2000; LEIVA; HALL; VAN HORN, 2000). Porém, quando foi incluído óleo às dietas o pH ruminal não diferiu entre as fontes de carboidratos. Semelhantes resultados foram observados por Kucuk, Hess e Rule (2004) e Toral et al. (2009) que também não observaram diferenças no pH ruminal de ovinos com inclusão de óleo nas dietas.

## Conclusões

Altos teores de FSDN nas dietas altera a produção dos ácidos graxos de cadeia curta, aumenta a taxa de diluição ruminal, mantém o pH ruminal mais alto e melhora a degradação ruminal dos nutrientes em comparação as dietas com alto percentual de amido.

A associação de 4,2% de óleo de girassol as diferentes fontes de carboidratos solúveis em detergente neutro pode ser usada em dietas para ovinos sem que haja prejuízos a fermentação ruminal. Embora o alto teor de polpa cítrica peletizada nas dietas proporcione condições favoráveis para fermentação ruminal a associação do alto teor de FSDN com óleo de girassol não promove melhoras

na fermentação ruminal em comparação a dieta com alto percentual de amido associada ao óleo.

## Referências

- ARIZA, P.; BACH, A.; STERN, M. D.; HALL, M. B. Effects of carbohydrates from citrus pulp and hominy feed on microbial fermentation in continuous culture. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 79, n. 10, p. 2713-2718, 2001.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. *Official methods of analysis*. 16 ed. Washington D.C., 1995. 1094 p.
- BARRIOS-URDANETA, A.; FONDEVILA, M.; CASTRILLO, C. Effect of supplementation with different proportions of barley grain or citrus pulp on the digestive utilization of ammonia-treated straw by sheep. *Animal Science*, Liverpool, v. 76, n. 2, p. 309-317, 2003.
- BEN-GHEDALIA, D.; YOSEF, E.; MIRON, J.; EST, Y. The effect of starch-and pectin-rich diets on quantitative aspects of digestion in sheep. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 24, n. 3-4, p. 289-298, 1989.
- COLUCCI, P. E.; MACLEOD, G. K.; GROVUM, W. L.; McYILLANI, I.; BARNEY, D. J. Digesta kinetics in sheep and cattle fed diets with different forage to concentrate ratios at high and low intakes. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 73, n. 8, p. 2143-2156. 1990.
- ERWIN, W. S.; MARCO, G. J.; EMERY, E. M. Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 44, n. 9, p. 1768-1771, 1961.
- FENNER, H. Methods for determining total volatile bases in rumen fluid by steam distillation. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 48, n. 2, p. 249-251, 1965.
- FONSECA, A. J. M.; DIAS-DA-SILVA, A. A.; LOURENÇO, A. L. G. Effects of maize and citrus-pulp supplementation of urea-treated wheat straw on intake and productivity in female lambs. *Animal Science*, Liverpool, v. 73, n. 1, p. 123-136, 2001.
- HALL, M. B. *Neutral detergent-soluble carbohydrates nutritional relevance and analysis*. Florida: University of Florida, 2000. 42 p. (Bulletin, 339).
- HENDRIX, D. L. Rapid extraction and analysis of nonstructural carbohydrate in plant tissues. *Crop Science*, Madison, v. 33, n. 6, p. 1306-1311, 1993.
- HENRIQUE, W.; SAMPAIO, A. A. M.; LEME, P. R.; ALLEONI, G. F.; LANNA, D. P. D.; MALHEIROS, E. B. Digestibilidade e balanço de nitrogênio em

- ovinos alimentados à base de dietas com elevado teor de concentrado e níveis crescentes de polpa cítrica peletizada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 32, n. 6, p. 2007-2015, 2003.
- IKWUEGBU, O. A.; SUTTON, J. D. The effect of varying the amount of linseed oil supplementation on rumen metabolism in sheep. *British Journal Nutrition*, Cambridge, v. 48, n. 2, p. 365-375, 1982.
- JENKINS, T. C. Lipid metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 76, n. 12, p. 3851-3863, 1993.
- JENKINS, T. C.; FOTOUHI, N. Effects of lecithin and corn oil on site of digestion, ruminal fermentation and microbial protein synthesis in sheep. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 68, n. 2, p. 460-466, 1990.
- KUCUK, O.; HESS, B. W.; RULE, D. C. Soybean oil supplementation of a high-concentrate diet does not affect site and extent of organic matter, starch, neutral detergent fiber, or nitrogen digestion, but influences both ruminal metabolism and intestinal flow of fatty acids in limit-fed lambs. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 82, n. 10, p. 2985-2994, 2004.
- LEIVA, E.; HALL, M. B.; VANHORN, H. H. Performance of dairy cattle fed citrus pulp or corn products as source of neutral detergent-soluble carbohydrates. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 83, n. 12, p. 2866-2875, 2000.
- LITTELL, R. C.; MILLIKEN, G. A.; STROUP, W. W.; WOLFINGER, R. D.; SCHABENBERGER, O. *Sas for mixed models*. 2. ed. North Carolina: SAS Institute Inc., 2006. 813 p.
- MACHMÜLLER, A.; KREUZER, M. Methane suppression by coconut oil and associated effects on nutrient and energy balance in sheep. *Canadian Journal of Animal Science*, Sherbrooke, v. 79, n. 1, p. 65-72, 1999.
- McDONALD, I. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v. 96, n. 1, p. 251-252, 1981.
- MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, Washington, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.
- NOCEK, J. E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 71, n. 8, p. 2051-2069, 1988.
- ORSKOV, E. R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agriculture Science*, Cambridge, v. 92, n. 2, p. 499-503, 1979.
- SAS. Institute. *SAS/STAT 9.2 user's guide*. Cary, NC: SAS Institute Inc, 2008.
- STROBEL, H. L.; RUSSELL, J. B. Effect of pH and energy spilling on bacterial protein synthesis by carbohydrate limited cultures of mixed rumen bacteria. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 69, n. 11, p. 2941-2947, 1986.
- TORAL, P. G.; BELENGUER, A.; FRUTOS, P.; HERVÁS, G. Effect of the supplementation of a high-concentrate diet with sunflower and fish oils on ruminal fermentation in sheep. *Small Ruminant Research*, Amsterdam, v. 81, n. 2-3, p. 119-125, 2009.
- ÚDEN, P.; COLLUCCI, P. E.; VAN SOEST, P. J. Investigation of chromium, cerium and cobalt as marker in digesta. Rate of passage studies. *Journal of the Science and Food Agriculture*, Oxford, v. 31, n. 7, p. 625-632, 1980.
- VALINOTE, A. C.; NOGUEIRA FILHO, J. C. M.; LEME, P. R.; SILVA, S. L. e; CUNHA, J. A. Fontes de lipídio e monensina sódica na fermentação, cinética e degradabilidade ruminal de bovinos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 41, n. 1, p. 117-124, 2006.
- VAN SOEST, P. J. *Nutrition ecology of the ruminants*. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. P.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, Madison, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.
- VIEIRA, P. F. *Efeito do formaldeído na proteção de proteína e lipídios em rações*. 1980. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

