



Substituição do feno de *coastcross* por casca de soja na alimentação de cabras em lactação¹

Renato Shinkai Gentil², Ivanete Susin³, Alexandre Vaz Pires³, Clayton Quirino Mendes², Evandro Maia Ferreira², Fumi Shibata Urano², Rafael Cedric Moller Meneghini²

¹ Apoio Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

² Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens - USP/ESALQ - Piracicaba, SP.

³ Departamento de Zootecnia - ESALQ/USP. Pesquisador CNPq.

RESUMO - Objetivou-se com este trabalho verificar a resposta de cabras em lactação alimentadas com dietas contendo casca de soja em substituição ao feno de *coastcross*. Trinta e seis cabras (38±5 dias em lactação; 2,1±0,4 kg/dia) foram distribuídas em delineamento experimental de blocos completos casualizados e confinadas por oito semanas. As dietas foram compostas de 50% de volumoso e 50% de concentrado e com o mesmo teor de fibra em detergente neutro. A casca de soja substituiu o feno de *coastcross* em 0, 33, 67 ou 100% da matéria seca (MS). O consumo de matéria seca e a eficiência alimentar apresentaram resposta quadrática aos teores de casca de soja na dieta. A produção de leite e a variação do peso corporal não foram alteradas, porém a concentração de gordura e lactose do leite aumentou e os tempos gastos com ruminação e mastigação decresceram com a inclusão da casca de soja na dieta. A casca de soja pode substituir totalmente o feno de *coastcross* em dietas para cabras em lactação, pois essa substituição não prejudica a produção de leite e aumenta o teor de gordura e lactose do leite. Em comparação ao feno picado de *coastcross*, a casca de soja apresenta menor efetividade em estimular a ruminação e a mastigação.

Palavras-chave: comportamento ingestivo, *Cynodon* sp., desempenho, fibra efetiva, leite

Replacement of *coastcross* hay by soybean hulls in diets for lactating goats

ABSTRACT - The objective of this experiment was to verify the response of lactating goats fed diets with different levels (content) of soybean hulls replacing *coastcross* hay (*Cynodon* sp.) on performance. Thirty-six lactating Saanen goats (38±5 days of lactation; 2.1±0.4 kg/day) were assigned to a randomized complete blocks design and housed for 8 weeks. Goats were fed diets of 50% roughage and 50% concentrate, but with the same amount of neutral detergent fiber. Soybean hulls replaced hay by 0, 33, 67 or 100% of the dry matter (DM). Dry matter and NDF intake and feed efficiency showed a quadratic response to the levels of soybean hulls in the diet. Milk yield and body weight variations did not change; however, milk fat, lactose and total solids concentration increased while time spent with rumination and chewing decreased, when soybean hulls were added to the diet. Soybean hulls can replace entirely *coastcross* hay in diets for lactating goats, with no detrimental effect on milk yield or with an increase on milk fat and lactose concentration. Compared with chopped *coastcross* hay, soybean hulls show less effectiveness to stimulate rumination and chewing.

Key Words: *Cynodon* sp., effective fiber, intake behavior, milk production, performance

Introdução

Em sistemas de produção de ruminantes, quando a disponibilidade e/ou qualidade da forragem diminui, são comumente utilizados os alimentos volumosos conservados na forma de silagens ou feno. Todavia, nos últimos anos, é crescente a disponibilidade no mercado nacional de subprodutos agroindustriais ricos em fibra. A produção brasileira de grãos de soja na safra 2010 foi de 68.478.967 toneladas (IBGE, 2011). A cada tonelada de grão de soja processada, 2% é casca de soja. Isso proporciona boa

oportunidade de uso deste ingrediente em substituição a fontes convencionais de forragem na formulação de dietas.

A casca de soja apresenta 13,0% de PB; 2,6% de EE; 65,2% de FDN; 46,0% de FDA (NRC, 2007); 2,9% de amido (Ipharranguerre & Clark, 2003); 43,0% de celulose; 18,0% de hemicelulose; 1,4% de lignina (% da MS) (Mulligan et al., 1999 de PB; 1,799) e 77,0% de NDT (NRC, 2007). Como exemplo, o feno de *coastcross* possui 10,2% de EE; 75,0% de FDN (Araujo et al., 2008) e 50,2% de NDT (Rocha Junior et al., 2003). Assim, por meio da substituição do feno de *coastcross* pela casca soja, é possível aumentar a

concentração energética e o teor de PB da dieta sem comprometer o fornecimento de FDN, o que pode resultar em aumento na eficiência alimentar de animais em lactação.

Apesar de a concentração de FDN da casca de soja ser semelhante à de forragens, a concentração fisicamente efetiva dessa fração da casca de soja é muito menor (Armentano & Pereira, 1997). Por essa razão, o NRC (2001) considera que a FDN de subprodutos apresenta metade da efetividade física das fontes de forragem e, raramente, em dietas para vacas em lactação, a inclusão de casca de soja supera 30% da dieta (% da MS).

Araujo et al. (2008) substituíram 0 (71,8% de feno de *coastcross* na MS), 33; 67 e 100% do feno de *coastcross* por casca de soja e verificaram máximo consumo de MS e produção de leite no teor de 67% de substituição (53,6% de casca de soja na MS). Contudo, a porcentagem de gordura do leite não foi afetada pelos teores de casca de soja, embora tenha ocorrido acentuada redução na atividade de mastigação. Esses resultados sugerem que, para pequenos ruminantes, é possível incluir maiores quantidades de casca de soja na dieta. Para cabras em lactação, existem poucas informações a este respeito.

Assim, objetivou-se avaliar o efeito da substituição parcial ou total do feno de *coastcross* (*Cynodon sp.*) por casca de soja sobre o consumo, a produção e composição do leite e o comportamento ingestivo de cabras em lactação.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido nas instalações para caprinos do Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos (SIPOC) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Foram utilizadas 36 cabras da raça Saanen (38 ± 5 dias em lactação com produção inicial de 2,1±0,4 kg/dia) alojadas em baias individuais do tipo *tie-stall*, medindo 0,50 × 1,2 m, em galpão coberto, com piso ripado, providas de comedouros e bebedouros. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados. Os animais foram distribuídos nos blocos de acordo com a ordem de lactação (primíparas ou múltiparas), os dias em lactação, a produção de leite e o peso no início do experimento.

O período experimental foi de 56 dias divididos em dois subperíodos de 28 dias. O peso corporal das cabras foi obtido pela pesagem em três dias consecutivos, realizada no início do experimento e no final de cada subperíodo.

Os animais foram ordenhados duas vezes ao dia, às 7h30 e às 15h30. A produção de leite foi medida por controle leiteiro semanal, realizado com o uso de medidor automático da marca Tru-Test[®]. Amostras compostas (ordenha da

manhã e ordenha da tarde) foram colhidas semanalmente no dia do controle leiteiro, conservadas em 2-bromo-2-nitropropano-1-3-diol e mantidas sob refrigeração para posterior determinação dos conteúdos de proteína, gordura, lactose e sólidos totais. As determinações foram realizadas por leitura de absorção de infravermelho próximo em um equipamento Bentley 2000 (Bentley Instruments Inc., Minnessota, EUA).

As rações foram balanceadas para atender às exigências de cabras em lactação (AFRC, 1998) (Tabela 1). As dietas experimentais foram isonitrogenadas e continham a mesma quantidade de FDN, com 50% de volumoso e 50% de concentrado, sendo o feno de *coastcross* substituído pela casca de soja em 0, 33, 67 e 100%. As dietas foram fornecidas uma vez ao dia, em quantidade suficiente para permitir sobras de 10% da oferta diária. As sobras de alimentos de cada baia foram quantificadas diariamente em balança eletrônica (LC100, Marte Balanças e Aparelhos de Precisão LTDA) com precisão de 20 g, possibilitando o cálculo posterior do consumo e ajuste da quantidade de alimento a ser fornecida em cada dia.

Amostras semanais dos concentrados, da casca de soja e do feno de *coastcross* foram colhidas e congeladas (-10 °C) para posterior determinação da composição bromatológica. As amostras de feno e das sobras foram acondicionadas em sacos de papel, pesadas e mantidas em estufa de circulação forçada de ar a 55 °C por 72 horas. Em seguida, foram pesadas e trituradas em moinho com peneira de crivos de 1 mm para posterior determinação do conteúdo de matéria seca (MS) e matéria mineral (MM), segundo a AOAC (1990). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) foram obtidos utilizando-se amilase e sulfato de sódio, conforme descrito por Van Soest et al. (1991). A determinação de nitrogênio total das fezes e dos alimentos foi realizada com base na combustão das amostras (Wiles et al., 1998) pelo analisador da marca LECO[®], modelo FP-528 com temperatura para combustão de 835 °C. O teor de proteína bruta (PB) foi obtido por meio da multiplicação do teor de nitrogênio total por 6,25. O conteúdo de matéria orgânica foi calculado pela diferença entre a matéria seca e matéria mineral.

No final de cada subperíodo experimental do ensaio de desempenho, foi avaliado o comportamento ingestivo dos animais. A avaliação foi feita individualmente, em intervalos de 5 minutos, durante 24 horas, para determinação do tempo gasto com ingestão e ruminação, ócio e mastigação em minutos/dia. O tempo total gasto em cada atividade foi calculado multiplicando-se o número total de observações por cinco. A atividade de mastigação foi obtida pelo somatório das atividades de ingestão e ruminação conforme

Tabela 1 - Proporção dos ingredientes e composição química das rações experimentais (% na MS)

	Feno	Casca de soja	Teor de casca de soja em substituição ao feno de <i>coastcross</i>			
			0%	33%	67%	100%
Ingredientes						
Casca de soja	-	-	-	16,7	33,3	50,0
Feno de <i>coastcross</i>	-	-	50,0	33,3	16,7	-
Milho moído	-	-	42,5	42,1	41,7	41,2
Farelo de soja	-	-	4,0	4,4	4,8	5,3
Ureia	-	-	0,6	0,6	0,6	0,6
Mistura mineral ¹	-	-	2,9	2,9	2,9	2,9
Composição química						
Matéria seca	90,1	91,3	90,7	90,3	90,3	90,2
Matéria orgânica	90,6	95,1	93,3	93,5	94,8	94,2
Matéria mineral	8,5	4,5	6,7	6,5	5,2	5,8
Proteína bruta	14,3	12,0	15,2	15,1	15,0	14,8
Fibra em detergente neutro, FDN	67,7	70,3	41,8	42,4	43,0	43,1
FDN _{fe} ²	51,1	17,9	-	-	-	-
FDN _{forragem} ³	-	-	33,9	22,5	11,3	-
FDN _{forragem} ³ , % FDN total	-	-	81,1	53,2	26,3	-
EM rações ⁴ , Mcal/kg	-	-	2,49	2,51	2,56	2,47
EL _{lact} rações ⁴ , Mcal/kg	-	-	1,60	1,61	1,65	1,59
Tamanho de partícula, %						
> 1,18 mm	75,5	25,5	-	-	-	-
≤ 1,18 mm	25,5	75,5	-	-	-	-

¹ Composição: fósforo - 5,5%; cálcio - 22%; magnésio - 3,5%; enxofre - 2,2%; sódio - 7,0%; cloro - 10,5%; ferro - 500 ppm; cobre - 450 ppm; zinco - 1.550 ppm; manganês - 1.500 ppm; iodo - 40 ppm; cobalto - 50 ppm; selênio - 20 ppm.

² FDN fisicamente efetiva, calculada pela multiplicação da concentração de FDN pela fração (%) retida na peneira de 1,18 mm como sugerido por Mertens (1997).

³ FDN proveniente de forragem.

⁴ Estimado utilizando o modelo Small Ruminant Nutrition System, v.1.8.7 (Cannas et al., 2004; Tedeschi et al., 2008).

Armentano & Pereira (1997). As atividades de ruminação, ingestão e mastigação foram expressas em minutos/dia, minutos/g MS ingerida e minutos/g FDN ingerida. As rações foram oferecidas antes do início da observação dos animais.

Os dados foram analisados utilizando-se o PROC MIXED do SAS (2001) e as médias foram obtidas pelo comando LSMEANS. Testes para polinômios ortogonais (linear e quadrático) para todas as variáveis analisadas foram aplicados quando detectado efeito de tratamento ($P < 0,05$). O consumo de matéria seca, a produção e a composição do leite foram analisados como medidas repetidas no tempo.

O modelo estatístico utilizado para as variáveis de produção e composição do leite e consumo de matéria seca (kg/dia) foi:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + T_j + S_k + S_k \times T_j + E_{ijk}$$

em que: μ = média geral; B_i = efeito de bloco; T_j = efeito de tratamento; S_k = efeito de semana de lactação; $S_k \times T_j$ = interação entre semana de lactação e tratamento; E_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação Y_{ijkl} .

O modelo estatístico utilizado para as variáveis de comportamento ingestivo e variação do peso corporal foi:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + T_j + E_{ij}$$

em que: μ = média geral; B_i = efeito de bloco; T_j = efeito de tratamento; E_{ij} = erro aleatório associado a cada observação Y_{ijkl} .

Resultados e Discussão

A adição de casca de soja em substituição ao feno de *coastcross* influenciou o consumo de matéria seca, com efeito quadrático ($P < 0,01$) sobre essa variável (Tabela 2). O consumo de matéria seca aumentou com a inclusão de casca de soja na ração em até 33,3%, no entanto, com a substituição total do feno pela casca de soja, houve redução da ingestão de alimento.

Para a ocorrência desse resultado, dois efeitos distintos podem ter atuado. Primeiramente, a casca de soja, por conter uma fração fibrosa altamente digestível (Weidner & Grant, 1994a) e partículas menores e com maior gravidade específica (Bhatti & Firkins, 1995) em comparação ao feno de *coastcross* (Tabela 1), acarreta maior taxa de desaparecimento e passagem ruminal (Hsu et al., 1987), que favorece, desse modo, o aumento do consumo. Adicionalmente, com a diminuição da quantidade de forragem nas dietas, verifica-se redução do efeito de saciedade pelo enchimento ruminal (Allen, 1997).

Entretanto, o decréscimo no consumo de matéria seca entre os teores de 67 e 100% de casca de soja pode ser atribuído ao maior acúmulo de ácidos orgânicos no rúmen, provocado pela rápida fermentação da fibra da casca de soja, que agiria como sinalizador quimiostático (Harmisson et al., 1997). Araujo et al. (2008), semelhantemente, observaram

redução do consumo com a substituição total do feno pela casca de soja (84,9% de casca de soja na ração) e sugeriram que esse fato decorreu da maior densidade energética desta dieta, que supriu a exigência energética das ovelhas.

Além disso, outro fator que pode ter influenciado neste resultado é uma possível diminuição do pH ruminal, ocasionada pela redução da fibra fisicamente efetiva das rações com a inclusão da casca de soja em substituição ao feno de *coastcross*. De acordo com Owens (1998), o primeiro sinal clínico da acidose subclínica é a redução do consumo de matéria seca. Souza et al. (2009) também verificaram redução do consumo de MS com concomitante aumento da concentração de ácidos graxos de cadeia curta no rúmen e decréscimo do pH ruminal.

O efeito da casca de soja na dieta sobre o consumo de MS em ruminantes é contraditório. Segundo Ipharraguerre & Clark (2003), a casca de soja pode substituir eficientemente volumosos, desde que não ultrapasse 25% da dieta e que haja quantidade adequada de fibra fisicamente efetiva. Morais et al. (2007), em pesquisa com borregas Santa Inês, notaram acréscimo no consumo de MS com a inclusão da casca de soja em até 37,5% da dieta. Weidner & Grant (1994b) também verificaram maiores valores de ingestão ao

substituírem feno de alfafa emurchecido e silagem de milho por casca de soja. Por outro lado, Halachimi et al. (2004) e Miron et al. (2003) não observaram variações no consumo de MS com a adição de 16,5% de casca de soja em substituição à silagem de milho.

Como as proporções dos nutrientes são semelhantes entre as dietas experimentais (Tabela 2), também houve efeito quadrático ($P < 0,05$) da inclusão de casca de soja nas rações sobre os consumos de matéria orgânica, proteína bruta e fibra em detergente neutro.

A produção de leite e leite corrigido para gordura (3,5%) não diferiu ($P > 0,05$) entre os teores de casca de soja na dieta (Tabela 3). Esperava-se que a produção de leite acompanhasse o efeito observado no consumo de MS, uma vez que neste experimento o aumento no consumo de MS com a substituição de até 67% do feno pela casca de soja provavelmente também refletiu em aumento no consumo de energia. Adicionalmente, o aumento dos teores de casca de soja nas rações teve efeito quadrático ($P < 0,05$) sobre a eficiência alimentar. Entretanto, diferentemente do consumo de MS, os maiores valores foram observados para as dietas sem casca de soja e com a substituição total do feno de *coastcross* por esse subproduto.

Tabela 2 - Consumo de nutrientes por cabras alimentadas com rações contendo casca de soja em substituição ao feno

Item	Teor de casca de soja em substituição ao feno de <i>coastcross</i>				EPM	Efeito ($P > F$) ²	
	0%	33%	67%	100%		Linear	Quadrática
Matéria seca, kg/dia	1,89	2,46	2,70	2,18	0,09	0,09	<0,01
Matéria orgânica, kg/dia	1,76	2,31	2,56	2,05	0,08	0,05	<0,01
Proteína bruta, kg/dia	0,28	0,37	0,40	0,33	0,01	0,05	<0,01
Fibra em detergente neutro, kg/dia	0,79	1,03	1,16	0,94	0,04	0,03	<0,01

EPM = erro-padrão da média.

¹ Efeito: valor de P para o teste de polinômio ortogonal, resposta cúbica não-significativa ($P > 0,05$).

Tabela 3 - Produção de leite, eficiência alimentar e composição do leite de cabras alimentadas com rações contendo casca de soja em substituição parcial ou total ao feno

Item	Teor de casca de soja em substituição ao feno de <i>coastcross</i>				EPM	Efeito ($P > F$) ¹	
	0%	33%	67%	100%		Linear	Quadrática
Produção de leite, kg/dia	2,20	2,58	2,47	2,37	0,05	0,39	0,15
LCG ¹ , kg/dia	2,17	2,43	2,47	2,55	0,05	0,19	0,52
Eficiência alimentar ²	1,11	0,98	0,89	1,19	0,05	0,71	<0,05
Gordura, %	3,44	3,32	3,47	3,86	0,04	<0,05	0,11
Gordura, g/dia	70,8	81,8	86,4	94,0	2,10	0,14	0,87
Lactose, %	4,30	4,38	4,45	4,51	0,01	<0,01	0,63
Lactose, g/dia	87,5	112,5	109,2	105,9	2,13	0,20	0,12
Proteína, %	2,85	2,94	3,03	2,99	0,02	0,10	0,33
Proteína, g/dia	57,4	74,9	74,6	71,9	1,44	0,11	0,09
Sólidos totais, %	11,58	11,55	11,99	12,44	0,05	<0,01	0,24
Sólidos totais, g/dia	236,5	295,5	297,4	298,8	5,93	0,15	0,32
Varição peso corporal, kg	-0,87	2,58	4,43	2,20	0,73	0,10	0,06

EPM = erro-padrão da média; LCG = leite corrigido para 3,50% de gordura: $LCG = (0,432 + 0,1625 \times \% \text{ de gordura do leite}) \times \text{kg de leite}$ (Sklan et al., 1992).

¹ Efeito: valor de P para o teste de polinômio ortogonal, resposta cúbica não-significativa ($P > 0,05$).

² Eficiência alimentar = LCG/consumo de matéria seca.

Possíveis causas para esses resultados podem ser a variação do peso corporal, que tendeu a resposta quadrática ($P = 0,06$). Os animais alimentados com rações sem casca de soja e sem feno de *coastcross* apresentaram menor variação do peso corporal. Esses resultados evidenciam que, em termos energéticos, o menor consumo de MS observado pelos animais alimentados com rações sem casca de soja e sem feno de *coastcross* foi possivelmente compensado por maior mobilização ou menor deposição das reservas corporais, respectivamente, o que ocasionou nas cabras produção de mesma quantidade de leite entre os grupos.

Trabalhos para estudo da inclusão de casca de soja em substituição a forragens (silagens de alfafa e de milho, feno de alfafa e feno de *coastcross*) descrevem resultados diversos em relação ao desempenho dos animais. Relatos semelhantes foram feitos por Araujo et al. (2008), que constataram efeito quadrático na produção de leite, que foi reflexo do consumo de MS. Por outro lado, Harmison et al. (1997) e Sarwar et al. (1992) verificaram ausência de efeito. Halachimi et al. (2004) e Miron et al. (2003) observaram aumento da produção de leite e, de acordo com os autores, isto se deve à maior digestibilidade da matéria orgânica de dietas com mais casca de soja.

O teor e a produção de gordura no leite são influenciados por vários fatores. Primeiramente, considera-se o potencial genético do animal, contudo o manejo nutricional é capaz de modificar quantitativa e/ou qualitativamente este componente do leite. Sabe-se que a utilização adequada de fibra nas rações é necessária para estimular a ruminação,

produção de saliva e manutenção da saúde ruminal e diminuir os riscos de redução da gordura no leite. Diante disso, tem-se avaliado os efeitos da efetividade da fibra (Armentano & Pereira, 1997; Mertens, 1997) ou do teor de fibra proveniente de forragens na alimentação de ruminantes (Harmison et al., 1997; Sarwar et al., 1992). De acordo com NRC (2001), os teores mínimos de FDN proveniente de forragem para vacas em lactação variam de 15 a 19%, dependendo da quantidade final de FDN da ração.

O teor de gordura no leite aumentou ($P < 0,05$) e a produção de gordura no leite não diferiu ($P > 0,05$) com a adição de casca de soja à dieta. No entanto, as rações deste experimento apresentaram redução da quantidade de FDN proveniente de forragem (Tabela 1), sendo que, nos teores de 67 e 100% de casca de soja os valores obtidos foram inferiores aos reportados como adequados pelo NRC (2001). Assim, apesar da diminuição da FDN proveniente de forragem, do tamanho de partículas e da acentuada queda no tempo de mastigação (Tabela 4) com a substituição do feno pela casca de soja, o uso desse subproduto promoveu aumento do teor de gordura do leite (Tabela 3). O maior teor de fibra digestível e a maior concentração ruminal de acetato em dietas contendo casca de soja (Sarwar et al., 1991) justificam esses resultados, uma vez que o acetato é precursor da síntese *de novo* de ácidos graxos de cadeias curtas e média na glândula mamária (Bauman & Griinari, 2000).

Os resultados observados neste experimento diferem dos encontrados na literatura. Halachimi et al. (2004) e

Tabela 4 - Consumos de matéria seca e fibra em detergente neutro e comportamento ingestivo de cabras alimentadas com rações contendo casca de soja em substituição ao feno de *coastcross*

Item	Teor de casca de soja em substituição ao feno de <i>coastcross</i>				EPM	Efeito ($P > F$) ¹	
	0%	33%	67%	100%		Linear	Quadrática
Consumo de MS ² , kg/dia	1,92	2,42	2,65	2,20	0,09	0,07	<0,01
Consumo de FDN ² , kg/dia	0,80	1,03	1,14	0,95	0,37	0,07	<0,01
Ingestão							
min/dia	206,1	199,4	180,5	246,1	10,15	0,23	0,06
min/g de MS	0,11	0,08	0,07	0,12	<0,01	0,98	<0,01
min/g de FDN	0,26	0,19	0,16	0,27	0,01	0,84	<0,01
Ruminação							
min/dia	448,3	380,8	210,2	55,6	30,21	<0,01	0,11
min/g de MS	0,23	0,16	0,08	0,03	0,01	<0,01	0,58
min/g de FDN	0,54	0,37	0,20	0,06	0,03	<0,01	0,54
Mastigação							
min/dia	633,9	588,9	412,8	301,7	27,74	<0,01	0,24
min/g de MS	0,34	0,24	0,16	0,14	0,02	<0,01	0,34
min/g de FDN	0,81	0,56	0,36	0,33	0,04	<0,01	0,28
Ócio							
min/dia	806,7	845,6	1020,6	1130	27,59	<0,01	0,21

EPM = erro-padrão da média.

¹ Efeito: valor de P para o teste de polinômio ortogonal indica resposta cúbica não-significativa ($P > 0,05$).

² Consumo de matéria seca e de fibra em detergente neutro em kg/dia.

Miron et al. (2003) não observaram variações na porcentagem de gordura no leite, contudo, notaram que a produção de gordura aumentou com a adição de 16,5% de casca de soja em substituição à silagem de milho. Araujo et al. (2008), no entanto, incluíram maiores proporções de casca de soja na dieta (até 85% na MS) de ovelhas em lactação e não verificaram variações no teor de gordura no leite, cuja resposta foi quadrática. No entanto, da mesma forma sugerida neste trabalho, os autores indicam que a diferença na produção de gordura esteja relacionada à maior quantidade de acetato no rúmen proveniente da digestibilidade da fibra da casca de soja.

A lactose é um dissacarídeo formado por uma molécula de glicose e outra de galactose e seu principal precursor é a glicose do sangue. Segundo Fredeen (1996), o manejo nutricional dos animais tem pouca capacidade de alterar o conteúdo da lactose do leite. No entanto, Oldham & Emmans (1989) relataram que, em dietas com maior aporte de substratos gliconeogênicos, como propionato, esse fato possibilitaria aumento na síntese de lactose. Os teores de lactose no leite neste estudo responderam de forma linear crescente ($P < 0,05$) à inclusão de casca de soja na dieta. Assim, é possível que, em decorrência da maior digestibilidade da FDN da casca de soja em relação à do feno de *coastcross*, sua inclusão na ração tenha proporcionado maior produção de propionato no rúmen (Sarwar et al., 1992), que seria utilizado na gliconeogênese e posteriormente na síntese de lactose na glândula mamária. Rook & Hopwood (1970) verificaram que, com a redução da concentração de glicose sanguínea, houve diminuição da produção e teor de lactose no leite.

Araujo et al. (2008) constataram que ovelhas alimentadas com rações contendo teores crescentes de casca de soja em substituição ao feno de *coastcross* apresentaram maiores rendimentos de lactose no leite. Por outro lado, Halachimi et al. (2004) e Miron et al. (2003) não observaram diferença na porcentagem de lactose no leite com a adição de 16,5% de casca de soja em substituição à silagem de milho.

O teor e a produção de proteína no leite não diferiram ($P > 0,05$) entre os teores de casca de soja de dieta. Mudanças no consumo de energia que possibilitem aumento na quantidade de substrato para produção microbiana podem contribuir para maior síntese de proteína no leite. No entanto, apesar das variações no consumo de MS com a inclusão da casca de soja nas rações, esse fato não acarretou alterações na concentração e quantidade deste componente do leite. Dados na literatura, da mesma forma, comprovam que não há efeito da substituição de forragens pela casca de soja (Araujo et al., 2008; Halachimi et al., 2004; Miron et al., 2003; Sarwar et al., 1992; Weidner & Grant, 1994b).

A utilização de crescentes teores de casca de soja na alimentação de cabras em lactação aumentou ($P < 0,05$) a porcentagem de sólidos totais do leite. Este resultado é consequência da elevação dos teores de gordura e lactose do leite. Por outro lado, Araujo et al. (2008) não observaram efeito no teor de sólidos totais do leite de ovelhas alimentadas com rações com casca de soja em substituição ao feno de *coastcross*.

Da mesma forma que na prova de desempenho, foi observado efeito quadrático ($P < 0,05$) para os consumos de MS e FDN (Tabela 4). A ingestão de alimento aumentou até o teor de 67% de substituição do feno por casca de soja, sendo que, no grupo alimentado com a dieta com substituição total do feno de *coastcross* por casca de soja, houve redução no consumo de MS. As causas destes resultados possivelmente são as mesmas relatadas e discutidas no ensaio de desempenho.

O comportamento ingestivo dos animais é reflexo da composição química e física dos alimentos. Neste trabalho, houve tendência de efeito quadrático da inclusão da casca de soja no tempo de ingestão, tanto em min/dia ($P = 0,06$) como em min/g de MS ($P < 0,05$) e min/g de FDN ($P < 0,05$), cujos maiores valores foram observados com o fornecimento da dieta com substituição total do feno de *coastcross* pela casca de soja. Este resultado pode estar relacionado à capacidade dos caprinos, quando alimentados com dietas de alto concentrado, de aumentar a frequência, a seletividade e o tempo de ingestão como mecanismo para evitar a ocorrência de acidose ruminal (Abijaoudé et al., 2000).

Souza et al. (2009) adicionaram a casca de soja em substituição ao feno de *coastcross* na quantidade máxima de 25% da dieta e não observaram alterações no tempo de ingestão de alimento pelos cabritos. Por outro lado, autores que avaliaram a inclusão de casca de soja na alimentação de ovinos constataram redução no tempo de ingestão dos animais (Araujo et al., 2008; Morais et al., 2006).

De acordo com Grant (1997), o tempo de mastigação está intimamente relacionado ao tamanho de partículas e ao teor de FDN das rações. Mertens (1997) indicou que partículas maiores que 1,18 mm são responsáveis pelo estímulo de ruminação. Nesta pesquisa, o tempo gasto com ruminação e mastigação (expressas em min/dia, min/g de MS e min/g de FDN) decresceu com a inclusão da casca de soja nas rações. A redução da FDN proveniente de forragens pela adição da casca de soja, aliada ao maior tamanho de partículas e à efetividade física da FDN do feno de *coastcross*, em comparação à casca de soja (Tabela 1) são os fatores que justificam esses resultados.

Weidner & Grant (1994b) estudaram a inclusão de 15 e 25% de casca de soja em rações para vacas em lactação e

verificaram diminuição nos tempos de ruminação e mastigação nos animais alimentados com a dieta com maior proporção de casca de soja. Os autores relataram que, embora a casca de soja contenha elevada quantidade de FDN, seu menor tamanho de partícula, comparado ao das forragens, promove menor estimulação à atividade mastigatória e de ruminação. Grant (1997), por sua vez, sugeriu que a casca de soja tenha 20% da capacidade de estimular a mastigação de um feno de gramínea.

Outros trabalhos sobre o uso de casca de soja na alimentação de pequenos ruminantes reportam, semelhantemente, redução no tempo de ruminação e mastigação com o aumento do teor deste subproduto (Araujo et al., 2008; Mendes et al., 2010; Morais et al., 2006; Souza et al., 2009).

Conclusões

A casca de soja pode ser utilizada em substituição total ao feno de *coastcross* em dietas para cabras em lactação, visto que essa substituição melhora a eficiência alimentar, aumenta o teor de gordura e lactose do leite e não prejudica a produção de leite nem a variação do peso corporal. A casca de soja apresenta menor efetividade em estimular as atividades de ruminação e mastigação de cabras em lactação se comparada ao feno picado de *coastcross*.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pela bolsa concedida ao primeiro autor.

Referências

- ABIJAOUDE, J.A.; MORAND-FEHR, P.; TESSIER, J. et al. Diet effect on the daily feeding behaviour, frequency and characteristics of meals in dairy goats. **Livestock Production Science**, v.64, n.1, p.29-37, 2000.
- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. **The nutrition of goats**. Technical committee on responses to nutrients report 10. Wallingford: CAB International, 1998. 118p.
- ALLEN, M.S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.7, p.1447-1462, 1997.
- ARAÚJO, R.C.; PIRES, A.V.; SUSIN, I. et al. Milk yield, milk composition, eating behavior, and lamb performance of ewes fed diets containing soybean hulls replacing *coastcross* (*Cynodon* species) hay. **Journal of Animal Science**, v.86, n.12, p.3511-3521, 2008.
- ARMENTANO, L.; PEREIRA, M. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.7, p.1416-1425, 1997.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 15.ed. Arlington, 1990. v.1, 1117p.
- BAUMAN, D.E.; GRIINARI, J.M. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. **Livestock Production Science**, v.70, n.1-2, p.15-29, 2000.
- BHATTI, S.A.; FIRKINS, J.L. Kinetics of hydration and functional specific gravity of fibrous feed by-products. **Journal of Animal Science**, v.73, n.5, p.1449-1458, 1995.
- CANNAS, A.; TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G. et al. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological value for sheep. **Journal of Animal Science**, v.82, n.1, p.149-169, 2004.
- FREDEEN, A.H. Considerations in the nutritional modification of milk composition. **Animal Feed Science and Technology**, v.59, n.3-4, p.185-197, 1996.
- GRANT, R.J. Interactions among forages and nonforage fiber sources. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.7, p.1438-1446, 1997.
- HALACHMI, I.; MALTZ, E.; LIVSHIN, N. et al. Effects of replacing roughage with soy hulls on feeding behavior and milk production of dairy cows under hot weather conditions. **Journal of Dairy Science**, v.87, n.7, p.2230-2238, 2004.
- HARMISON, B.; EASTRIDGE, M.L.; FIRKINS, J.L. Effect of percentage of dietary forage neutral detergent fiber and source of starch on performance of lactating Jersey cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.5, p.905-911, 1997.
- HSU, J.T.; FAULKNER, D.B.; GARLEB, K.A. et al. Evaluation of corn fiber, cottonseed hulls, oat hulls and soybean hulls as roughage sources for ruminants. **Journal of Animal Science**, v.65, n.1, p.244-255, 1987.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE [2011]. **Censo Agropecuário**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 26 fev. 2011.
- IPHARRAGUERRE, I.R.; CLARK, J.H. Soyhulls as an alternative feed for lactating dairy cows: A review. **Journal of Dairy Science**, v.86, n.4, p.1052-2073, 2003.
- MENDES, C.Q.; TURINO, V.F.; SUSIN, I. et al. Comportamento ingestivo de cordeiros e digestibilidade dos nutrientes de dietas contendo alta proporção de concentrado e diferentes fontes de fibra em detergente neutro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.3, p.594-600, 2010.
- MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.7, p.1463-1481, 1997.
- MIRON, J.; YOSEF, E.; MALTZ, E. et al. Soybean hulls as replacement of forage neutral detergent fiber in total mixed rations of lactating cows. **Animal Feed Science and Technology**, v.106, n.1, p.21-28, 2003.
- MORAIS, J.B.; SUSIN, I.; PIRES, A.V. et al. Substituição do feno de "Coastcross" (*Cynodon* sp.) por casca de soja na alimentação de borregas confinadas. **Ciência Rural**, v.37, n.4, p.1073-2078, 2007.
- MORAIS, J.B.; SUSIN, I.; PIRES, A.V. et al. Comportamento ingestivo de ovinos e digestibilidade aparente dos nutrientes de dietas contendo casca de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.7, p.1157-1164, 2006.
- MULLIGAN, F.P.; O'MARA, F.P.; CAFFREY, P.J. et al. The effect of feeding level on the retention time and degradability of soya hulls. In: O'KILEY, P.; STOREY, T.; COLLINS, J.F. (Ed.). **Proceedings agricultural research forum**. Dublin: Faculty of Agriculture, 1999. p.135-136.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington: National Academic Press, 2001. 381p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of small ruminants**. Washington: National Academic Press, 2007. 292p.
- OLDHAM, J.D.; EMMANS, G.C. Prediction of responses to required nutrients in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.72, n.11, p.3212-3229, 1989.
- OWENS, F.N.; SECRIST, D.S.; HILL, W.J. et al. Acidosis in cattle: a review. **Journal of Animal Science**, v.76, n.1, p.275-286, 1998.
- ROCHA JÚNIOR, V.R.; VALADARES FILHO, S.C.; BORGES, A.M. et al. Determinação do valor energético de alimentos para

- ruminantes pelo sistema de equações. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.2, p.473-479, 2003.
- ROOK, J.A.F.; HOPWOOD, J.B. The effects of intravenous infusions of insulin and of sodium succinate on milk secretion in the goat. *Journal of Dairy Research*, v.37, n.2, p.193-198, 1970.
- SARWAR, M.; FIRKINS, J.L.; EASTRIDGE, M.L. Effect of replacing neutral detergent fiber of forage with soyhulls and corn gluten feed for dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, v.74, n.6, p.1006-1017, 1991.
- SARWAR, M.; FIRKINS, J.L.; EASTRIDGE, M.L. Effects of varying forage or concentrate carbohydrates on nutrient digestibilities and milk production by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.75, n.6, p.1533-1542, 1992.
- SKLAN, D.; ASHKENAZI, R.; BRAUN, A. et al. Fatty acids, calcium soaps of fatty acids, and cottonseeds fed to high yielding cows. *Journal of Dairy Science*, v.75, n.9, p.2463-2472, 1992.
- SOUZA, E.J.; GUIM, A.; BATISTA, A.M.V. et al. Effects of soybean hulls inclusion on intake, total tract nutrient utilization and ruminal fermentation of goats fed spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* Mill) based diets. *Small Ruminant Research*, v.85, n.1, p.63-69, 2009.
- STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. **SAS systems for windows**: version 8.2. Cary, 2001. 332p.
- TEDESCHI, L.O.; CANNAS, A.; FOX, D.G. A nutrition mathematical model to account for dietary supply and requirements of energy and nutrients for domesticated small ruminants: the development and evaluation of the small ruminant nutrition system. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, p.178-190, 2008 (supl. especial).
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
- WEIDNER, S.J.; GRANT, R.J. Altered ruminal mat consistency by high percentages of soybean hulls fed to lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.77, n.2, p.522-532, 1994a.
- WEIDNER, S.J.; GRANT, R.J. Soyhulls as a replacement for forage fiber in diets for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.77, n.2, p.513-521, 1994b.
- WILES, P.G.; GRAY, I.K.; KISSLING, R.C. Routine analysis of proteins by Kjeldahl and Dumas methods: review and interlaboratory study using dairy products. *Journal of AOAC International*, v.81, n.3, p.620-632, 1998.