

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Substituição do milho ou feno pela casca de soja na alimentação de  
pequenos ruminantes**

**Renato Shinkai Gentil**

**Tese apresentada para obtenção do título de Doutor  
em Ciências. Área de concentração: Ciência Animal  
e Pastagens**

**Piracicaba  
2010**

Renato Shinkai Gentil  
Engenheiro Agrônomo

**Substituição do milho ou feno pela casca de soja na alimentação de  
pequenos ruminantes**

Orientadora:  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. **IVANETE SUSIN**

**Tese apresentada para obtenção do título de Doutor  
em Ciências. Área de concentração: Ciência Animal  
e Pastagens**

**Piracicaba  
2010**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Gentil, Renato Shinkai

Substituição do milho ou feno pela casca de soja na alimentação de pequenos ruminantes / Renato Shinkai Gentil. - - Piracicaba, 2010.  
113 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2010.

1. Alimentação animal 2. Capim coast-cross 3. Caprinos 4. Cascas 5. Digestibilidade ( Feno 7. Fibras na dieta 8. Milho 9. Ovinos 10. Ração 11. Rúmen 12. Soja I. Título

CDD 636.3084  
G338s

**"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"**



Aos meus pais, *Paulo e Elza*, pela minha formação, pelo amor e a imensurável dedicação despendida em todas as etapas da minha vida.

Às minhas irmãs, *Marina e Eliza*, pelo carinho, companheirismo e amizade.

**DEDICO**



## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela presença em todos os dias da minha vida.

À Universidade Estadual de Londrina (UEL – Pr), pela formação profissional e pessoal.

À Escola Superior de “Agricultura Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP) e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade da realização do curso e do grande aprendizado propiciado.

À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ivanete Susin, pela oportunidade, amizade e orientação cuja atenção, dedicação e ensinamentos não faltaram em nenhum momento.

Ao Prof. Dr. Alexandre Vaz Pires, pela colaboração, profissionalismo, preocupação e amizade dada ao longo deste curso.

Aos Professores Wilson Roberto Soares Mattos, Maria Claudia Araripe Sucupira e Antonello Cannas, pela atenção e aos valiosos ensinamentos.

À FAPESP, pelo suporte financeiro através da bolsa de estudos.

A todo o pessoal do Departamento de Zootecnia, em especial a Creide e a Vera por atenderem as incontáveis solicitações.

À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carla Maris Bittar e ao técnico Carlos César Alves, pela paciência e auxílio nas análises laboratoriais.

Aos funcionários do SIPOC: Adílson, Alexandre, Benedito, Joseval, Marcos e Roberto, pela colaboração na condução do experimento e convivência durante todo esse período.

Aos amigos do SIPOC: Omer, Mário, Gustavo, Cirilo, Michelle, Fumi, Evandro, Sfinge, Miau, Cris, Marcos, Marlon, Fabiane, Potter, C-trero e Pirulão pela importante colaboração e convivência durante esta jornada.

A todos os amigos do Departamento de Zootecnia, em especial ao Adenilson, Salim, Rodrigo, Leandro, Delci, Davi, Vitor e Kneco pela convivência e troca de experiência.

Aos amigos, Mineiro, Purpurina, Bob, João, Neto, Sãdulin, Tobias e Médi-Dog companheiros de república e, principalmente grandes amigos.

À Monique, pelo apoio, companheirismo e aos bons momentos vividos.

Enfim, a todos, que direta ou indiretamente colaboraram para realização desse trabalho, meus sinceros agradecimentos.



## SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT .....	13
1 INTRODUÇÃO .....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	17
3 SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO MILHO PELA CASCA DE SOJA NA ALIMENTAÇÃO DE CABRAS EM LACTAÇÃO .....	33
Resumo .....	33
Abstract .....	33
3.1 Introdução .....	34
3.2 Material e Métodos .....	35
3.2.1 Animais e instalações experimentais .....	35
3.2.2 Tratamentos e fornecimento das dietas .....	36
3.2.3 Amostragem, análises químico-bromatológicas e determinação da FDN fisicamente efetiva.....	38
3.2.4 Determinação de N-ureico e ácidos graxos não-esterificados (AGNE) .....	38
3.2.5 Avaliação do comportamento ingestivo dos animais .....	39
3.2.6 Análise Estatística .....	40
3.3 Resultados e discussão.....	40
3.4 Conclusões.....	48
Referências .....	48
4 DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES, METABOLISMO DO N E PARÂMETROS RUMINAIS DE RAÇÕES CONTENDO CASCA DE SOJA EM SUBSTITUIÇÃO AO MILHO NA ALIMENTAÇÃO DE BORREGOS .....	53
Resumo .....	53
Abstract .....	53
4.1 Introdução .....	54
4.2 Material e Métodos .....	55
4.2.1 Animais e instalações experimentais .....	55
4.2.2 Tratamentos e fornecimento das dietas .....	55
4.2.3 Análises laboratoriais e cálculos .....	57

4.2.4 Parâmetros ruminais .....	58
4.2.5 Análises estatísticas .....	59
4.3 Resultados e discussão .....	60
4.4 Conclusões .....	69
Referências.....	70
5 SUBSTITUIÇÃO DO FENO “COASTCROSS” ( <i>Cynodon sp.</i> ) POR CASCA DE SOJA NA ALIMENTAÇÃO DE CABRAS EM LACTAÇÃO.....	74
Resumo .....	74
Abstract.....	74
5.1 Introdução.....	75
5.2 Material e métodos .....	76
5.2.1 Animais e instalações experimentais .....	76
5.2.2 Tratamentos e fornecimento das dietas.....	77
5.2.3 Amostragem e análises químico-bromatológicas .....	78
5.2.4 Avaliação do comportamento ingestivo dos animais .....	79
5.2.5 Análises estatísticas .....	79
5.3 Resultados e discussão .....	80
5.4 Conclusões .....	88
Referências.....	88
6 DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES, METABOLISMO DO N E PARÂMETROS RUMINAIS DE RAÇÕES CONTENDO CASCA DE SOJA EM SUBSTITUIÇÃO AO FENO DE “COASTCROSS” ( <i>Cynodon sp.</i> ) NA ALIMENTAÇÃO DE BORREGOS .....	92
Resumo .....	92
Abstract.....	92
6.1 Introdução.....	93
6.2 Material e Métodos .....	94
6.2.1 Animais e instalações experimentais .....	94
6.2.2 Tratamentos e fornecimento das dietas.....	94
6.2.3 Análises laboratoriais e cálculos .....	96
6.2.4 Parâmetros ruminais.....	97

6.2.5 Análise estatística .....	98
6.3 Resultados e discussão.....	99
6.4 Conclusões.....	110
Referências .....	110



## RESUMO

### Substituição do milho ou feno pela casca de soja na alimentação de pequenos ruminantes

Os objetivos deste experimento foram avaliar os efeitos da substituição do milho e do feno de “coastcross” pela casca de soja (CS) no desempenho e comportamento ingestivo de cabras em lactação e na digestibilidade dos nutrientes das rações e parâmetros ruminais de borregos Santa Inês. Foram realizados quatro experimentos. **Experimento 1:** Oito cabras foram alojadas em baias tipo “tie stall” e distribuídas em um delineamento de quadrado latino duplo 4x4, com duração de cada período de 16 dias, sendo 12 dias para adaptação às rações experimentais e quatro dias para colheita das amostras. Os animais foram alimentados com dietas compostas por 40% de volumoso e 60% de concentrado. A CS substituiu o milho em 0, 20, 40 e 60%, da matéria seca (MS). Não houve efeito ( $P>0,05$ ) no consumo de MS, produção de leite e no comportamento ingestivo, contudo, o teor de gordura no leite aumentou ( $P<0,05$ ) com a inclusão da CS na ração. **Experimento 2:** Quatro borregos foram alojados em gaiolas metálicas para ensaio de metabolismo e distribuídos em delineamento experimental quadrado latino 4x4. Os períodos foram de 14 dias, sendo 10 dias para a adaptação dos animais às rações experimentais e 4 dias para colheita das amostras. Os tratamentos e as dietas foram semelhantes ao Experimento 1. Não houve efeito ( $P>0,05$ ) da substituição do milho pela CS para o consumo e digestibilidade da MS. No entanto, ocorreu diminuição ( $P<0,05$ ) da concentração de propionato no rúmen e aumento ( $P<0,05$ ) da digestibilidade da fibra em detergente neutro (FDN), do pH ruminal e da concentração de acetato. **Experimento 3:** Trinta e seis cabras foram alojadas em baias tipo “tie stall” e distribuídas em delineamento experimental de blocos completos casualizados pelo período de oito semanas. As cabras foram alimentadas com dietas compostas por 50% de volumoso e 50% de concentrado e com o mesmo teor de FDN. A CS substituiu o feno de “coastcross” em 0, 33, 67 ou 100% da MS. O consumo de MS e FDN apresentaram efeito quadrático ( $P<0,05$ ). A produção de leite e a variação do peso corporal não foram alteradas ( $P>0,05$ ), porém a concentração de gordura aumentou ( $P<0,05$ ) e os tempos gastos com ruminação e mastigação decresceram ( $P<0,05$ ) com a inclusão da CS na dieta. **Experimento 4:** Dezesesseis borregos foram alojados em gaiolas metálicas para ensaio de metabolismo e distribuídos em delineamento experimental blocos completos casualizados. O experimento teve duração de 14 dias, sendo 10 dias para a adaptação dos animais às rações experimentais e 4 dias para colheita das amostras. Os tratamentos e as dietas foram semelhantes ao Experimento 3. O consumo de MS e FDN apresentaram efeito quadrático ( $P<0,05$ ) quando foi adicionada CS na dieta. Entretanto, observou-se aumento ( $P<0,05$ ) da digestibilidade da MS e FDN, enquanto a concentração de ácidos graxos de cadeia curta, acetato e propionato não se alteraram ( $P>0,05$ ) e o pH ruminal diminuiu ( $P<0,05$ ). A CS pode substituir parcialmente o milho ou o feno de “coastcross” sem prejudicar o desempenho ou o metabolismo dos nutrientes de pequenos ruminantes.

Palavras-chave: Co-produto, Desempenho, Digestibilidade, Fibra efetiva, Rúmen



## ABSTRACT

### Replacement of corn and hay by soybean hulls in diets for small ruminants

The objectives of this experiment were to determine the effects of replacing corn and coastcross hay by soybean hulls (SH) on performance and ingestive behavior in lactating goats and nutrient apparent digestibility and ruminal measures in ram lambs. **Experiment 1:** Eight goats were housed in a tie stall and used in a two 4 x 4 Latin square design conducted concurrently. Each experimental period consisted of 16 d; the first 12 d were used to adapt the goats to the treatments and the remaining 4 d were used for data collection. Animals were fed a 40:60 (concentrate:roughage ratio). Soybean hulls replaced corn by 0%, 20%, 40% or 60% on a dry matter (DM) basis. Dry matter ground intake (DMI), milk yield and ingestive behavior were not affected ( $P>0.05$ ) by replacing corn by soybean hulls. However, milk fat concentration increased ( $P<0.05$ ) with soybean hulls inclusion. **Experiment 2:** Four ram lambs were placed individually in metabolism crates and assigned to a 4 x 4 Latin square design. The experimental period consisted of 14 d; the first 10 d were used to adapt the lambs to the treatments and the remaining 4 d were used for data collection. The treatments and diets were the same as in Experiment 1. Dry matter intake and digestibility were not affected ( $P>0.05$ ) by replacing ground corn by soybean hulls. Nevertheless, propionate concentration decreased ( $P<0.05$ ) while neutral detergent fiber (NDF) intake and digestibility, ruminal pH and acetate concentration increased ( $P<0.05$ ) with soybean hulls inclusion. **Experiment 3:** Thirty-six goats were assigned to a complete randomized block design and housed in a tie stall for a period of 8 weeks. Goats were fed a 50:50 (concentrate:roughage ratio) with similar amount of NDF. Soybean hulls replaced hay by 0%, 33%, 67% or 100% on a DM basis. Dry matter and NDF intake showed a quadratic response ( $P>0.05$ ). Milk yield and body weight change didn't differ ( $P<0.05$ ), however milk fat concentration increased ( $P>0.05$ ) while time spent with rumination and chewing decreased ( $P>0.05$ ), when SH were added to the diet. **Experiment 4:** Sixteen ram lambs were housed individually in metabolism crates and assigned to a complete randomized block design. The experimental period consisted of 14 d; the first 10 d were used to adapt the lambs to the treatments and the remaining 4 d were used for data collection. The treatments and diets were the same used in Experiment 4. DMI and NDF intake showed a quadratic effect ( $P<0.05$ ) when SH were added to the diet. However, DM and NDF digestibility increased ( $P<0.05$ ) while short-chain fatty acids, acetate and propionate concentration, didn't change ( $P>0.05$ ) and ruminal pH decreased ( $P<0.05$ ). SH can partially replace corn or coastcross hay with no detrimental effects on performance or nutrient metabolism in small ruminants.

Keywords: By-products, Digestibility, Effective fiber, Performance, Rumen





## 1 INTRODUÇÃO

Os principais pequenos ruminantes domesticados e de interesse econômico são os caprinos e os ovinos, correspondendo aproximadamente a uma população mundial de 1,94 bilhão de animais (FAOSTAT, 2008). No Brasil este número é de 26 milhões, sendo 9,0 milhões de caprinos e 17,0 milhões de ovinos (IBGE, 2009), dos quais grande parte é criada extensivamente em sistemas de baixa eficiência produtiva.

Para ser bem sucedido o produtor deve adotar estratégias de suplementação do rebanho para o período de menor disponibilidade de forragem, no qual, muitas vezes, os animais apresentam elevadas exigências nutricionais, principalmente aqueles que se encontram em fase de lactação ou crescimento.

Para contornar a menor produção de forragens, tradicionalmente utiliza-se a prática de conservação de forragem. No entanto, devido ao alto custo e complexidade de produção de forragens conservadas, tem-se proposto o emprego de co-produtos agroindustriais ricos em fibra. Estes, quando incluídos nas rações, fornecem quantidades adequadas de fibra e, em alguns casos, possuem valores nutricionais melhores que volumosos de baixa qualidade. Adicionalmente, a utilização de co-produtos possibilita que as propriedades necessitem menores espaços para armazenagem e maior dinamismo no fornecimento para os animais.

O uso do milho na nutrição de ruminantes visa aumentar o consumo de energia e melhorar a eficiência produtiva. No Brasil, a cultura do milho é cultivada em grande escala, no entanto, o preço do grão está condicionado à procura do mercado externo aliado às variações climáticas, que pode prejudicar a produtividade e provocar oscilações nos custos. Desta forma, com intuito de reduzir os gastos com alimentação, tem-se buscado utilizar co-produtos da agroindústria em substituição a alimentos energéticos de alto valor comercial.

A casca de soja, obtida do processamento de extração do óleo de soja, surge como uma potencial fonte a ser explorada, já que sua disponibilidade é elevada em algumas regiões do País. A produção nacional de soja no ano agrícola de 2008/2009 foi de 57,0 milhões de toneladas de grãos (IBGE, 2009). Como principais características, este co-produto contém baixas quantidades de amido, elevado teor de nutrientes

digestíveis totais (NDT) e de fibra de alta digestibilidade. Portanto, sua inclusão em substituição ao milho e/ou a forragens permite fornecer rações com quantidades adequadas de energia e de fibra em detergente neutro. Além disso, sua utilização propicia ambiente ruminal mais favorável a digestibilidade da fibra e com menores incidências de distúrbios metabólicos (acidose e laminite), que podem ocorrer em dietas com altas concentrações de amido.

A presente proposta de estudo teve como objetivo avaliar o efeito da substituição do milho ou do feno pela casca de soja sobre o desempenho e comportamento ingestivo de cabras Saanen em lactação e sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes e parâmetros ruminais em cordeiros Santa Inês.

### **Referências**

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION STATISTICAL DATABASES. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 20 mai. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 mai. 2010.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Características da casca de soja

A casca de soja (CS) é o envoltório do grão de soja considerado co-produto da indústria esmagadora que produz o óleo vegetal, o farelo e a lecitina de soja. Sua retirada provém do primeiro passo no processo de obtenção do óleo vegetal. Possui baixa densidade,  $170 \text{ kg/m}^3$  (ANDERSON et al., 1988b) e corresponde a 8% do peso do grão de soja. No entanto, na indústria de processamento, o rendimento da CS pode variar de 0 a 3%, de acordo com o teor de proteína da soja que foi esmagada. Assim, quando o teor de proteína é elevado, não há necessidade de retirar a casca de soja do farelo. Entretanto, se o teor de proteína do grão for baixo, maior quantidade de casca é extraída para que o farelo apresente teor de proteína adequado (ZAMBOM et al., 2001).

Como é característica dos co-produtos utilizados na alimentação animal, a composição bromatológica da CS sofre grande variação. Os principais fatores associados a esta ocorrência são: métodos e eficiência no processamento e extração do óleo e do endosperma, baixo controle de fiscalização sobre a qualidade do ingrediente, diferenças genéticas entre as plantas e condições diversas de cultivo (ambiente e fertilidade do solo) em que a cultura se desenvolve (IPHARRAGUERRE; CLARK, 2003).

Segundo Miron, Yosef e Ben-Ghedalia (2001), aproximadamente 80% da matéria seca (MS) da CS é representada por polímeros de glicose, sendo que grande parte destes (~75%) são recuperados na fração de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN). De acordo com Garleb et al. (1988), os principais constituintes desta fração são a celulose (75,6%) e a hemicelulose (18,2%). Adicionalmente, esta fração é pouco lignificada contendo em média 2,4% de lignina (NRC, 2007).

De acordo com o NRC para pequenos ruminantes (2007), a CS apresenta na base seca 13,0% de proteína bruta (PB); 77% de nutrientes digestíveis totais (NDT); 2,6% de extrato etéreo (EE); 62,0% de FDN e 46,0% de fibra insolúvel em detergente ácido (FDA). O amido é encontrado em baixos teores, em média 2,3% na MS (IPHARRAGUERRE; CLARK, 2003). No entanto, valores entre 0% (HSU et al.; 1987) e 9,4% (BATAJOO; SHAVER, 1998) podem ser observados, dependendo do

processamento empregado. Outra característica importante é a presença considerável de substâncias pécnicas. Estas fazem parte da fração de carboidratos estruturais (CE), contudo no rúmen são rapidamente fermentescíveis atuando como carboidratos não-fibrosos (CNF). Em revisão de literatura, Ipharraguerre e Clark (2003) reportaram que a pectina representa 62% dos CNF que compõe a CS, enquanto o amido (19%) e açúcares simples (16%) estão em menores proporções.

Devido à sua composição, alguns autores definem a casca de soja como alimento volumoso - concentrado, pois tem a função fisiológica de fibra vegetal e funciona como um grão de cereal em termos de disponibilidade de energia (NAKAMURA; OWEN, 1989; SARWAR; FIRKINS; EASTRIDGE, 1991).

Além de possuir boa aceitabilidade, a sua inclusão, como suplemento, em dietas a base de forragens proporciona efeitos associativos positivos, pois promove a manutenção do pH ruminal e assim, não prejudica a digestibilidade da fibra (ANDERSON et al., 1988a; GRIGSBY et al., 1993; MARTIN; HIBBERD, 1990; SUDWEEKS, 1977). Isso não acontece quando o milho (processado ou não) é fornecido em altas quantidades na dieta, pois o pH ruminal pode ser reduzido em função do seu alto teor de amido (em torno de 73%), prejudicando o desenvolvimento das bactérias fibrolíticas e possibilitando o aparecimento de problemas metabólicos, como acidose e laminite, comum em vacas leiteiras de alta produção.

## **2.2 O uso da casca de soja como fonte energética**

Para animais de elevada produção é comum a utilização de alimentos de alta densidade energética. Estes são, principalmente, ricos em amido e são representados pelos grãos de cereais (milho, sorgo, trigo). No entanto, quando utilizados em altas concentrações pode-se observar redução na digestão da fração fibrosa da dieta (MERTENS; LOFTEN, 1980; Van SOEST, 1994) e diminuição no consumo de matéria seca (CMS) (PORDOMINGO et al., 1991). Mertens e Loften (1980) sugeriram que o mecanismo primário causador da diminuição da digestão *in vivo* da fibra é a menor atividade das bactérias celulolíticas, sendo isto, devido à condição ácida do rúmen promovida pela rápida fermentação do amido.

A CS é um alimento com baixo teor de amido, sendo extensivamente digerida no rúmen (HSU et al., 1987). Assim, sua utilização como tentativa de incrementar o teor energético de uma dieta tem sido amplamente estudada. Contudo, a energia digestível da CS é inferior à do milho, sendo esta 3,40 e 3,90 Mcal/kg, respectivamente (NRC, 2007).

Ao ser empregada na suplementação de animais em pastagens de moderada ou baixa qualidade, a CS pode substituir o milho ou o sorgo sem prejuízo ao desempenho (ROYES et al., 2001; SANTOS et al., 2005). Isso ocorre em razão à quase inexistência de amido, em que os efeitos negativos associados à redução da degradação de fibra e do consumo de MS de pasto são reduzidos (ANDERSON et al., 1988a). Dessa forma, a adição de CS na ração é utilizada com objetivo de aumentar o consumo de energia e ao mesmo tempo, manter o consumo de fibra. Corroborando, Orr, Henley e Rude (2008), ao substituírem o milho pela CS na suplementação de novilhos alimentados com feno de baixa qualidade, não encontraram alteração no CMS e verificaram aumento na digestibilidade da fração fibrosa da ração. No entanto, Prohamann et al. (2004), observaram que a suplementação com CS nos teores de até 0,6% do peso vivo, não alterou o ganho de peso de bovinos pastejando “coastcross” com 14,3% de PB e 64,2% de NDT.

De acordo com revisão de literatura realizada por Ipharraguerre e Clark (2003), a CS, em dietas para vacas leiteiras, pode substituir o milho até valores próximos de 30% da MS, sem que haja efeitos negativos, tanto sobre a fermentação ou digestão dos nutrientes no trato gastrointestinal quanto sobre o desempenho. Pedroso et al. (2007), ao substituírem o milho pela CS (0, 10 e 20% da MS total) não observaram diferenças no CMS, produção de leite ou produção de leite corrigida para 3,5% de gordura. No entanto, produção total de gordura (kg/dia) aumentou e a concentração de N-ureico no leite decresceu. Os autores indicam que o efeito da CS na redução do CMS parece ocorrer somente quando este ingrediente é incluído em taxas mais elevadas do que a utilizada.

Nakamura e Owens (1989) observaram que a completa substituição do milho pela CS (48% da ração) em dietas contendo 50:50 (volumoso:concentrado, V:C) diminuiu a produção de leite de vacas em lactação. Os autores sugerem que o baixo conteúdo de

amido e energia da ração com CS possam ter contribuído para redução da produção. Adicionalmente, Hashimoto et al. (2007) ao substituírem o milho pela CS (nos teores de 50% e 100%) em rações oferecidas a cabritos mestiços Boer X Saanen observaram maior ingestão de FDN e menor de energia com a elevação da CS na dieta. No entanto, não constataram diferenças no consumo de MS, MO e PB.

Ipharraguerre; Ipharraguerre e Clark (2002) ao incluírem até 40% de CS na ração em substituição ao milho, não constataram diferenças no desempenho de vacas lactantes e na digestibilidade da MS, FDN e FDA. Em experimento realizado por Zervas et al. (1998), alimentou-se ovelhas em lactação com rações com 40% de volumoso e 36% de milho ou CS, e foi constatado que os animais alimentados com o co-produto obtiveram melhora na digestibilidade da FDN sem efeito na produção de leite. Adicionalmente, Zenou e Miron (2005) observaram que ovelhas Assaf, alimentadas com rações que continham CS (até 33% de MS da ração) em substituição a grãos de amido (milho e cevada), apresentaram maiores CMS, produção de leite e digestibilidade *in vitro* da FDN. Os autores sugerem duas possíveis causas para o aumento do consumo: (1) a maior digestibilidade da fração fibrosa e gravidade específica de rações com CS podem acelerar a taxa de passagem dos alimentos e, conseqüentemente, aumentando a ingestão; (2) grandes quantidades de amido na ração podem inibir a atividade da população celulolítica ruminal e desta forma, reduzindo a digestão da FDN e o consumo pelos animais.

O aumento da digestibilidade da fração fibrosa de rações contendo CS seria decorrente da natureza da fibra deste co-produto. Esta é altamente digestível e de baixa lignificação e deve ser mais digestível que a FDN encontrada em outros ingredientes (MENG et al., 2000). Desta forma, a simples adição de fibra digestível na dieta poderia elevar a digestibilidade aparente total da fração fibrosa (AIKAM; BEEVER; HUMPRIES, 2006; ORR; HENLEY; RUDE, 2008). Adicionalmente, ao substituir o milho pela CS observa-se efeito positivo na digestão da fibra, já que há menor abaixamento do pH ruminal fornecendo ambiente favorável aos microrganismos fibrolíticos (FIESER; VANZANT, 2004; HASHIMOTO et al., 2007).

Os resultados de experimentos que estudaram os efeitos da utilização da CS sobre a digestibilidade aparente da fibra são consistentes, de forma que na há

disparidades. Meng et al. (2000) verificaram efeito linear crescente da digestibilidade da FDN com o aumento dos teores de CS em substituição ao milho e farelo de trigo em rações para vacas em lactação. Aikam, Beever e Humpries (2006) também encontraram aumento da digestibilidade da FDN com a diminuição de amido e inclusão da CS. Da mesma forma, cabritos mestiços Boer X Saanen, ao receberem rações com CS em substituição ao milho, apresentaram maiores coeficientes de digestão da fibra sem alterar a digestibilidade da MS, MO e PB (HASHIMOTO et al., 2007).

Com relação à composição do leite observa-se diversidade nos resultados dos trabalhos consultados. Bernard e Mcneill (1991), ao suplementarem vacas em lactação com diferentes ingredientes energéticos, observaram que a substituição de 68% do milho pela CS não alterou as concentrações dos componentes do leite. Ipharraguerre, Ipharraguerre e Clark (2002), semelhantemente, não reportaram diferenças nos componentes do leite de vacas alimentadas com rações com teores crescentes de CS em substituição ao milho.

Miron et al. (2004), ao avaliarem a mistura de CS e farelo de glúten de milho (2:1), em peletes para suplementação, em substituição a grãos de cevada e milho, observaram redução do teor de lactose e aumento nos teores de gordura e uréia no leite. Da mesma forma, Zervas et al. (1998) e Zenou e Miron (2005) verificaram que a inclusão de CS em rações para ovelhas em lactação ocasionaram maiores concentrações de gordura no leite. Os autores atribuem este resultado ao fato da CS possuir maiores teores de celulose e hemicelulose digestíveis, que resultariam em maior produção de acetato pelas bactérias celulolíticas, utilizado posteriormente como precursor da síntese de gordura na glândula mamária.

Ao se utilizar baixos índices de substituição, em rações de alta proporção de concentrado, a CS não compromete o desempenho quando comparada ao milho, pois reduz transtornos metabólicos de tal modo que aumenta a disponibilidade energética de outros nutrientes da dieta. Por outro lado, de acordo com Ludden, Cecava e Hendrix (1995), em altos teores de substituição (acima de 20% MS da dieta) o desempenho pode ser comprometido. Diante disso, os autores concluíram que quando incluída em dietas de alto concentrado com moderada ou altas quantidades de milho (cerca de 90%), a CS tem valor alimentar estimado de 74 a 80% do valor do milho. Contudo,

Ferreira et al. (2007), ao alimentarem cordeiros confinados com rações com 90% de concentrado, verificaram que a substituição do milho, em até 45%, pela CS não alterou o ganho de peso e as características da carcaça dos animais. Restle et al. (2004) reportaram que a inclusão da CS em substituição ao sorgo (até 33%) em rações de bovinos confinados acarreta a um maior ganho de peso e melhor conversão alimentar.

Adicionalmente, Gilaverte (2009) avaliou a utilização de co-produtos energéticos (casca de soja e polpa cítrica) em substituição ao milho, em rações contendo 20% de volumoso, na alimentação de borregas Santa Inês e não encontrou diferenças entre os tratamentos, seja para as variáveis do desempenho (CMS, ganho de peso e eficiência alimentar), seja para o comportamento ingestivo. Desta forma, em dietas com alta proporção de concentrados, a decisão com relação à utilização de milho ou CS, deve ser tomada com base na análise dos custos desses ingredientes.

De acordo com Mertens (1997), a substituição de um ingrediente de baixo teor de FDN por uma fonte de fibra não-forragem pode acarretar em alterações no comportamento ingestivo dos animais. No entanto, segundo Armentano e Pereira (1997) e Van Soest (1994) o tempo total de mastigação é mais influenciado pelo conteúdo de forragem e tamanho de partícula das rações. Além disso, outro ponto a ser considerado é a efetividade física da fibra, que relaciona teor de FDN e tamanho de partícula do alimento e está ligada com a capacidade do alimento em estimular a mastigação (MERTENS, 1997).

Aikam, Beever e Humphries (2006) e Miron et al. (2004b), ao avaliarem a inclusão da CS em rações para vacas em lactação, observaram aumento no tempo gasto com ingestão e mastigação. Ambos sugerem que o co-produto tem maior capacidade de enchimento que o trigo e o milho, sendo necessário, desta forma, mais tempo de ingestão para consumir igual quantidade de alimento. Adicionalmente, Aikam, Beever e Humphries (2006) não verificaram variações no tempo despendido com ruminação devido à inclusão da CS em substituição ao grão de trigo. Estes reportam que as rações avaliadas não diferiram em relação à fibra fisicamente efetiva.

Ipharraguerre e Clark (2003) sugerem que a substituição do milho pela CS em rações para ruminantes não afeta a concentração ruminal total dos ácidos graxos de cadeia curta AGCC. No entanto, diversos trabalhos têm demonstrado que a utilização



deste co-produto promove alteração no padrão de fermentação ruminal. Face ao exposto, Ipharraguerre; Ipharraguerre e Clark (2002), ao incluírem até 40% de CS na ração em substituição ao milho verificaram aumento nas produções de AGCC total, acetato e butirato. Adicionalmente, Ferreira et al. (2008) observou efeito quadrático para concentração molar de propionato no rúmen e efeito linear crescente na concentração de acetato e do pH, quando foi adicionado até 31% de CS na ração em substituição ao milho.

### **2.3 Fibra proveniente de fontes não-forragem (FFNF)**

Além da forragem, outras fontes de alimentos, como os co-produtos das indústrias alimentícias, contribuem para o incremento de fibra na dieta de ruminantes. Entre eles destacam-se: casca de soja, caroço de algodão, polpa cítrica, farelo de glúten de milho, casca de aveia e resíduo de cervejaria. Adicionalmente, estes ingredientes possuem, geralmente, maiores teores de proteína bruta do que volumosos de baixa qualidade.

Em determinadas condições de preço, os co-produtos podem minimizar os custos de alimentação, já que forragens conservadas, geralmente, são mais onerosas do que as fontes de fibra não-forragem (FFNF). Contudo, o tamanho reduzido de partículas e a alta gravidade específica destas fontes podem facilitar o escape ruminal, reduzir a digestibilidade da fibra e a atividade de mastigação. Branco et al. (2010), ao reduzirem o teor de fibra em detergente neutro (FDN) oriunda de forragem na alimentação de cabras leiteiras, verificaram redução da digestibilidade da MS e efeito quadrático na digestibilidade da FDN. Desta forma, os autores concluem que o teor de FDN de forragem que propicia melhor eficiência de síntese de proteína microbiana é 29,6%.

Portanto, em dietas contendo alto teor de FFNF, a quantidade e, principalmente, o tamanho de partícula da forragem devem ser adequados para aumentar o tempo de retenção das partículas dos subprodutos no rúmen e estimular a ruminação e a secreção de saliva (FIRKINS, 1997; GRANT, 1997) sem prejudicar a digestão da fibra.

A CS, considerada uma fonte de fibra não forragem, apresenta alto teor de FDN, variando entre 53 e 74% (IPHARRAGUERRE; CLARK, 2003), que permite seu uso

como substituto às fontes de forragem tradicionais, aumentando a energia disponível no rúmen. Além disso, seu teor de lignina é baixo (2,5% da MS) com pequenas concentrações de ácido ferúlico e *p*-cumárico, que são os principais compostos fenólicos envolvidos na ligação lignina e hemicelulose (GARLEB et al. 1988). Desta forma, estas características conferem a este alimento alta digestibilidade da fração fibrosa (NRC, 2001).

Por essas razões, deve-se explorar o efeito associativo verificado entre a CS e volumosos de fibra longa. Hintz et al. (1964) verificaram que ração contendo 50% de CS e 50% de feno de partículas longas resultou em maior digestibilidade *in vivo* da MS e da fibra bruta (FB) do que ração contendo apenas feno ou apenas CS. Da mesma forma, Berge e Dulphy (1991) verificaram efeito quadrático na digestibilidade da matéria orgânica (MO) quando foram feitas substituições de 0 a 100% de feno pela CS.

Morais et al. (2006) observaram que a CS possui menor quantidade de FDN fisicamente efetiva em comparação à FDN de feno de “coastcross” e, ao ser adicionada em dietas para borregas, até 37,5% da MS, aumentou a digestibilidade da MS e da MO. Da mesma forma, quando a CS substituiu a silagem de milho verificou-se incremento na digestão da FDN e MO (HALACHMI et al., 2004). Adicionalmente, Araújo et al. (2008b) encontraram efeito quadrático ao substituírem parcial ou totalmente feno de “coastcross” pela CS. De acordo com as equações de regressões, os autores determinaram que o teor de inclusão, que proporcionou melhores coeficientes de digestibilidade de MS e MO, foi de aproximadamente 55% da ração na MS.

De acordo com Hsu et al. (1987), a fibra da CS, altamente fermentescível no rúmen promove padrão de fermentação ruminal semelhante à causada por alimentos concentrados. Ipharraguerre e Clark (2003) indicaram que a CS quando substituiu fontes de forragem entre 5 e 25% em rações com mais de 50% de volumoso, houve aumento da proporção molar de propionato no fluido ruminal, sem contudo alterar a proporção molar de acetato e butirato. Por outro lado, em dietas com menos de 50% de volumoso, a inclusão de CS promoveu significativa redução da proporção molar de acetato (SARWAR; FIRKINS; EASTRIDGE, 1991; SARWAR; FIRKINS; EASTRIDGE, 1992) e butirato (CUNNINGHAM; CECAVA; JOHNSON, 1993; SARWAR; FIRKINS; EASTRIDGE, 1991; SARWAR; FIRKINS; EASTRIDGE, 1992).

Souza et al. (2009), ao avaliarem a substituição do feno de “coastcross” pela CS, em rações com 60% de palma forrageira, na alimentação de caprinos, verificaram aumento na produção total de AGCC, sem alterar as concentrações de acetato, propionato e butirato e a relação acetato:propionato. Entretanto, quando a CS foi incluída em rações para vacas em lactação nas proporções de 15 e 25% (WEIDNER; GRANT, 1994a) e de 23,3 e 30,6% (HARMISON; EASTRIDGE; FIRKINS, 1997) foi observado elevação da concentração de propionato e redução da relação acetato:propionato.

Respostas na produção de leite devem ser consideradas como fator importante na avaliação de fontes de fibra não forragem (FFNF). Grande parte dos trabalhos demonstra que a substituição da FDN proveniente de forragens (FDNF) por FFNF, em rações com teores equivalentes de FDN total, resultou em produção de leite semelhante (PEREIRA et al., 1999).

Para vacas em lactação, Ipharraguerre e Clark (2003) concluíram que as repostas da substituição de forragem por CS estão relacionadas à quantidade de forragem na ração e à qualidade (tamanho de partícula e teor de FDN) da mesma. Em experimentos cujas rações possuem inclusões de forragem menor do que 50% e tamanho de partícula reduzido a adição de CS reduziu o consumo animal, a produção de leite e a produção de gordura (IPHARRAGUERRE; CLARK, 2003). Porém, quando o teor de forragem é maior que 50% e com tamanho de partícula adequado, a CS, de maneira geral, melhora ou não afeta o consumo e o desempenho animal. Desta forma, os autores sugerem que o fornecimento deste co-produto deve ser realizado em rações em que haja quantidades satisfatórias de fibra efetiva.

Com objetivo de estudar a eficácia da inclusão de fibra não-forragem, Miron et al. (2003) substituíram a silagem de milho pela CS na proporção de 16% da ração. Assim, ao reduzir a concentração de FDNF (de 18% para 12% na MS) não foi verificado alteração no CMS, produção e composição do leite dos animais. Por outro lado, Araújo et al. (2008a), ao avaliarem a substituição parcial e total do feno de “coastcross” pela CS observaram efeito quadrático no CMS e produção de leite de ovelhas Santa Inês. No entanto, os teores de gordura, proteína e sólidos totais não diferiram entre os tratamentos.

Loest, Titgmeyer e Drouillard (2001) estudaram o efeito da CS como principal ingrediente (até 91% na MS) em rações para bovinos em crescimento. Os autores observaram redução do CMS e do ganho de peso, todavia, sem alterar a eficiência alimentar dos animais. Por outro lado, Morais et al. (2007), constataram que borregas alimentadas com teores crescente de CS em substituição ao feno de “coastcross” (até 37,5% da MS total) apresentaram maiores CMS, ganho de peso e eficiência alimentar. Estes reportam que o maior ganho de peso observado com a inclusão de casca de soja na dieta foi ocasionado, provavelmente, pelo aumento do consumo de energia digestível, o qual proporcionou um maior aporte energético para o animal. Assim, de acordo com os resultados, sugere-se que, a utilização da CS está condicionada ao preço de sua comercialização (LOEST; TITGMEYER; DROUILLARD, 2001).

Quanto ao efeito da CS sobre o comportamento ingestivo, sabe-se que sua adição em substituição a volumosos promove alterações no comportamento ingestivo dos animais (MORAIS et al., 2006; WEIDNER; GRANT, 1994b). Grant (1997) sugere que este efeito é resultado da redução do tamanho de partícula das rações com CS e que esta contenha 20% da capacidade estimular mastigação de um feno de gramínea. Assim, possivelmente, acarretando menor produção de saliva e maior propensão à queda de pH ruminal (GRIGSBY et al., 1992).

Face ao exposto, Weidner e Grant (1994b) avaliaram a inclusão de 15% e 25% de CS em rações para vacas em lactação e verificaram diminuição nos tempos de ruminação e mastigação no tratamento com maior proporção de CS. Os autores relatam que embora a CS contenha elevada quantidade de FDN, o seu menor tamanho de partícula comparado às forragens acarretaria menor estimulação da atividade mastigatória e de ruminação. Semelhantemente, Araújo et al. (2008a) e Morais et al. (2006) observaram que rações para ovinos, contendo teores crescente de CS em substituição ao feno de “coastcross”, ocasionaram redução do tempo de ruminação e mastigação.

Souza et al. (2009) determinaram a influência da substituição do feno de “coastcross” pela CS e observaram que a inclusão da CS em substituição ao feno de “coastcross” (em até 250 g na dieta na MS) acarretou a diminuição no tempo total de mastigação, com conseqüente redução do pH ruminal. Adicionalmente, Grigsby et al.

(1992) substituíram feno de “bromegrass” pela CS e relataram efeito linear decrescente do pH ruminal. Os autores sugerem que a amplitude do declínio do pH ruminal está condicionada ao tamanho da partícula das rações. Harmison, Eastridge e Firkins (1997) constataram que a CS, ao substituir silagens de alfafa e de milho, provocou redução do pH da fezes de vacas Jersey em lactação.

## Referências

AIKMAN, P.C.; BEEVER, D.E.; HUMPHRIES, D.J. The effect of incremental replacement of wheat with soya hulls in diets for Jersey cows on lactational performance, diet digestibility and feeding behavior. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 104, n. 1, p. 23-32, 2006.

ANDERSON, S.J.; MERRIL, J.K.; McDONNELL, M.L.; KLOPFENSTEIN, T.J. Soybean hulls as an energy supplement for the grazing ruminant. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 66, n. 11, p. 2959-2964, 1988a.

ANDERSON, S.J.; MERRIL, J.K.; McDONNELL, M.L.; KLOPFENSTEIN, T.J. Digestibility and utilization of mechanically processed soybean hulls by lambs and steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 66, n. 11, p. 2965-2975, 1988b.

ARAUJO, R.C.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; RODRIGUES, G.H.; PACKER, I.U.; EASTRIDGE. 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**, Champaign, v. 86, n. 12, p. 3511-3521, 2008a.

ARAUJO, R.C.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; URANO, F.S.; MENDES, C.Q.; RODRIGUES, G.H.; PACKER, I.U. Apparent digestibility of diets with combinations of soybean hulls and coastcross (*Cynodon sp.*) hay offered to ram lambs. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 6, p. 581-588, 2008b.

ARMENTANO, L.; PEREIRA, M. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, p. 1416-1425, 1997.

BATAJOO, K.K.; SHAVER, R.D. In situ dry matter, crude protein, and starch degradabilities of selected grains and byproducts. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 71, .n.1, p. 165–176, 1998.

BERGE, P.; DULPHY, J.P. Étude des interactions entre fourrage et aliment concentré chez le mouton. I. Facteurs de variation du taux de substitution. **Annales de Zootechnie**, Paris, v.34, n.3, p.313-334, 1985.

BERNARD, J.K.; McNEILL, W.W. Effect of high fiber energy supplements on nutrient digestibility and milk production of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.74, n.3, p.991-995, 1991.

BRANCO, R.H.; RODRIGUES, M.T.; RODRIGUES, C.A.F.; SILVA, M.M.C.; LEÃO, M.I.; PEREIRA, V.V. Efeito dos níveis de fibra em detergente neutro oriunda da forragem sobre a eficiência microbiana e os parâmetros digestivos em cabras leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.2, p.372-381, 2010.

CUNNINGHAM, K.D.; CECAVA, M.J.; JOHNSON, T.R. Nutrient digestion, nitrogen, and amino acid flows in lactating cows fed soybean hulls in place of forage or concentrate. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 77, n. 11, p. 3523-3535, 1993.

FERREIRA, E.M.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; ARAUJO, R.C. de; MENDES, C.Q.; GENTIL, R.S. Substituição do milho pela casca de soja em rações com alto teor de concentrado na alimentação de cordeiros confinados. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA, 44., 2007. Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: UNESP, 2007a. 1 CD-ROM.

FERREIRA, E.M.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; ARAUJO, R.C.; QUEIROZ, M.A.A.; URANO, F.S.; GENTIL, R.S.; GILAVERTE, S. Effects of replacing of corn by soybean hulls fed to lambs on apparent digestibility of nutrients and ruminal parameters. In: JOINT ADSA-ASAS ANNUAL MEETING, 2008. Indianapolis. **Proceedings....** Indianapolis: ADSA-ASAS, 2008. p. 500.

FIESER, B.G.; VANZANT, E.S. Interactions between supplement energy source and tall fescue hay maturity on forage utilization by beef steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, n. 1, p.307–318, 2004.

FIRKINS, J.L. Effects of feeding nonforage fiber sources on site of fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 7, p. 1426-1437, 1997.

GARLEB, K.A., G.C. FAHEY, JR., S.M. LEWIS, M.S. KERLEY,; MONTGOMERY, L. Chemical composition and digestibility of fiber fractions of certain by-product feedstuffs fed to ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 66, n. 10, p. 2650–2662, 1988.

GILAVERTE, S. **Substituição do milho por polpa cítrica peletizada ou casca de soja na alimentação de borregas.2009.** . 88 p. Dissertação. (Mestrado em Ciência Animal e Pastagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

GRANT, R.J. Interactions among forages and nonforage fiber sources. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 7, p. 1438-1446, 1997.

GRIGSBY, K.N.; KERLEY, M.S.; PATERSON, J.A.; WEIGEL, J.C. Site and extent of nutrient digestion by steers fed a low-quality bromegrass hay diet with incremental levels of soybean hull substitution. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 6, p. 1941-1949, 1992.

GRIGSBY, K.N.; KERLEY M.S.; PATERSON J.A.; WEIGEL, J.C. Combinations of starch and digestible fiber in supplements for steers consuming a low-quality bromegrass hay diet. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, n.4, p.1057-1064, 1993.

HALACHMI, I.; MALTZ, E.; LIVSHIN, N.; ANTLER, A.; BEN-GHEDALIA, D.; MIRON, J. Effects of replacing roughage with soy hulls on feeding behavior and milk production of dairy cows under hot weather conditions. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.87, n. 7, p.2230–2238. 2004.

HASHIMOTO, J.H.; ALCALDE, C.R.; ZAMBOM, M.A.; SILVA, K.T.; MACEDO, F.A.F.; MARTINS, E.N.; RAMOS, C.E.C.O.; PASSIANOTO, G.O. Desempenho e digestibilidade aparente em cabritos Boer x Saanen em confinamento recebendo rações com casca do grão de soja em substituição ao milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.1, p.174-182, 2007.

HINTZ, H.F.; MATHIAS, M.M.; LEY Junior, H.F.; LOOSLI, J.K. Effects of processing and of feeding hay on the digestibility of soybean hulls. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 23, n. 1, p. 43-46, 1964.

HSU, J.T.; FAULKNER, D.B.; GARLEB, K.A.; BARCLAY, R.A.; FAHEY, G.C. Evaluation of corn fiber, cottonseed hulls, oat hulls and soybean hulls as roughage sources for ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 65, n. 1, p. 244-255, 1987.

IPHARRAGUERRE, I.R.; CLARK, J.H. Soyhulls as an alternative feed for lactating dairy cows: A review. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, n. 4, p. 1052-2073, 2003.

IPHARRAGUERRE, I.R.; IPHARRAGUERRE, R.R.; CLARK, J.H. Performance of lactating dairy cows fed varying amounts of soyhulls as a replacement for corn grain. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 85, n. 11, p. 2905-2912, 2002a.

IPHARRAGUERRE, I.R.; SHABI, Z.; CLARK, J.H.; FREEMAN, D.E. Ruminant fermentation and nutrient digestion by dairy cows fed varying amounts of soyhulls as a replacement for corn grain. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 85, n. 11, p. 2890-2904, 2002b.

LOEST, C.A.; TITGEMEYER, E.C.; DROUILLARD, J.S. Soybean hulls as a primary ingredient in forage-free diets for limited-fed growing cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, n. 3, p. 766-774, 2001.

LUDDEN, P.A.; CECAVA, M.J.; HENDRIX, K.S. The value of soybean hulls as a replacement for corn in beef cattle diets formulated with or without added fat. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 9, p. 2706-2711, 1995.

MARTIN, S.K.; HIBBERD, C.A. Intake and digestibility of low-quality native grass hay by beef cows supplemented with graded levels of soybean hulls. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.74, n. 12, p.4319-4325, 1990.

MENG, Q.X.; LU, L.; MIN, X.M.; MCKINNON, P.J.; XIONG, Y.Q. Effect of replacing corn and wheat bran with soyhulls in lactation cow diets on in situ digestion characteristics of dietary dry matter and fiber and lactation performance. **Asian - Australasian Journal of Animal Sciences**, Seul, v. 13, n. 12, p. 1691-1698, 2000.

MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 7, p. 1463-1481, 1997.

MERTENS, D.R.; LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics in vitro. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 63, n. 9, p.1437-1446, 1980.

MIRON, J.; YOSEF, E.; BEN-GHEDALIA, D. Composition and in vitro digestibility of monosaccharide constituents of selected byproduct feeds. **Journal Agricultural Food Chemistry**, Davis, v. 49, n. 5, p. 2322-2326, 2001.

MIRON, J.; YOSEF, E.; MALTZ, E.; HALACHMI, I. Soybean hulls as replacement of forage neutral detergent fiber in total mixed rations of lactating cows. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 106, n. 1, p. 21-28, 2003.

MIRON, J.; YOSEF, E.; NIKBACHAT, M.; ZENOU, A.; MALTZ, E.; HALACHMI, I.; BEN-GHEDALIA, D. Feeding behavior and performance of dairy cows fed pelleted nonroughage fiber byproducts. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 87, n. 5, p. 1372–1379, 2004.

MORAIS, J.B.; SUSIN, I. ; PIRES, A.V.; MENDES, C.Q.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.C.; PACKER, I.U. Comportamento ingestivo de ovinos e digestibilidade aparente dos nutrientes de dietas contendo casca de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 7, p. 1157-1164, 2006.

MORAIS, J.B.; SUSIN, I.; PIRES, A.V.; MENDES, C.Q.; OLIVEIRA JUNIOR, R.C. de. Substituição do feno de “Coastcross” (*Cynodon* sp.) por casca de soja na alimentação de borregas confinadas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 1073-2078, 2007.

NAKAMURA, T.; OWEN, F.G. High amounts of soyhulls for pelleted concentrate diets. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 72, n. 4, p. 988-994, 1989.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7<sup>th</sup> ed. Washington: National Academic Press, 2001. 381p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminants**. Washington: National Academic Press, 2007. 292p.



ORR, A.I.; HENLEY, J.C.; RUDE, B.J. The substitution of corn with soybean hulls and subsequent impact on digestibility of a forage-based diet offered to beef cattle. **Professional Animal Scientist**, Champaign, v. 24, n. 6, p. 566-571, 2008.

PEDROSO, A.M.; SANTOS, F.A.P.; BITTAR, C.M.M.; PIRES, A.V.; MARTINEZ, J.C. Substituição do milho moído por casca de soja na ração de vacas leiteiras em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.5 (supl.), p.1651-1657, 2007.

PEREIRA, M.N.; GARETT, E.F.; OETZEL, G.R.; ARMENTANO, L. Partial replacement of forage with nonforage fiber sources in lactating cow diets. I. Performance and health. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 82, n. 12, p. 2716-2730, 1999.

PORDOMINGO, A.J.; WALLACE, J.D.; FREEMAN, A.S. Supplement corn grain for steers grazing native rangeland during summer. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, n. 4, p. 1678-1687, 1991.

PROHMANN, P.E.F.; BRANCO, A.F.; JOBIM, C.C.; CECATO, U.; PARIS, W.; MOURO, G.F. Suplementação de bovinos em pastagem de *coastcross* (*Cynodon dactylon* (L.) Pers) no verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.3, p.792-800, 2004.

RESTLE, J.; FATURI, C.; ALVES, D.C.; BRONDANI, I.L.; SILVA, J.H.S.; KUSS, F.; SANTOS, C.V.M.; FERREIRA, J.J. Substituição do grão de sorgo por casca de soja na dieta de novilhos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.4, p.1009-1015, 2004.

ROYES, J.B.; BROWN, W.F.; MARTIN, F.G.; BATES, D.B. Source and level of energy supplementation for yearling cattle fed ammoniated hay. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, n. 5, p. 1313-1321, 2001.

SANTOS, D.T.; ROCHA, M.G.; QUADROS, L.F.; GENRO, T.C.M.; MONTAGNER, D.B.; GONÇALVES, E.N.; ROMAN, J. Suplementos energéticos para recria de novilhas de corte em pastagens anuais. Desempenho animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 209-219, 2005.

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**, Champaign, 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**, Champaign, v.75, n. 6, p.1533-1542, 1992.

SOUZA, E.J.; GUIM, A.; BATISTA, Â.M.V.; SANTOS, K.L.; SILVA, J.R.; MORAIS, N.A.P.; MUSTAF, A.F. 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**, Amsterdam, v. 85, n.1, p. 63–69, 2009.

SUDWEEKS, E.M. Digestibility by sheep of diets of citrus pulp, corn or soybean mill feed with three forages. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.60, n. 9, p.1410-1415, 1977.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2<sup>nd</sup> ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.

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**, Champaign, 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**, Champaign, v.77, n. 2, p.513-521, 1994b.

ZAMBOM, M.A.; SANTOS, G.T.; MODESTO, E.C.; ALCALDE, C.R.; GONÇALVES, G.D.; SILVA, D.C; SILVA, K. T.; FAUSTINO, J. O. Valor nutricional da casca do grão de soja, farelo de soja, milho moído e farelo de trigo por bovinos. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 4, p. 937-943, 2001.

ZENOU, A.; MIRON, J. Milking performance of dairy ewes fed pellets containing soyhulls as starchy grain substitute. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 57, n. 2, p. 187-192, 2005.

ZERVAS, G.; FEGEROS, K.; KOYTSTOLIS, K.; GOULAS, C.; MANTZIOS, A. Soy hulls as a replacement for maize in lactating dairy ewe with or without fat supplements. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam v. 76, n. 1/2, p. 65-75, 1998.

### **3 SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO MILHO PELA CASCA DE SOJA NA ALIMENTAÇÃO DE CABRAS EM LACTAÇÃO**

#### **Resumo**

Os objetivos deste experimento foram avaliar os efeitos da substituição do milho pela casca de soja sobre o desempenho e comportamento ingestivo de cabras Saanen em lactação. Oito cabras com  $39 \pm 5$  dias em lactação e produção inicial de  $2,5 \pm 0,2$  kg/dia foram alojadas em baias tipo "tie stall". Os animais foram distribuídos em um delineamento de quadrado latino 4x4 duplo, com duração de cada período de 16 dias, sendo 12 dias para adaptação às rações experimentais e quatro dias para colheita das amostras. Os animais foram alimentados com dietas compostas por 40% de volumoso e 60% de concentrado. A casca de soja substituiu o milho em 0, 20, 40 e 60%, constituindo os tratamentos 0CS, 20CS, 40CS e 60CS, respectivamente. Não se observou efeito ( $P > 0,05$ ) da substituição parcial do milho pela casca de soja no consumo de matéria seca, produção de leite, eficiência alimentar, variação do peso corporal, comportamento ingestivo e teores de lactose, sólidos totais e proteína no leite. O teor de gordura no leite e a concentração de ácidos graxos não esterificados no sangue aumentaram ( $P < 0,05$ ) e a concentração de ureia no leite e de N-ureico no plasma diminuíram ( $P < 0,05$ ) com a inclusão da casca de soja na ração. A casca de soja em substituição parcial ao milho não altera o consumo de matéria seca e produção de leite, porém aumenta o teor de gordura no leite.

Palavras-chave: Comportamento ingestivo, Co-produto, Desempenho, Leite

### **PARCIAL REPLACEMENT OF CORN BY SOYBEAN HULLS IN DIETS FOR LACTATING GOATS**

#### **Abstract**

The objectives of this experiment were to determine the effects of replacing corn by soybean hulls on dry matter intake, milk production and composition in Saanen goats. Eight goats ( $39 \pm 5$  DIM and initial yield of  $2.5 \pm 0.2$  kg/day) were housed in a tie stall and used in two 4 x4 Latin square design conducted concurrently. Each experimental period consisted of 16 d; the first 12 d were used to adapt goats to treatments and the remaining 4 d were used for data collection. Animals were fed a 40:60 (concentrate:roughage ratio). Soybean hull replaced corn by 0%, 20%, 40% or 60% on a DM basis, corresponding to the experimental treatments 0SH, 20SH, 40SH and 60SH, respectively. Dry matter intake, milk yield, production of 3.5% fat-corrected milk, efficiency feed, ingestive behavior, body weight change and milk lactose, protein and total solids concentrations were not affected ( $P > 0.05$ ) by replacing corn ground by soybean hulls. Milk fat concentration and non-esterified fatty acids increased ( $P < 0.05$ ) and milk urea and plasma N-urea concentration decreased ( $P < 0.05$ ) with soybean hulls inclusion. Soybean hulls replacing partially corn doesn't affect dry matter intake, milk yield and ingestive behavior, however increasing milk fat concentration.

Keywords: By-products, Ingestive behavior, Milk, Performance

### 3.1 Introdução

Na produção intensiva de ruminantes, um dos principais componentes do custo final é representado pelos gastos com alimentação. A utilização de produtos considerados “commodities” na alimentação de ruminantes, como o milho, pode se tornar inviável em determinadas situações, principalmente em função das oscilações de preços. Desta forma, tem-se a necessidade de buscar ingredientes alternativos e de baixo valor comercial, como os resíduos e co-produtos agrícolas, como novas opções de alimento.

Rações formuladas para animais em lactação, comumente, incluem grão de milho em suas composições. No entanto, além da preocupação com aspecto econômico, problemas com distúrbios metabólicos, redução na digestibilidade da fibra (ORSKOV, 1986) e depressão da gordura no leite (WALKER; DUNSHEA; DOYLE, 2004) podem ser verificados em dietas com alta concentração de amido. Desta forma, a casca de soja (CS) surge como uma potencial fonte a ser explorada, já que é obtida do processamento de extração do óleo de soja e há facilidade de aquisição em algumas regiões do País. O elevado teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) (60-70% na MS) de alta digestibilidade da CS confere a este ingrediente característica de alimento energético podendo substituir grãos de cereais em dietas de ruminantes.

Por ser um ingrediente quase livre de amido (HSU et al., 1987) a CS tem demonstrado benefícios principalmente sobre a digestão da fibra e melhorias no padrão de fermentação ruminal, com manutenção do pH ruminal mais adequado ao desenvolvimento das bactérias celulolíticas (KLOPFENSTEIN; OWEN, 1987). Adicionalmente, trabalhos realizados com vacas em lactação não observaram diferenças no desempenho produtivo (consumo de matéria seca, produção de leite e eficiência alimentar) com a inclusão da CS em substituição ao milho (AIKAM; BEEVER; HUMPHRIES, 2006; NAKAMURA; OWEN, 1989; PEDROSO et al., 2007).

Assim, a presente proposta de estudo teve como objetivos avaliar os efeitos da substituição do milho pela CS sobre o desempenho e comportamento ingestivo de cabras Saanen em lactação.

## **3.2 Material e Métodos**

### **3.2.1 Animais e instalações experimentais**

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 oito cabras da raça Saanen (39,0 ± 5,0 dias em lactação e produção inicial de 2,5 ± 0,2 kg/dia) alojadas em baias individuais do tipo "tie-stall", medindo 0,50 x 1,2 m, em galpão coberto, com piso ripado, providas de comedouro e bebedouro. Foram realizados dois quadrados latinos (4x4), a duração de cada sub-período foi de 16 dias, sendo 12 dias para adaptação às rações experimentais e 4 dias para colheita das amostras.

As cabras foram pesadas em três dias consecutivos, sendo as pesagens realizadas no início do experimento e no final de cada sub-período sem jejum alimentar.

As cabras foram ordenhadas mecanicamente duas vezes ao dia (7:30 e 15:30 h). A produção de leite foi medida através da realização de controle leiteiro durante o período da colheita das amostras, por meio de medidor automático da marca Tru-Test<sup>®</sup>. Amostras compostas (ordenha da manhã e ordenha da tarde) foram colhidas nos dias do controle leiteiro. As amostras foram conservadas em 2-bromo-2-nitropropano-1-3-diol e as determinações de proteína, gordura, lactose, sólidos totais e uréia foram realizadas por leitura de absorção de infravermelho próximo em um equipamento Bentley 2000 (Bentley Instruments Inc., Minnessota, EUA), no Laboratório de Análise de leite, da Clínica do leite, do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP.

### 3.2.2 Tratamentos e fornecimento das dietas

As rações experimentais continham 40% de volumoso e 60% de concentrado (Tabela 1), nas quais a casca de soja substituiu o milho em 0, 20, 40, e 60%, constituindo os tratamentos 0CS, 20CS, 40CS e 60CS, respectivamente. As rações foram fornecidas duas vezes ao dia, sendo o volumoso (feno moído), o concentrado e a casca de soja de cada unidade experimental pesados separadamente em balança eletrônica (LC100, Marte Balanças e Aparelhos de Precisão LTDA) com precisão de 20 g e misturados manualmente nos cochos. As sobras de alimentos de cada baia foram quantificadas diariamente, o que possibilitou o cálculo do consumo e ajuste da quantidade de alimento a ser fornecida em cada dia. Foi adotado, como critério, sobra de aproximadamente 10% da oferta, garantindo consumo *ad libitum* da ração.

As rações foram formuladas para atender ou exceder as exigências de cabras em lactação (AFRC, 1998) e estão descritas na Tabela 1.

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

	Feno	Casca de soja	Milho moído	Tratamentos <sup>1</sup>			
				0CS	20CS	40CS	60CS
<b>Ingredientes</b>							
Feno de "coastcross"	-	-	-	40,00	40,00	40,00	40,00
Casca de soja	-	-	-	-	10,00	20,00	30,00
Milho	-	-	-	50,00	40,00	30,00	20,00
Farelo de trigo	-	-	-	2,80	4,15	5,50	6,75
Farelo de soja	-	-	-	4,70	3,35	2,00	0,75
Uréia	-	-	-	0,20	0,20	0,20	0,20
Mistura mineral <sup>2</sup>	-	-	-	2,30	2,30	2,30	2,30
<b>Composição Química</b>							
Matéria seca	91,5	91,3	89,0	90,0	90,7	90,9	91,1
Matéria orgânica	89,5	95,8	98,3	93,4	93,3	92,5	92,2
Matéria mineral	9,6	3,8	1,5	6,6	6,7	7,5	7,8
Proteína bruta	14,3	12,0	9,5	14,9	14,2	13,3	13,3
FDN <sup>3</sup>	73,9	70,3	14,0	38,0	43,9	50,4	56,5
FDN <sub>fe</sub> <sup>4</sup>	55,8	17,9	7,7	-	-	-	-
FDN <sub>forragem</sub> <sup>5</sup>	-	-	-	29,6	29,6	29,6	29,6
FDN <sub>forragem</sub> , <sup>5</sup> % FDN total	-	-	-	77,8	67,4	58,3	52,4
EM rações <sup>6</sup> , Mcal/kg	-	-	-	2,57	2,46	2,37	2,29
EL <sub>lact</sub> rações <sup>6</sup> , Mcal/kg	-	-	-	1,65	1,58	1,53	1,47
<b>Tamanho de partícula, %</b>							
> 1,18 mm	75,5	25,5	54,9	-	-	-	-
≤ 1,18 mm	25,5	75,5	45,1	-	-	-	-

<sup>1</sup>Tratamentos: 0CS = sem inclusão de casca de soja; 20CS, 40CS e 60CS = 20%, 40% e 60% de substituição do milho (50% da MS) pela CS.

<sup>2</sup> Composição: 5,5% P; 22% Ca; 3,5% Mg; 2,2% S; 7,0% Na; 10,5% Cl; 500 ppm Fe; 450 ppm Cu; 1550 ppm Zn; 1500 ppm Mn; 40 ppm I; 50 ppm Co; 20 ppm Se.

<sup>3</sup> Fibra em detergente neutro.

<sup>4</sup> FDN fisicamente efetiva, calculada pela multiplicação da concentração de FDN pela fração (%) retida na peneira de 1,18 mm como sugerido por Mertens (1997).

<sup>5</sup> Fibra em detergente neutro proveniente de forragem.

<sup>6</sup> Estimado utilizando o modelo Small Ruminants Nutrition System, v. 1.8.7 (CANNAS et al., 2004; TEDESCHI; CANNAS; FOX, 2008).

### **3.2.3 Amostragem, análises químico-bromatológicas e determinação da FDN fisicamente efetiva**

Amostras semanais dos concentrados, da casca de soja e do feno de “coastcross” foram colhidas e congeladas (-18°C) para posterior determinação da composição bromatológica. As amostras de feno, bem como das sobras, foram acondicionadas em sacos de papel, pesadas e mantidas em estufa de circulação forçada de ar, a temperatura de 55°C por 72 horas. Em seguida foram pesadas e moídas em moinho com peneira de crivos de 1 mm, para posterior determinação da matéria seca (MS) e matéria mineral (MM) segundo a AOAC (1990). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) foram obtidos utilizando  $\alpha$ -amilase e sulfito de sódio (VAN SOEST; ROBERTSON; LEWIS, 1991). A determinação de nitrogênio total das fezes e dos alimentos foi realizada com base na combustão das amostras (WILES; GRAY; KISSLING, 1998) pelo analisador da marca LECO<sup>®</sup>, modelo FP-528 com temperatura de combustão de 835°C. O teor de proteína bruta (PB) foi obtido por meio da multiplicação do teor de nitrogênio total por 6,25. Calculou-se a MO pela diferença entre a MS e MM.

Para estimar a FDN fisicamente efetiva (FDNfe) do milho, do feno e da casca de soja foi adotado o método proposto por Mertens (1997). Aproximadamente 200 g de milho e casca de soja e 50g de feno foram colocados separadamente em uma peneira de 1,18 mm, que foi agitada durante um minuto em um agitador vertical (Cenco-Meinzer Sieve Shaker). Após a agitação, a quantidade de cada amostra retida na peneira foi pesada para a determinação do fator de efetividade física (fef), que é calculado através da proporção de partículas retidas em peneiras de 1,18mm. A concentração de FDN de cada ingrediente foi multiplicada pela fração retida na peneira de 1,18 mm para calcular a FDNfe.

### **3.2.4 Determinação de N-ureico e ácidos graxos não-esterificados (AGNE)**

No início do experimento, assim como no final dos sub-períodos experimentais, foram realizadas colheitas de sangue via punção da veia jugular de todos os animais antes e três horas após a oferta do alimento da manhã (GUSTAFSSON; PALMQUIST, 1993) para determinação da concentração de N-ureico plasmático e AGNE. As colheitas



foram realizadas em tubos a vácuo contendo gel separador e acelerador de coágulo ( $\text{SiO}_2$ ) (VACUETTE<sup>®</sup>, Greiner Bio-One). Imediatamente após a colheita, as amostras foram centrifugadas para separação do soro sangüíneo, o qual foi armazenado em tubetes de plástico e congelado para posterior análise laboratorial.

Para determinação do nitrogênio ureico foi utilizado o método colorimétrico descrito por Chaney e Marbach (1962) adaptado para leitura em placas de microtítulo em aparelho do tipo Elisa Reader (BIO RAD Laboratories, Hercules, CA, EUA) com comprimento de luz de 540 nanômetros. Somente foram aceitos os resultados provenientes de placas com  $r^2 = 0,99$  e coeficiente de variação entre duplicatas  $\leq 7\%$ . A determinação da glicose plasmática foi realizada através do aparelho autoanalisador bioquímico YSI 2700-S Biochem (Yellow Spring, OH, EUA).

A concentração de ácidos graxos não esterificados foi determinada através da utilização do kit comercial (NEFA-C Wako Chemicals<sup>®</sup>, Richmond, Virginia – USA) adaptado para leitura em placas de microtítulo, em aparelho tipo Elisa Reader (BIO RAD Laboratories, Hercules, CA, EUA) com comprimento de luz de 540 nanômetros.

### **3.2.5 Avaliação do comportamento ingestivo dos animais**

No final de cada sub-período experimental do ensaio de desempenho, foi avaliado o comportamento ingestivo dos animais. A avaliação foi feita individualmente, com intervalos de 5 minutos, durante 24 horas, para determinar o 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 através do somatório das atividades de ingestão e ruminação conforme Armentano e 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.

### 3.2.6 Análise Estatística

Os dados foram analisados utilizando o PROC MIXED do programa estatístico SAS (2002). As médias apresentadas 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 modelo estatístico utilizado para as variáveis foi:

$$Y_{ijkl} = \mu + Q_i + T_j + P_k + Q_i * T_j + VI/Q_i + E_{ijk}$$

Onde:

$\mu$  = média geral

$Q_i$  = efeito do quadrado latino

$T_j$  = efeito do tratamento

$P_k$  = efeito do período  $i$

$Q_i * T_j$  = efeito da interação quadrado latino\*tratamento

$VI/Q_i$  = efeito do animal  $I$  dentro de quadrado latino  $i$

$E_{ijkl}$  = erro aleatório associado a cada observação  $Y_{ijkl}$ .

### 3.3 Resultados e discussão

O consumo de matéria seca (CMS) não diferiu ( $P > 0,05$ ) com a inclusão da casca de soja (CS) em substituição ao milho (Tabela 2). De acordo com revisão de literatura de Ipharraguerre e Clark (2003), em 13 dos 15 trabalhos analisados, o CMS não alterou quando a CS substituiu grãos de cereais das rações. Os autores relatam que o efeito da CS na redução do consumo de MS parece ocorrer quando

o este ingrediente é incluído em teores acima de 30%, o que não ocorreu neste experimento (Tabela 1). Da mesma forma, Meng et al. (2000); Nguyen et al. (2008) e Pedroso et al. (2007) não observaram variação no CMS ao incluírem CS em até 25% nas rações. Adicionalmente, Alcalde et al. (2009), com o objetivo de avaliar o valor nutritivo de rações contendo CS em substituição ao milho moído para cabritos Saanen, não verificaram diferença no CMS com a inclusão de até 49% do co-produto na dieta.

Tabela 2 - Consumo de nutrientes pelas cabras alimentadas com rações contendo casca de soja em substituição parcial ao milho

Item	Tratamentos <sup>1</sup>				EPM <sup>6</sup>	Efeito (P>F) <sup>7</sup>	
	0CS	20CS	40CS	60CS		L	Q
CMS <sup>2</sup> , kg/d	2,66	2,73	2,73	2,61	0,05	0,68	0,36
CMO <sup>3</sup> , kg/d	2,49	2,55	2,53	2,40	0,05	0,48	0,30
CPB <sup>4</sup> , kg/d	0,40	0,39	0,36	0,35	<0,01	<0,01	0,87
CFDN <sup>5</sup> , kg/d	1,01	1,20	1,38	1,47	0,04	<0,01	0,33

<sup>1</sup>Tratamentos: 0CS = sem inclusão de casca de soja; 20CS, 40CS e 60CS = 20%, 40% e 60% de substituição do milho (50% da MS) pela CS. <sup>2</sup>Consumo de matéria seca. <sup>3</sup>Consumo de matéria orgânica. <sup>4</sup>Consumo de proteína bruta. <sup>5</sup>Consumo de fibra em detergente neutro. <sup>6</sup>EPM: Erro padrão da média. <sup>7</sup>Efeito: Valor de P para o teste de polinômio ortogonal, resposta cúbica não significativa (P > 0,05).

Na literatura encontram-se resultados variados do efeito da CS sobre o CMS. Aikam; Beever e Humphries (2006); Ipharraguerre; Ipharraguerre e Clark (2002) verificaram redução no CMS com a inclusão da CS. Em ambos os trabalhos foi proposto que esta redução está associada ao maior efeito de enchimento proporcionado pelas rações com o co-produto. Contudo, Miron et al. (2004a); Zenou e Miron (2005) constataram que o consumo de alimento aumentou com a adição da CS na ração. Foi sugerido pelos autores que rações com maiores proporções de grãos de cereais são mais energéticas e desta forma, exerçam maior efeito de saciedade. Adicionalmente, devido às características de alta taxa e extensão de digestão da fração fibrosa da CS, sua inclusão na dieta proporciona um turnover ruminal mais rápido e conseqüentemente, aumenta o consumo pelos animais (ALLEN, 1997). No presente trabalho a ausência de efeito, possivelmente, está relacionada com o efeito associativo entre o feno e a CS, causando diminuição da taxa de passagem e aumento da digestibilidade da matéria orgânica, o que sugere que a CS quando utilizada em até 30% da dieta, em rações com 40% de volumoso, tem valor energético similar ao milho.

De acordo com as análises bromatológicas, o milho continha 14,0% de FDN e a CS 70,3%. Assim, ao substituir o milho pela CS observou-se elevação do percentual de FDN das rações (Tabela 1), que refletiu no aumento (P<0,05) do consumo de FDN pelas cabras alimentadas com maiores teores de CS. Santos et al. (2008) observaram resultado semelhante, quando incluíram CS nas dietas de ovinos em confinamento.

Com relação ao consumo de proteína bruta, verificou-se efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ), fato explicado pela diminuição dos teores de PB entre as rações experimentais.

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

Item	Tratamentos <sup>1</sup>				EPM <sup>4</sup>	Efeito (P>F) <sup>5</sup>	
	0CS	20CS	40CS	60CS		L	Q
Produção de leite, kg/d	2,78	2,74	2,80	2,61	0,07	0,24	0,40
LCG <sup>2</sup> , kg/d	2,75	2,84	2,91	2,72	0,08	0,94	0,09
Eficiência Alimentar <sup>3</sup>	1,03	1,04	1,06	1,07	0,03	0,38	0,98
Gordura, %	3,42	3,59	3,72	3,75	0,09	<0,01	0,43
Gordura, g/d	95,4	101,8	104,6	97,9	3,52	0,53	0,10
Proteína, %	3,10	3,21	3,12	3,08	0,04	0,46	0,08
Proteína, g/d	86,2	87,6	87,4	80,6	2,58	0,62	0,47
Lactose, %	4,58	4,54	4,52	4,54	0,04	0,23	0,18
Lactose, g/d	127,6	123,9	126,7	118,5	3,61	0,43	0,66
Sólidos totais, %	11,93	12,40	12,21	12,23	0,18	0,26	0,09
Sólidos totais, g/d	332,9	337,9	342,6	319,0	10,03	0,47	0,13
Ureia, mg/dL	17,56	15,98	14,50	14,65	0,39	<0,01	0,10
Ureia, mg/d	4,91	4,43	4,09	3,87	0,20	<0,01	0,60

<sup>1</sup>Tratamentos: 0CS = sem inclusão de casca de soja; 20CS, 40CS e 60CS = 20%, 40% e 60% de substituição do milho (50% da MS) pela CS.

<sup>2</sup>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).

<sup>3</sup>Eficiência alimentar = LCG/consumo de matéria seca.

<sup>4</sup>EPM: Erro padrão da média.

<sup>5</sup>Efeito: Valor de P para o teste de polinômio ortogonal, resposta cúbica não significativa ( $P > 0,05$ ).

A produção de leite (PL), produção de leite corrigido para 3,5% de gordura e a eficiência alimentar (EA) não diferiram ( $P > 0,05$ ) com a substituição parcial do milho pela CS. Possíveis explicações para estes resultados estão relacionados, a ausência de efeito no CMS, além disso, estes resultados reforçam a ideia que a CS quando incluída em até 30% da MS apresenta valor energético similar ao do milho, o que pode ser atribuído principalmente a alta digestibilidade da fração fibrosa deste co-produto, resposta semelhante foi observada por AIKAM, BEEVER e HUMPHRIES (2006).

Ipharraguerre e Clark (2003), ao analisarem dados de 10 trabalhos de desempenho de vacas em lactação, constataram baixa correlação ( $P=0,51$ ) entre produção de leite e porcentagem de CS nas rações. Adicionalmente, demais trabalhos realizados para avaliar a inclusão da CS na ração de vacas em lactação não encontraram alterações na produção de leite (AIKAM; BEEVER; HUMPHRIES, 2006; IPHARRAGUERRE; IPHARRAGUERRE; CLARK, 2002; MENG et al., 2000; MIRON et al., 2004a; MIRON et al., 2004b; PEDROSO et al., 2007). Por outro lado, Zenou e Miron (2005) constataram que a utilização da CS substituindo milho e cevada, na alimentação de ovelhas em lactação, ocasionou aumento da PL. Os autores sugerem que este resultado foi reflexo da elevação do CMS por parte das ovelhas alimentadas com rações com CS.

O teor de gordura no leite aumentou ( $P<0,05$ ) com a inclusão de CS nas rações. Em concordância ao resultado do presente trabalho estão, Ipharraguerre; Ipharraguerre; Clark (2002); Meng et al. (2000); Miron et al. (2004a); Miron et al. (2004b); Nakamura e Owen (1989); Zenou e Miron (2005), que avaliaram a substituição de fontes de amido pela CS na alimentação de vacas ou ovelhas lactantes. Três possíveis explicações são destacadas na literatura. Zenou e Miron (2005) indicam que este efeito pode estar relacionado ao maior consumo de FDN digestível e à favorável condição ruminal para os microrganismos fibrolíticos se desenvolverem. Assim, favorecendo o acréscimo na produção de acetato no rúmen, que poderia ser utilizado como precursor da síntese de gordura no leite na glândula mamária. Por outro lado, Jenkins e McGuire (2006) reportam que em dietas com elevado teor de amido há maior produção de propionato no rúmen que estimula o aumento de insulina circulante, induzindo à síntese de gordura nos tecidos, com conseqüente redução da produção de gordura no leite.

Adicionalmente, de acordo com Sanz Sampelayo et al. (1998), em cabras, o balanço de energia é o fator mais importante na determinação do conteúdo de proteína e gordura no leite. Assim, a modificação na produção e teor de gordura no leite está, possivelmente, mais ligada ao balanço energético do que com a inclusão de fibra ou alterações na relação volumoso:concentrado. (CALDERON et al., 1984; MORAND-FEHR; SAUVANT, 1980). Além disso, sabe-se que parte dos ácidos graxos do leite é derivada dos ácidos graxos não esterificados (AGNE) que podem ser provenientes de

lipídios absorvidos ou da mobilização de reservas corporais. Deste modo, sugere-se que o aumento do teor de gordura no leite, observado neste experimento, pode ser devido à maior ( $P < 0,05$ ) liberação de AGNE verificado nos tratamentos com maiores teores de CS (Tabela 4).

A lactose é o principal componente osmótico do leite e a taxa de secreção do leite está intimamente ligada a sua secreção. Sano, Ambo e Tsuda (1985) encontraram que aproximadamente 85% da lactose do leite de cabras são derivadas da glicose sanguínea. Devido à estreita relação entre a síntese de lactose e a quantidade de água drenada para o leite, a concentração desse dissacarídeo é o menos variável dentre os componentes do leite. Fredeen (1996) considera que o manejo nutricional dos animais tem pouca capacidade em alterar o conteúdo da lactose do leite. Desta forma, não foi verificado efeito ( $P > 0,05$ ) da inclusão de CS em substituição parcial ao milho sobre o teor e produção de lactose, o que está de acordo com os dados reportados por Miron et al. (2004a), Miron et al. (2004b) e Pedroso et al. (2007).

O teor de proteína não variou ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos. Na literatura há vários trabalhos que descrevem diferentes efeitos da inclusão de CS nas rações sobre este componente do leite. Os resultados obtidos no presente trabalho estão de acordo com Ipharraguerre, Ipharraguerre e Clark (2002); Meng et al. (2000); Miron et al. (2004a), Pedroso et al. (2007). No entanto, Aikam, Beever e Humphries (2006); Miron et al. (2004b); Zenou e Miron (2005) verificaram redução do teor de proteína. Estes sugerem que rações contendo altos teores de CS e baixos de carboidratos não-estruturais podem limitar a síntese de proteína microbiana no rúmen e reduzir o aporte de proteína metabolizável para o intestino, que limitaria a disponibilidade de aminoácidos na glândula mamária.

Os sólidos totais são a soma da proteína, da lactose, da gordura e dos minerais presentes no leite. Por causa da pouca variação dos componentes do leite entre os tratamentos, isto refletiu nos valores semelhantes ( $P > 0,05$ ) da concentração e produção de sólidos totais observados neste experimento.

Foi observado efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ) para produção e concentração de ureia no leite e para a concentração de nitrogênio ureico plasmático colhido antes do fornecimento da ração (NUP1). É conhecido que as concentrações de uréia no sangue e

no leite são altamente correlacionadas (BAKER; FERGUSON; CHALUPA, 1995) e que altas concentrações de amônia ruminal (N-NH<sub>3</sub>) resultam em maior absorção líquida de nitrogênio via parede do rúmen, que pode ser excretado via urina e/ou aumentar o teor de ureia no leite (NOUSIAINEN; SHINGFIELD; HUHTANEN, 2004). Portanto, a redução na concentração de ureia no leite e no sangue no presente experimento, pode ser atribuída à diminuição no CPB à medida que o milho foi substituído pela CS (Tabela 2). Além disso, Grant e Mertens (1992) propõem que a CS propicia melhor sincronismo entre a liberação e utilização de energia e proteína quando comparada a dietas ricas em amido, o que acarretaria em menores concentrações e taxas de absorção de N-amoniaco no rúmen.

Os resultados de ureia no leite do presente estudo se assemelham aos obtidos por Pedroso et al. (2007) quando avaliaram os efeitos da CS em substituição ao milho em rações para vacas em lactação. Por outro lado, a inclusão de farelo de glúten de milho e CS substituindo milho e cevada (MIRON et al., 2004b) e a suplementação de vacas com peletes com 18% de CS em substituição à cevada (MIRON et al., 2004a) aumentaram a concentração de ureia no leite

Tabela 4 - Concentrações médias de nitrogênio ureico plasmático, ácidos graxos não esterificados e variação do peso corporal de cabras alimentadas com rações contendo casca de soja em substituição parcial ao milho

Item	Tratamentos <sup>1</sup>				EPM <sup>4</sup>	Efeito (P>F) <sup>5</sup>	
	0CS	20CS	40CS	60CS		L	Q
Nitrogênio ureico, mg/dL							
T0 <sup>2</sup>	35,55	34,93	29,01	28,66	1,58	0,03	0,96
T3 <sup>3</sup>	36,25	38,18	40,93	34,48	1,97	0,85	0,19
AGNE, mmol/L							
T0 <sup>2</sup>	0,22	0,24	0,27	0,27	<0,01	<0,01	0,44
T3 <sup>3</sup>	0,22	0,21	0,21	0,23	<0,01	0,82	0,44
Variação peso corporal, kg							
	2,95	3,48	2,47	2,17	0,50	0,46	0,65

<sup>1</sup>Tratamentos: 0CS = sem inclusão de casca de soja; 20CS, 40CS e 60CS = 20%, 40% e 60% de substituição do milho (50% da MS) pela CS.

<sup>2</sup>Sangue colhido antes do fornecimento da ração.

<sup>3</sup>Sangue colhido 3 horas após o fornecimento da ração.

<sup>4</sup>EPM: Erro padrão da média.

<sup>5</sup>Efeito: Valor de P para o teste de polinômio ortogonal, resposta cúbica não significativa (P > 0,05).

Em fases de deficiência energética, ocorre hidrólise e mobilização dos triglicerídeos armazenados no tecido adiposo com consequente formação de ácidos graxos não esterificados (AGNE) que através da corrente sanguínea e são transportados para os órgãos e tecidos do corpo. Desta forma, a concentração de AGNE no sangue é reflexo da mobilização de gordura das reservas corporais, e pode ser uma importante ferramenta no auxílio de diagnóstico de problemas que ocorrem durante o período final de gestação e início de lactação. Os resultados observados mostraram aumento ( $P < 0,05$ ) nas concentrações plasmáticas de AGNE em amostras colhidas antes do fornecimento da ração, o que pode estar relacionado com a menor densidade energética das rações contendo CS (Tabela 1).

Os valores de AGNE observados em todos os tratamentos são inferiores aos reportados por Bava et al. (2001), como concentrações adequadas para cabras em lactação (0,43 mmol/L) o que é consistente com a ausência de efeito dos tratamentos sobre a variação de peso corporal dos animais. Estes resultados demonstram que CS pode ser utilizada de forma satisfatória para a formulação de rações para cabras em lactação.

Não foi observada diferença ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos para as variáveis: CMS e tempos de ingestão, ruminação, mastigação e ócio (min/d) (Tabela 5). Os dados de CMS são relativos aos dias das avaliações do comportamento ingestivo. Aikam, Beever e Humphries (2006) e Miron et al. (2004b), ao avaliarem a inclusão de CS em rações para vacas em lactação, observaram aumento no tempo gasto de ingestão e mastigação. Ambos sugerem que o co-produto tem maior capacidade de enchimento que o trigo e o milho, sendo assim necessário, mais tempo de ingestão para iguais quantidades de alimento consumido.

Com a substituição de um ingrediente de baixo teor de FDN (milho) por uma fonte de fibra não-forragem (casca de soja) alterações no comportamento ingestivo dos animais seriam esperadas (MERTENS, 1997). No entanto, segundo Armentano e Pereira (1997) e Van Soest (1994) o tempo total de mastigação é mais influenciado pelo conteúdo de forragem e tamanho de partícula das rações.



Tabela 5 - Consumo de matéria seca, consumo de fibra em detergente neutro e comportamento ingestivo de cabras alimentadas com rações contendo casca de soja em substituição parcial ao milho

Item	Tratamentos <sup>1</sup>				EPM <sup>3</sup>	Efeito (P>F) <sup>4</sup>	
	0CS	20CS	40CS	60CS		L	Q
CMS <sup>2</sup> , kg/dia	2,73	2,84	2,83	2,77	0,06	0,83	0,34
CFDN <sup>2</sup> , kg/dia	1,04	1,25	1,43	1,56	0,04	<0,01	0,36
Ingestão							
min/d	333,12	310,63	307,93	307,60	9,65	0,30	0,53
min/g de MS	0,13	0,11	0,11	0,11	<0,01	0,21	0,43
min/g de FDN	0,33	0,26	0,22	0,19	0,01	<0,01	0,30
Ruminação							
min/d	475,00	478,13	491,74	491,38	14,48	0,52	0,94
min/g de MS	0,16	0,15	0,15	0,16	<0,01	0,86	0,38
min/g de FDN	0,41	0,35	0,30	0,28	0,01	<0,01	0,11
Mastigação							
min/d	808,13	788,75	799,73	799,02	17,96	0,87	0,69
min/g de MS	0,30	0,28	0,28	0,29	<0,01	0,76	0,43
min/g de FDN	0,78	0,64	0,56	0,51	0,02	<0,01	0,16
Ócio							
min/d	611,88	633,75	625,13	625,49	17,83	0,77	0,67

<sup>1</sup>Tratamentos: 0CS = sem inclusão de casca de soja; 20CS, 40CS e 60CS = 20%, 40% e 60% de substituição do milho (50% da MS) pela CS.

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

<sup>3</sup>EPM: Erro padrão da média.

<sup>4</sup>Efeito: Valor de P para o teste de polinômio ortogonal, resposta cúbica não significativa (P > 0,05).

As dietas experimentais (Tabela 1) continham quantidades de fibra proveniente de forragens similares, que possivelmente forneceram estímulos para ruminação semelhante entre os tratamentos. Embora, o milho tenha apresentado maior concentração de partículas retidas na peneira >1,18 que a CS, a mastigação inicial durante a ingestão aliada à maior concentração de carboidratos de fácil degradação ruminal propiciaram, provavelmente, condições adequadas para que as partículas de milho fossem fermentadas no rúmen sem estimular a ruminação. Da mesma forma, Aikam, Beever e Humphries (2006) não verificaram variações no tempo despendido com

ruminação devido à inclusão da CS em substituição ao grão de trigo. Estes reportaram que as rações avaliadas não diferiram em relação à fibra fisicamente efetiva.

Foi observado efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ) para consumo de FDN (CFDN) e decrescente ( $P < 0,05$ ) para tempo de ingestão, ruminação e mastigação por grama de FDN. Estes resultados são decorrentes da elevação dos teores de FDN das rações com a inclusão da CS, deste modo, com aumento do CFDN o tempo despendido por grama de FDN diminuiu.

### 3.4 Conclusões

A inclusão de CS em substituição ao milho em rações para cabras em lactação não altera o CMS, produção do leite, eficiência alimentar, variação do peso corporal e o comportamento ingestivo. No entanto, reduz a excreção de uréia no leite e aumenta o teor de gordura no leite e a concentração de ácidos graxos não-esterificados no sangue.

### Referências

AIKMAN, P.C.; BEEVER, D.E.; HUMPHRIES, D.J. The effect of incremental replacement of wheat with soya hulls in diets for Jersey cows on lactational performance, diet digestibility and feeding behavior. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 104, n. 1, p. 23-32, 2006.

AFRC. **The nutrition of goats**. Technical committee on responses to nutrients report 10. Wallingford: CAB International, 1998. 118 p.

ALCALDE, C.R.; ZAMBOM, M.A.; PASSIANOTO, G.O.; LIMA, L.S.; ZEOULA, L.M.; HASHIMOTO, J.H. Valor nutritivo de rações contendo casca do grão de soja em substituição ao milho moído para cabritos Saanen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n.11, p.2198-2203, 2009.

ALLEN, M.S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 7, p. 1447-1462, 1997.

ARMENTANO, L.; PEREIRA, M. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 7, p. 1416-1425, 1997.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15<sup>th</sup> ed. Arlington, 1990. v. 1, 1117p.

BAKER, L.D.; FERGUNSON, J.D.; CHALUPA, W. Responses in urea and true protein of milk to different protein feeding schemes for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 78, n. 11, p. 2424-2434, 1995.

BAVA, L. ; RAPETTI, L.; CROVETTO, G.M.; TAMBURINI, A.; SANDRUCCI, A.; GALASSI, G.; SUCCI, G. Effects of a nonforage diet on milk production, energy and nitrogen metabolism in dairy goats throughout lactation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 84, n. 11, p. 2450–2459, 2001.

CALDERON, I.; DE PEETERS, E.J.; SMITH, N.E.; FRANKE, A.A. Composition of goat milk: changes within milking and effects of high concentrate diet. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 67, n. 9, p.1905– 1911, 1984.

CANNAS, A.; TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; PELL, A.N.; VAN SOEST, P.J. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological value for sheep. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, n. 1, p. 149-169, 2004.

CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, Washington, v. 8, p. 130-137, 1962.

FREDEEN, A.H. Considerations in the nutritional modification of milk composition. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 59, n. 1-3, p. 185-197, 1996.

GRANT, R.J.; MERTENS, D.R. Development of buffer systems for pH control and evaluation of pH effects on fiber digestion in vitro. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.75, n. 6, p.1581-1587, 1992.

GUSTAFSSON, A.H.; PALMQUIST, D.L. Diurnal variation of rumen ammonia, serum urea and milk urea in dairy cows at high and low yields. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, n. 2, p. 475-484, 1993.

IPHARRAGUERRE, I.R.; CLARK, J.H. Soyhulls as an alternative feed for lactating dairy cows: A review. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, n. 4, p. 1052-2073, 2003.

IPHARRAGUERRE, I.R.; IPHARRAGUERRE, R.R.; CLARK, J.H. Performance of lactating dairy cows fed varying amounts of soyhulls as a replacement for corn grain. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 85, n. 11, p. 2905-2912, 2002.

KLOPFENSTEIN, T.; OWEN, F. Soybean hulls – an energy supplement for ruminants. **Animal Health & Nutrition**, Mount Morris, v.43, n. 4, p.28-32, 1987.

JENKINS, T.C.; MCGUIRE, M.A. Major advances in nutrition: impact on milk composition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 89, n. 4, p.1302-1310, 2006.

MENG, Q. X.; LU, L.; MIN, X.M.; MCKINNON, P.J.; XIONG, Y.Q. Effect of replacing corn and wheat bran with soyhulls in lactation cow diets on in situ digestion characteristics of dietary dry matter and fiber and lactation performance. **Asian - Australasian Journal of Animal Sciences**, Seul, v. 13, n. 12, p. 1691-1698, 2000.

MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 7, p. 1463-1481, 1997.

MIRON, J.; YOSEF, E.; NIKBACHAT, M.; ZENOU, A.; MALTZ, E.; HALACHMI, I.; BEN-GHEDALIA, D. Feeding behavior and performance of dairy cows fed pelleted nonroughage fiber byproducts. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 87, n. 5, p. 1372–1379, 2004.

MIRON, J.; NIKBACHAT, M.; ZENOU, A.; BEN-GHEDALIA, D.; SOLOMON, R.; SHOSHANI, E.; HALACHMI, I.; LIVSHIN, N.; ANTLER, A.; MALTZ, E. Lactation performance and feeding behavior of dairy cows supplemented via automatic feeders with soy hulls or barley based pellets. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 87, n. 11, p. 3808–3815, 2004.

MORAND-FEHR, P.; D. SAUVANT. Composition and yield of goat milk as affected by nutritional manipulation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 63, n. 10, p.1671–1680, 1980.

NAKAMURA, T.; OWEN, F.G. High amounts of soyhulls for pelleted concentrate diets. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 72, n. 4, p. 988-994, 1989.

NGUYEN, V.T.; LOUIS, D.G. ST.; ORR, A.I.; RUDE, B.J. Supplementing maize or soybean hulls to cattle fed rice straw: intake, apparent digestion, in situ disappearance and ruminal dynamics. **Asian - Australasian Journal of Animal Sciences**, Seul, v. 21, n. 6, p. 807-817, 2008.

NOUSIAINEN; J.; SHINGFIELD, K.J.; HUHTANEN, P. Evaluation of milk urea nitrogen as a diagnostic of protein feeding. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 87, n. 2, p. 386-398, 2004.

ØRSKOV, E.R. Starch digestion and utilization in ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 63, n. 5, p. 1624-1633, 1986.

PEDROSO, A.M.; SANTOS, F.A.P.; BITTAR, C.M.M.; PIRES, A.V.; MARTINEZ, J.C. Substituição do milho moído por casca de soja na ração de vacas leiteiras em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.5 (supl.), p.1651-1657, 2007.

SANO, H.; AMBO, K.; TSUDA, T. Blood glucose kinetics in whole body and mammary gland of lactating goats exposed to heat. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 68, n. 10, p. 2557-2564, 1985.

SANTOS, J.W.; CABRAL, L.S.; ZERVOUDAKIS, J.T.; SOUZA, A.L.; ABREU, J.G.; BAUER, M.O. Casca de soja em dietas para ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n. 11, p. 2049-2055, 2008.

SANZ SAMPELAYO, M.R.; PEREZ, L.; BOZA, J.; AMIGO, L. Forage of different physical forms in the diets of lactating Granadina goats: nutrient digestibility and milk production and composition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 81, n.2, p.492–498, 1998.

SAS INSTITUTE. **SAS users guide**: statistics. Version 9.0. Cary, 2002.

SKLAN, D.; ASHKENAZI, R.; BRAUN, A.; DEVORIN, A.; TABOR, K. Fatty acids, calcium soaps of fatty acids, and cottonseeds fed to high yielding cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 75, n. 9, p. 2463-2472, 1992.

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**, Viçosa, v. 37, suplemento especial, p. 178-190, 2008.

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**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2<sup>nd</sup> ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.

WALKER, G.P.; DUNSHEA, F.R.; DOYLE, P.T. Effects of nutrition and management on the production and composition of milk fat and protein: a review. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 55, n. 10, p. 1009-1028, 2004.

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**, Washington, v. 81, n. 3, p. 620-632, 1998.

ZENOU, A.; MIRON, J. Milking performance of dairy ewes fed pellets containing soyhulls as starchy grain substitute. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 57, n. 2, p. 187-192, 2005.



#### **4 DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES, METABOLISMO DO N E PARÂMETROS RUMINAIS DE RAÇÕES CONTENDO CASCA DE SOJA EM SUBSTITUIÇÃO AO MILHO NA ALIMENTAÇÃO DE BORREGOS**

##### **Resumo**

Os objetivos deste experimento foram avaliar os efeitos da substituição do milho pela casca de soja sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes, parâmetros ruminais e o metabolismo de N. Quatro borregos (PV = 58,0 ± 2 kg) foram individualmente alojados em gaiolas metálicas para ensaio de metabolismo e distribuídos em delineamento experimental do tipo quadrado latino (4 x 4). O experimento foi composto por 4 períodos de 14 dias, sendo 10 dias destinados para a adaptação dos animais às rações experimentais e 4 dias para colheita das amostras. Os animais foram alimentados com dietas compostas por 40% de volumoso e 60% de concentrado. A casca de soja substituiu o milho em 0, 20, 40 ou 60% da matéria seca, constituindo os tratamentos 0CS, 20CS, 40CS e 60CS, respectivamente. Não se observou efeito ( $P>0,05$ ) da substituição parcial do milho pela casca de soja no consumo e digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica e proteína bruta, concentração de ácidos graxos de cadeia curta no rúmen e no balanço de nitrogênio. Contudo, houve diminuição ( $P<0,05$ ) na concentração de N-amoniaco e propionato no rúmen e aumento ( $P<0,05$ ) no consumo e da digestibilidade da fibra em detergente neutro, pH ruminal e concentração de acetato no rúmen. A casca de soja pode substituir parcialmente o milho, uma vez que não altera a digestibilidade da matéria seca e a concentração de ácidos graxos de cadeia curta e aumenta a digestibilidade da fibra em detergente neutro e o pH ruminal.

Palavras-chave: Ácidos graxos de cadeia curta, Co-produto, FDN, Rúmen

#### **NUTRIENT APPARENT DIGESTIBILITY, N METABOLISM AND RUMINAL MEASURES OF DIETS CONTAINING SOYBEAN HULLS REPLACING PARTIALLY CORN FED TO RAM LAMBS**

##### **Abstract**

The objectives of this experiment were to determine the effects of partial replacement of corn by soybean hulls on nutrients apparent digestibility, N metabolism and ruminal parameters. Four ram lambs (58 ± 2 kg of body weight) were placed individually in metabolism crates and assigned to a 4 x 4 Latin square design. The experimental period consisted of 14 d; the first 10 d were used to adapt lambs to treatments and the remaining 4 d were used for data collection. Animals were fed a 40:60 (concentrate: roughage ratio). Soybean hulls replaced corn by 0%, 20%, 40% or 60% (DM basis), corresponding to the experimental treatments 0SH, 20SH, 40SH and 60SH, respectively. Dry matter, organic matter and crude protein intake and digestibility, short-chain fatty acids concentration and nitrogen balance were not affected ( $P>0.05$ ) by

replacing ground corn by soybean hulls. However, ruminal ammonia and propionate concentration decreased ( $P<0.05$ ) while neutral detergent fiber intake and digestibility, ruminal pH and acetate concentration increased ( $P<0.05$ ) with soybean hulls inclusion. Soybean hulls can partially replace corn without affecting dry matter digestibility and short-chain fatty acids concentration, at the same time increasing NDF digestibility and ruminal pH.

Keywords: By-products, NDF, Rumen, Short-chain Fatty acids

## 4.1 Introdução

Com o intuito de minimizar os custos com a alimentação tem-se proposto utilizar co-produtos da indústria em substituição a alimentos considerados nobres e habitualmente mais onerosos. O emprego destes ingredientes, de pouco valor a alimentação humana, permite aumentar a sustentabilidade da cadeia produtiva e melhorar a utilização dos produtos que se tornariam dejetos.

A casca de soja (CS) é o envoltório do grão de soja, considerada co-produto da indústria esmagadora que produz, principalmente, óleo vegetal, farelo e a lecitina de soja. De acordo com NRC (2007), a CS apresenta 13,0% de proteína bruta (PB); 2,6% de extrato etéreo (EE); 62,0% de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN); 46,0% de fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) e de 2,8 Mcal/kg de energia metabolizável (EM). Em razão destas características alguns autores definem a CS como alimento volumoso-concentrado, pois tem a função fisiológica de fibra vegetal e funciona como um grão de cereal em termos de disponibilidade de energia (NAKAMURA; OWEN, 1989; SARWAR; FIRKINS; EASTRIDGE, 1991).

Além do potencial de ser alternativa ao milho para redução dos custos, a CS pode contribuir para diminuição do efeito negativo sobre a digestibilidade da fibra, observado em rações com alto teor de amido. Segundo Klopfenstein e Owens (1987) a inclusão de CS em substituição a grãos de cereais mantêm o pH ruminal em valores considerados ideais ao desenvolvimento das bactérias fibrolíticas. Além disso, a utilização de CS em substituição ao milho provoca poucas variações na concentração total de ácidos graxos de cadeia curta (IPHARRAGUERRE; CLARK, 2003) e aumenta a concentração de acetato no rúmen (FIESER; VANZANT, 2004). Assim, os objetivos deste trabalho foram avaliar o efeito da substituição parcial do milho pela CS sobre o consumo e a



digestibilidade aparente dos nutrientes, o metabolismo de nitrogênio e os parâmetros ruminais de borregos da raça Santa Inês.

## **4.2 Material e Métodos**

### **4.2.1 Animais e instalações experimentais**

O experimento foi realizado nas instalações para ovinos do Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos (SIPOC), do Departamento de Zootecnia, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Foram utilizados 4 borregos da raça Santa Inês canulados no rúmen, com peso corporal inicial de  $58,0 \pm 2$  kg e 9 meses de idade, distribuídos em um delineamento experimental do tipo quadrado latino. Os animais foram alojados individualmente em gaiolas metálicas para ensaios de metabolismo, com dimensões de 1,30 x 0,55 m, providas de cocho, bebedouro e sistema para colheita de fezes e urina separadamente.

O período experimental foi de 56 dias, sendo divididos em 4 sub-períodos de 14 dias. Destes, dez dias foram destinados para a adaptação dos animais às rações e quatro dias para a colheita de dados e amostras. Os animais foram pesados no início e no final de cada sub-período.

### **4.2.2 Tratamentos e fornecimento das dietas**

As rações experimentais foram isonitrogenadas, contendo 40% de volumoso e 60% de concentrado (Tabela 6), nas quais a CS substituiu o milho em 0, 20, 40 e 60%, constituindo os tratamentos 0CS, 20CS, 40CS e 60CS, respectivamente. As rações foram fornecidas duas vezes ao dia, sendo o volumoso (feno moído), o concentrado e a CS de cada baia pesados em balança eletrônica (LC100, Marte Balanças e Aparelhos de Precisão LTDA) com precisão de 20 g e misturados manualmente nos cochos. A alimentação foi fornecida *ad libitum* permitindo-se sobras de no máximo 10% da quantidade oferecida.

O alimento oferecido e recusado foi pesado diariamente para a determinação do CMS por animal por dia. Durante os quatro dias de colheita, amostras das fezes e dos alimentos oferecidos e recusados foram colhidas e compostas por animal e sub-período, sendo conservadas a  $-18^{\circ}$  C.

Tabela 6 – Proporção dos ingredientes e composição química das rações experimentais (% MS)

	Feno	Casca de soja	Milho moído	Tratamentos <sup>1</sup>			
				0CS	20CS	40CS	60CS
<b>Ingredientes</b>							
Feno de “coastcross”	-	-	-	40,0	40,0	40,0	40,0
Casca de soja	-	-	-	-	9,0	18,0	27,1
Milho	-	-	-	44,7	35,6	26,7	17,8
Farelo de trigo	-	-	-	2,7	3,1	3,3	3,4
Farelo de soja	-	-	-	10,1	9,8	9,5	9,2
Uréia	-	-	-	0,2	0,2	0,2	0,2
Mistura mineral <sup>2</sup>	-	-	-	2,3	2,3	2,3	2,3
<b>Composição Química</b>							
Matéria seca	91,6	91,8	89,0	90,5	90,7	90,9	91,2
Matéria orgânica	88,5	95,2	98,3	91,8	91,3	91,7	91,3
Matéria mineral	10,5	4,4	1,5	8,2	8,7	8,3	8,7
Proteína bruta	19,5	12,4	9,5	17,1	16,4	16,1	15,9
FDN <sup>3</sup>	65,0	69,1	14,0	39,4	45,2	50,5	57,0
FDN <sub>fe</sub> <sup>4</sup>	49,1	17,6	7,7	-	-	-	-
<b>Tamanho de partícula, %</b>							
> 1,18 mm	75,5	25,5	54,9	-	-	-	-
≤ 1,18 mm	25,5	75,5	45,1	-	-	-	-

<sup>1</sup>Tratamentos: 0CS = sem inclusão de casca de soja; 20CS, 40CS e 60CS = 20%, 40% e 60% de substituição do milho (50% da MS) pela CS.

<sup>2</sup> Composição: 7,5% P; 19% Ca; 1% Mg; 7% S; 14,3% Na; 21,8% Cl; 500 ppm Fe; 300 ppm Cu; 4600 ppm Zn; 1100 ppm Mn; 80 ppm I; 405 ppm Co; 30 ppm Se.

<sup>3</sup>Fibra em detergente neutro.

<sup>4</sup> FDN fisicamente efetiva, calculada pela multiplicação da concentração de FDN pela fração (%) retida na peneira de 1,18 mm como sugerido por Mertens (1997).

### 4.2.3 Análises laboratoriais e cálculos

As amostras colhidas foram analisadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da ESALQ - USP. Anteriormente, estas foram moídas em moinho tipo Wiley providos de peneira com crivo de 1 mm. Posteriormente foram analisadas para as determinações de MS e matéria mineral (MM) de acordo com a AOAC (1990). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) foram obtidos utilizando  $\alpha$ -amilase e sulfito de sódio conforme Van Soest, Robertson e Lewis (1991). A determinação de nitrogênio total das fezes e dos alimentos foi realizada com base na combustão das amostras (WILES; GRAY; KISSLING, 1998) pelo analisador da marca LECO<sup>®</sup>, 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 da amostra por 6,25. Calculou-se a MO pela diferença entre a MS e MM.

A digestibilidade aparente dos nutrientes foi calculada da seguinte forma:

$$\text{DATT (\%)} = \frac{(\text{MSC} \cdot \text{NMS}) - (\text{MSF} \cdot \text{NMF})}{(\text{MSC} \cdot \text{NMS})} \cdot 100$$

MSC = matéria seca consumida;

MSF = matéria seca fecal;

NMF = porcentagem do nutriente na matéria seca fecal;

NMS = porcentagem do nutriente na matéria seca consumida.

Realizou-se a colheita total de urina uma vez por dia durante o período de colheita de amostras. A urina foi colhida em recipientes plásticos contendo solução de ácido clorídrico (HCl 6N), a fim de manter o pH da urina abaixo de 3. O total colhido foi quantificado e homogeneizado, sendo em seguida filtrado em gaze de algodão e uma amostra de 10% foi retirada e congelada a -18°C. O N da urina foi determinado em micro Kjeldahl (CAMPOS; NUSSIO; NUSSIO, 2004).

O balanço de nitrogênio foi calculado através das fórmulas abaixo apresentadas:

$$\text{Nitrogênio absorvido (g/d)} = \text{N consumido} - \text{N fecal}$$

Nitrogênio retido (g/d) = N absorvido – N urinário

Balanço de N (% N absorvido) = (N retido/N absorvido)\*100

Balanço de N (% N ingerido) = (N retido/N ingerido)\*100

#### 4.2.4 Parâmetros ruminiais

As amostras de conteúdo ruminal foram obtidas no último dia de colheita de cada sub-período, com intervalos de duas horas entre cada colheita. Os horários de colheita tiveram como início o momento da alimentação, sendo a hora zero o momento antes da oferta de alimento e 2, 4, 6, 8, 10 e 12 horas pós-fornecimento do alimento.

A colheita das amostras foi realizada em quatro regiões distintas da cavidade, sendo depois filtradas em tecidos de algodão do tipo fralda. Cada amostra teve, aproximadamente, 200 mL de fluido ruminal filtrado, utilizados na determinação imediata do pH de cada amostra, por meio de pHmetro (DM – 20, Digimed).

A seguir, uma alíquota de 25 mL do fluido, acrescentando 1,25 mL de solução 6N de HCl, foi conservada a  $-18^{\circ}$  C para posterior determinação dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e N-amoniaco. Após o descongelamento, as amostras foram centrifugadas a  $12.000 \times g$  a  $4^{\circ}$ C durante 20 minutos. Uma alíquota do sobrenadante foi utilizada para a determinação da concentração de N-amoniaco ruminal, seguindo o método colorimétrico proposto por Chaney e Marbach (1962), adaptado para a leitura em leitor de microplaca (Bio-Rad, Hercules, EUA), utilizando-se filtro para absorvância de 540 nm (CAMPOS; NUSSIO; NUSSIO, 2004).

A concentração dos AGCC foi determinada em cromatógrafo gasoso (CG), segundo Palmquist e Conrad (1971). As amostras foram previamente preparadas e armazenadas sob refrigeração ( $-20^{\circ}$ C) em recipientes apropriados ao equipamento, contendo 800  $\mu$ L do extrato, 200  $\mu$ L de ácido fórmico e 100  $\mu$ L de padrão interno. O equipamento utilizado foi um CG (Hewlett Packard Company® 5890 serie II), equipado com braço mecânico (HP integrator 3396 serie II, Hewlett Packard Company®).

#### 4.2.5 Análises estatísticas

Os dados relativos ao ensaio de digestibilidade, balanço de nitrogênio e comportamento ingestivo foram analisados pelo procedimento PROC GLM do programa estatístico SAS (2002). Testes para polinômios ortogonais (linear e quadrático) para todas as variáveis analisadas foram aplicados quando detectado efeito de tratamento ( $P < 0,05$ ).

O modelo estatístico utilizado para as variáveis foi:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_j + Q_i + A_k + P_l + E_{ijkl}$$

onde:

$\mu$  = média geral

$Q_i$  = efeito do quadrado latino

$T_j$  = efeito do tratamento

$A_k$  = efeito do animal k dentro de quadrado latino

$P_l$  = efeito do período l

$E_{ijkl}$  = erro aleatório associado a cada observação  $Y_{ijkl}$ .

As análises de pH, N-NH<sub>3</sub> e AGCC foram realizadas por parcela subdividida no tempo (hora das medidas) pelo procedimento MIXED do pacote estatístico SAS (2002) e seguiu o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + T_j + Q_i + A_k + P_l + TH_{ij} + E_{ijk}$$

onde:

$\mu$  = média geral

$Q_i$  = efeito do quadrado latino

$T_j$  = efeito do tratamento

$A_k$  = efeito do animal k dentro de quadrado latino

$P_l$  = efeito do período l

$TH_{ij}$  = efeito da interação entre o efeito do tratamento e o horário de medição

$E_{ijk}$  = erro aleatório associado a cada observação  $Y_{ijk}$ .

### 4.3 Resultados e discussão

O consumo de matéria seca (CMS) e matéria orgânica (CMO) não alteraram ( $P>0,05$ ) com a inclusão da CS nas rações (Tabela 7), o que sugere que a CS por conter alta concentração de fibra de alta digestibilidade (NRC, 2001) não provocaria limitação física ao consumo. Segundo Mertens (1992), o CMS está negativamente correlacionado com a concentração de FDN quando o enchimento ruminal limita à ingestão, mas, positivamente correlacionado quando a energia é o fator limitante. Estes resultados assemelham-se aos observados por Ipharraguerre et al. (2002); Meng et al. (2000) e Pedroso et al. (2007) que avaliaram a substituição do milho pela CS em rações para vacas em lactação. De acordo com revisão de literatura realizada por Ipharraguerre e Clark (2003), modificações no CMS pela adição deste co-produto parecem ocorrer em teores acima de 30%. Adicionalmente, Nguyen et al. (2008); Orr et al. (2007); Orr, Henley e Rude (2008), ao estudarem os efeitos da suplementação do feno de coastcross com milho ou casca de soja na alimentação de novilhos, não verificaram alterações no consumo.

Por outro lado, Ferreira (2008); Miron et al. (2004a); Zenou e Miron (2005) constataram que o CMS aumentou com a adição da CS na ração para ovinos. Foi sugerido pelos autores que rações com maiores proporções de grãos de amido são mais energéticas e desta forma, exercem maior efeito de saciedade. Adicionalmente, devido às características de tamanho de partícula reduzido, alta gravidade específica quando hidratada, elevada taxa e extensão de digestão da fração fibrosa da CS proporcionaria maior taxa de passagem das rações e conseqüentemente, aumento do consumo pelos animais (ALLEN, 1997).

A digestibilidade da MS (DMS) e MO (DMO) não foram afetadas ( $P<0,05$ ) pelos tratamentos (Tabela 7). Resultados similares foram observados por Ferreira (2008); Ipharraguerre et al. (2002); Ludden, Cecava e Hendrix (1995) e Mendes et al. (2005) que substituíram milho pela CS em rações completas. Galloway et al. (1993); Nguyen et al. (2008); Orr et al. (2007) e Orr, Henley e Rude (2008), ao compararem a utilização da CS e do milho na suplementação de bovinos também não observaram diferenças nos coeficientes de DMS e DMO. Assim, propõe-se que apesar de aumentar a porção fibrosa das rações com a inclusão da CS (Tabela 6) esta é de alta digestibilidade, que

acarretou a ausência de efeito na DMS e DMO. Meng et al. (2000) reportam que a digestibilidade da MS até 12 horas de incubação é mais elevada em rações a base de milho, no entanto, após esse período os valores assemelham-se aos de rações contendo CS.

Com a adição de até 49% de CS em substituição parcial ou total ao milho moído em rações para cabritos, constatou-se que a digestibilidade da MS e MO apresentaram efeito quadrático (ALCALDE et al., 2009). Os autores sugeriram que a CS pode substituir em até 75% o milho moído proporcionando aumento do coeficiente de digestão da MS. Os resultados obtidos no presente experimento deixam clara a possibilidade de substituição de até 60% do milho pela CS sem prejuízos a nutrição energética de cabras em lactação. O que reafirma a idéia de que a CS caracteriza-se também com ingrediente energético em rações para ruminantes.

Tabela 7 – Consumo e digestibilidade aparente no trato digestório total (DATT) da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) de rações contendo casca de soja em substituição parcial ao milho

Item <sup>2</sup>	Tratamentos <sup>1</sup>				EPM <sup>3</sup>	Efeito <sup>4</sup>	
	0CS	20CS	40CS	60CS		L	Q
	Matéria seca						
Consumo, kg/d	1,31	1,28	1,31	1,15	0,06	0,19	0,39
CMSD, kg/d	0,90	0,92	0,91	0,82	0,04	0,21	0,29
DATT, %	69,38	71,42	69,51	72,21	0,72	0,32	0,83
	Matéria orgânica						
Consumo, kg/d	1,20	1,17	1,19	1,04	0,06	0,17	0,37
CMOD, kg/d	0,84	0,84	0,84	0,76	0,04	0,22	0,31
DATT, %	70,01	72,13	70,50	73,27	0,71	0,22	0,82
	Fibra em detergente neutro						
Consumo, kg/d	0,49	0,56	0,67	0,64	0,04	0,05	0,38
CFDND, kg/d	0,26	0,35	0,44	0,45	0,03	<0,01	0,30
DATT, %	54,26	63,11	66,44	71,80	1,96	<0,01	0,34
	Proteína bruta						
Consumo, kg/d	0,24	0,22	0,22	0,20	0,01	0,07	0,95
CPBD, kg/d	0,18	0,16	0,16	0,14	<0,01	0,04	0,71
DATT, %	73,30	72,28	69,90	72,37	0,60	0,42	0,27

<sup>1</sup>Tratamentos: 0CS = sem inclusão de casca de soja; 20CS, 40CS e 60CS = 20%, 40% e 60% de substituição do milho (50% da MS) pela CS.

<sup>2</sup>CMSD= consumo de matéria seca digestível; CMOD= consumo de matéria orgânica digestível; CFDN= consumo de FDN digestível; CPBD= consumo de proteína bruta digestível.

<sup>3</sup>EPM: Erro padrão da média.

<sup>4</sup> Efeito: Valor de P para o teste de polinômio ortogonal, resposta cúbica não significativa ( $P > 0,05$ ).

Observou-se efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ) para consumo de FDN com a substituição do milho pela CS nas rações. A ausência de efeito no CMS (Tabela 7) e o acréscimo no teor de FDN das rações com a inclusão da CS (Tabela 6) propiciaram que os animais dos tratamentos com maiores teores de CS ingerissem maior quantidade de fibra. Por ser resultado esperado, muitos trabalhos corroboram aos observados no presente experimento (ALCALDE et al., 2009; MENG et al., 2000; IPHARRAGUERRE et al., 2002; HASHIMOTO et al., 2007; ORR et al., 2007; FERREIRA, 2008; NGUYEN et al., 2008; ORR; HENLEY; RUDE, 2008).

A digestibilidade da FDN (DFDN) aumentou ( $P < 0,05$ ) com a inclusão de CS nas rações (Tabela 7). Meng et al. (2000), ao substituírem total e/ou parcialmente milho e trigo pela CS na ração de vacas leiteiras, observaram aumento na DFDN em todos os períodos de incubação. Da mesma forma, Hashimoto et al. (2007), ao avaliarem a digestibilidade dos nutrientes em rações para cabritos, constataram maiores coeficientes de DFDN com o aumento da CS. Os resultados obtidos estão também de acordo aos relatados por Fieser e Vanzant (2004); Orr et al. (2007), Nguyen et al. (2008); Orr, Henley e Rude (2008). Por outro lado, Alcalde et al. (2009) verificaram efeito quadrático da DFDN com a inclusão da CS em rações para cabritos Saanen, sendo calculado que a máxima digestibilidade desta fração ocorreria no teor de substituição 76,5%.

O aumento na digestibilidade da FDN verificada pode ser atribuído à natureza da fibra da CS. Esta é pouco lignificada e altamente digestível, sendo mais digestível que a FDN encontrada em outros ingredientes (MENG et al., 2000). Assim, a simples incorporação da fibra da CS na dieta pode elevar a digestibilidade aparente total da fração fibrosa (AIKAM; BEEVER; HUMPRIES, 2006; ORR; HENLEY; RUDE, 2008). Adicionalmente, pode ter havido efeito associativo positivo na digestão da fibra com a substituição do milho pela CS, uma vez que o aumento ( $P < 0,05$ ) no pH ruminal observado com a inclusão de CS nas rações (Tabela 9) pode ter favorecido o desenvolvimento das bactérias fibrolíticas (FIESER; VANZANT, 2004; HASHIMOTO et al., 2007).

Ainda com relação ao efeito associativo positivo, Grant e Mertens (1992) sugerem que a CS libera energia de forma mais lenta e uniforme do que o milho, melhorando o



sincronismo de utilização entre energia e proteína, que ofereceria melhores condições para o crescimento microbiano, e conseqüentemente a digestibilidade da fibra.

A redução no consumo de PB ( $P < 0,05$ ) ocorreu devido às variações dos teores de PB entre as rações experimentais (Tabela 6). No entanto, a digestibilidade da PB não diferiu ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos, tal fato pode ser atribuído a semelhança dos ingredientes protéicos e de suas respectivas quantidades utilizadas nas rações. Com base revisão de literatura de Ipharraguerre e Clark (2003), a inclusão da CS substituindo grãos de cereais ou forragens não altera significativamente a digestibilidade aparente da PB no trato digestório total de bovinos.

Tabela 8 – Balanço de nitrogênio de cordeiros Santa Inês alimentados com rações contendo casca de soja em substituição parcial ao milho

Item	Tratamentos <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>	Contrastes ( $P > F$ ) <sup>3</sup>	
	0CS	20CS	40CS	60CS		L	Q
N ingerido, g/d	38,15	35,08	31,87	31,51	2,11	0,05	0,62
N fecal, g/d	10,22	9,78	9,15	8,82	0,73	0,40	0,96
N absorvido, g/d	27,93	25,30	22,72	22,69	1,41	0,04	0,43
N urinário, g/d	7,91	6,86	8,15	7,40	0,64	0,97	0,91
N retido, g/d	20,02	18,44	14,57	15,29	1,31	0,05	0,52
N retido/ N ingerido, %	51,60	52,70	46,09	48,33	1,58	0,26	0,85
N retido/ N absorvido, %	70,65	72,96	63,26	66,87	2,34	0,31	0,88

<sup>1</sup>Tratamentos: 0CS = sem inclusão de casca de soja; 20CS, 40CS e 60CS = 20%, 40% e 60% de substituição do milho (50% da MS) pela CS.

<sup>2</sup>EPM: Erro padrão da média.

<sup>3</sup>Efeito: Valor de P para o teste de polinômio ortogonal, resposta cúbica não significativa ( $P > 0,05$ ).

O balanço de nitrogênio é uma importante ferramenta para diagnosticar a eficiência de utilização do N pelos ruminantes e suas perdas para o ambiente. O consumo de nitrogênio (N) apresentou efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ) (Tabela 8), que é consequência do resultado observado no CPB (Tabela 7). Segundo Susmel et al. (1995) rações com excesso de nitrogênio não-proteico (NNP) podem levar à redução na

eficiência da utilização do nitrogênio com aumento da quantidade de N eliminado pela urina. No entanto, no presente trabalho não se verificou diferença ( $P > 0,05$ ) na excreção de N pela urina e fezes, o que indica que as rações foram similares quanto ao fornecimento de NNP.

A quantidade de N absorvido e N retido (g/d) apresentaram redução ( $P < 0,05$ ) com os teores crescentes de inclusão de CS nas rações. O resultado é decorrência, possivelmente, do menor consumo de N e a diminuição na concentração de N amoniacal no rúmen (Tabela 9). Esta ideia pode ser comprovada pela semelhança ( $P > 0,05$ ) na eficiência de utilização de N (N retido/ N ingerido e N retido/N absorvido) entre as rações experimentais. Por outro lado, Ferreira (2008), ao avaliar a inclusão de CS em substituição ao milho em rações de alto concentrado, observou decréscimo da retenção de N em g/d, em % de N absorvido e em % de N consumido.

O pH do fluido ruminal aumentou ( $P < 0,05$ ) nos animais alimentados com maiores teores de CS (Tabela 9). Sugere-se que ao substituir grãos de cereais, como o milho, por ingredientes com menores teores de amido verifica-se diminuição da produção e concentração de lactato, que é um dos principais responsáveis pelo abaixamento do pH ruminal. Assim, ao incluir CS, que contém baixo teor de amido e alta concentração de fibra, possíveis modificações no padrão fermentativo são observados constatando-se aumento da produção e concentração de acetato, que é considerado um ácido mais fraco que o lactato, diminuição de propionato e elevação do pH ruminal. Ferreira (2008), da mesma forma, verificou aumento do pH ruminal ao incluir até 31% de casca de soja em rações de alto concentrado para cordeiros confinados.

No entanto, dados de trabalhos compilados por Ipharraguerre e Clark (2003) e resultados de outros experimentos, que avaliaram a inclusão da CS em substituição a grãos amiláceos, não verificaram alterações no pH ruminal (FIESER; VANZANT, 2004; NGUYEN et al., 2008; ORR et al., 2007, ORR; HENLEY; RUDE, 2008). Os autores sugerem que diferenças não foram encontradas, pois as rações não continham concentrações maiores de 30% de CS.

Os resultados indicaram efeito do tempo ( $P < 0,05$ ), com o pH ruminal reduzindo ao longo do dia em todos os tratamentos. Esta variação era esperada, visto que conforme os alimentos são digeridos aumenta-se a produção de ácidos graxos de

cadeia curta no rúmen e o pH tende a diminuir. Adicionalmente, constatou-se que após o fornecimento das rações o pH ruminal dos animais alimentados com as rações de maiores inclusões de CS (40CS e 60CS) foram superiores aos demais tratamentos, o que indica a utilização deste co-produto propicia benefícios ao ambiente ruminal (Figura 1). No entanto, não foi observada interação tratamento e tempo ( $P>0,05$ ) para esta variável.

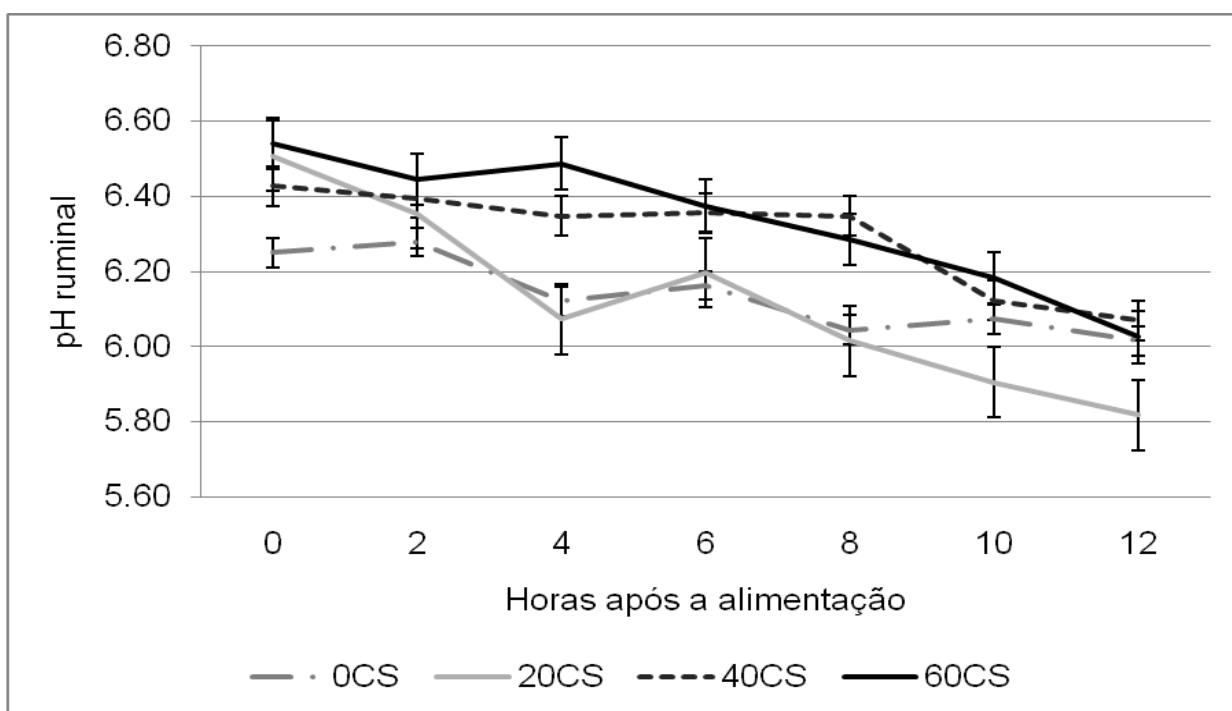


Figura 1 - pH do fluido ruminal de borregos Santa Inês em função da inclusão de CS nas rações em substituição parcial ao milho e das horas após a alimentação

A concentração total de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) no fluido ruminal não diferiu ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos (Tabela 9). Esta semelhança é devida ao fato de que a redução na concentração de propionato foi compensada pelo aumento na concentração de acetato. Não houve interação entre tratamento e tempo, entretanto, verificou-se efeito ( $P = 0,05$ ) de tempo (Tabela 9). A Figura 2 apresenta a concentração molar total dos AGCC no fluido ruminal em função dos tratamentos e das horas de colheita.

De maneira geral, a substituição do milho pela CS em rações para ruminantes não modifica ou aumenta a concentração ruminal total dos AGCC (IPHARRAGUERRE;

CLARK, 2003). Esta resposta pode ser explicada pela natureza altamente digestível da CS que confere à microbiota ruminal condições de digeri-la sem prejudicar à digestibilidade da MO (Tabela 7) e conseqüentemente, à produção de AGCC. Corroborando, Galloway et al. (1993); Ferreira (2008); Fieser e Vazant (2004); Nguyen et al. (2008); Orr, Henley e Rude (2008), que avaliaram a utilização da CS na alimentação de ruminantes, e não observaram variações nos valores de concentração de AGCC ruminal.

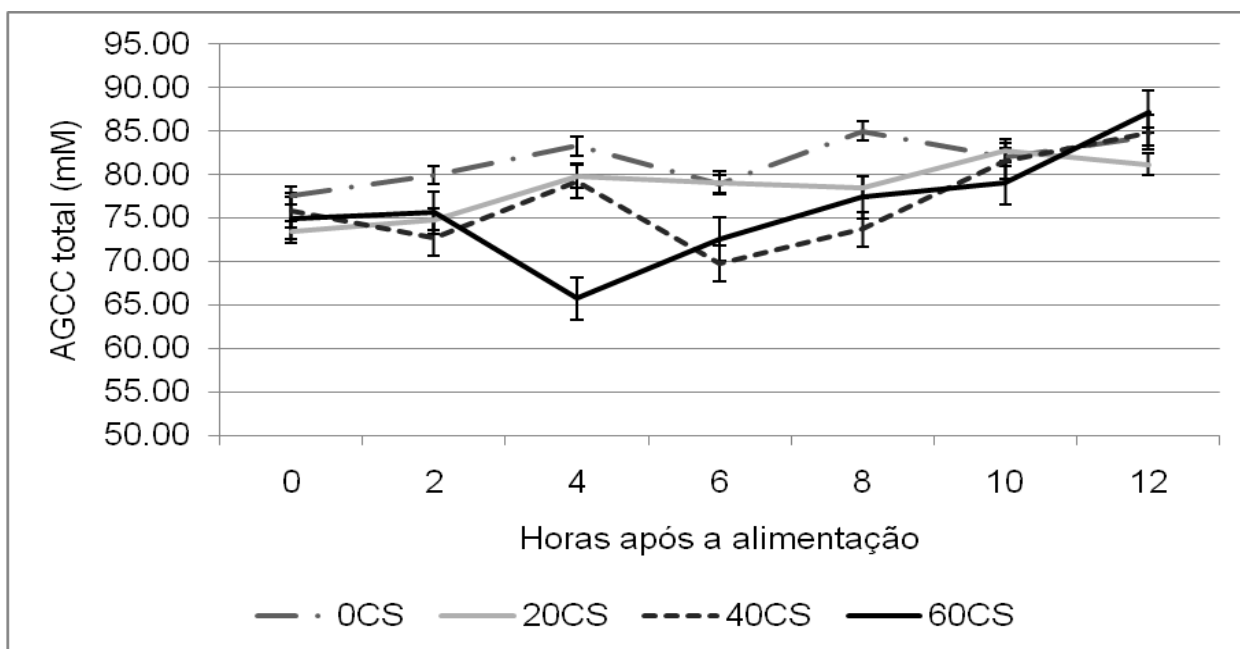


Figura 2 - Concentração molar total dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) no fluido ruminal de borregos Santa Inês em função da inclusão de CS nas rações em substituição parcial ao milho e das horas após a alimentação

Acetato e propionato são os dois principais AGCC produzidos no rúmen e suas concentrações e produções variam de acordo com a composição dos alimentos fornecidos aos animais. A concentração média diária de acetato aumentou ( $P < 0,05$ ) e do propionato diminuiu ( $P < 0,05$ ) com a inclusão de CS, e ambos apresentaram efeito de tempo ( $P < 0,05$ ). Entretanto, não se observou efeito da interação entre tratamento e tempo (Tabela 9). Como consequência dos resultados das concentrações ruminiais de acetato e propionato verificou-se aumento da relação acetato:propionato com o aumento dos teores de CS nas rações experimentais.

Tabela 9 – Parâmetros ruminais de cordeiros Santa Inês alimentados com rações contendo casca de soja em substituição parcial ao milho

Item <sup>1</sup>	Tratamentos <sup>2</sup>				EPM <sup>3</sup>	Efeito <sup>4</sup>		H <sup>5</sup>	T*H <sup>6</sup>
	0CS	20CS	40CS	60CS		L	Q		
Parâmetros ruminais									
Acetato, mM	43,3	48,4	49,6	50,1	0,77	0,04	0,26	0,28	0,10
Propionato, mM	24,9	17,1	15,4	14,8	0,77	0,03	0,22	<0,01	0,58
Butirato, mM	10,1	10,2	9,3	8,4	0,19	0,10	0,44	<0,01	<0,01
AGCC total, mM	81,6	78,5	77,6	76,2	1,13	0,32	0,83	0,05	0,13
A:P <sup>7</sup>	2,2	2,9	3,3	3,4	0,07	<0,01	0,13	0,01	0,07
pH ruminal	6,1	6,1	6,3	6,3	0,03	0,03	0,69	<0,01	0,14
N - NH <sub>3</sub> , mg/dL	13,5	12,2	11,9	11,3	0,30	0,04	0,70	<0,01	0,61

<sup>1</sup>mM: milimol; AGCC: ácidos graxos de cadeia curta; N-NH<sub>3</sub>: concentração ruminal de nitrogênio amoniacal.

<sup>2</sup>Tratamentos: 0CS = sem inclusão de casca de soja; 20CS, 40CS e 60CS = 20%, 40% e 60% de substituição do milho (50% da MS) pela CS.

<sup>3</sup>EPM: Erro padrão da média.

<sup>4</sup>Efeito: Valor de P para o teste de polinômio ortogonal, resposta cúbica não significativa (P > 0,05).

<sup>5</sup>H: Efeito de tempo (horas).

<sup>6</sup>T\*H: Efeito da interação entre tratamento e tempo (horas).

<sup>7</sup>A:P: Relação entre a concentração molar de acetato e a concentração molar de propionato.

O acetato é o principal produto da fermentação produzido durante a digestão da fibra, assim, o aumento na concentração deste AGCC deve-se ao maior consumo e digestibilidade da FDN observado com a inclusão da CS nas rações (Tabela 8). Adicionalmente, a fermentação de amido propicia a uma maior concentração de propionato no rúmen (VAN SOEST, 1994). Deste modo, com a substituição do milho pela CS reduz-se a quantidade e consumo de amido das rações, refletindo, desta maneira sobre a diminuição da proporção molar de propionato. Estes dados concordam com os encontrados na literatura que semelhantemente apresentaram efeito da inclusão da CS em substituição ao milho sobre o aumento da concentração ruminal de acetato e redução do propionato (CUNNINGHAM; CECAVA; JOHNSON, 1993; FERREIRA, 2008; FIESER; VANZANT, 2004; GRIGSBY et al., 1992; IPHARRAGUERRE et al., 2002; SARWAR; FIRKINS; EASTRIDGE, 1992). Por outro lado, trabalhos com suplementação de bovinos com milho e CS não constataram diferença nas concentrações de acetato e propionato, ao comparar os dois alimentos incorporados às dietas (NGUYEN et al., 2007; NGUYEN et al., 2008; ORR et al., 2007; ORR; HENLEY; RUDE, 2008).

A extensão com que amônia é utilizada no rúmen depende principalmente da taxa de liberação e disponibilidade de carboidrato (energia) e proteína. A disponibilidade energia determina a taxa do crescimento microbiano no rúmen (HOOVER; STOKES, 1991) e a eficiência de utilização de amônia ruminal (HELDT et al., 1999). Se energia é limitante, seja por escassez ou por liberação muito rápida, os microrganismos degradam proteína dos alimentos em amônia sem aproveitá-la e aumentando sua concentração no rúmen (HRISTOV et al., 2005).

A concentração de nitrogênio amoniacal ( $N-NH_3$ ) no rúmen diminuiu ( $P < 0,05$ ) com a substituição do milho pela CS (Tabela 9). Propõe-se que a redução dos valores de concentração de  $N-NH_3$  ruminal seja devido à redução no consumo de PB (Tabela 8) com a substituição do milho pela CS, além do fato da diferença de taxa de degradação das frações dos carboidratos entre milho e CS. Hashimoto et al. (2007) reportam que do total de carboidratos o milho contém 86,4% de carboidratos rapidamente fermentescíveis (frações A e B1)

diferentemente da CS que contém 24,1%. Segundo Grant e Mertens (1992) a CS propicia melhor sincronismo na utilização do carboidrato e proteína, com isso resultando em menores concentrações de N-NH<sub>3</sub> ruminal.

A concentração de N-NH<sub>3</sub> no rúmen não apresentou interação entre tratamento e tempo ( $P>0,05$ ), entretanto, verificou-se efeito de tempo ( $P<0,05$ ). Os valores das concentrações de amônia em função das horas após a alimentação estão apresentados na Figura 3.

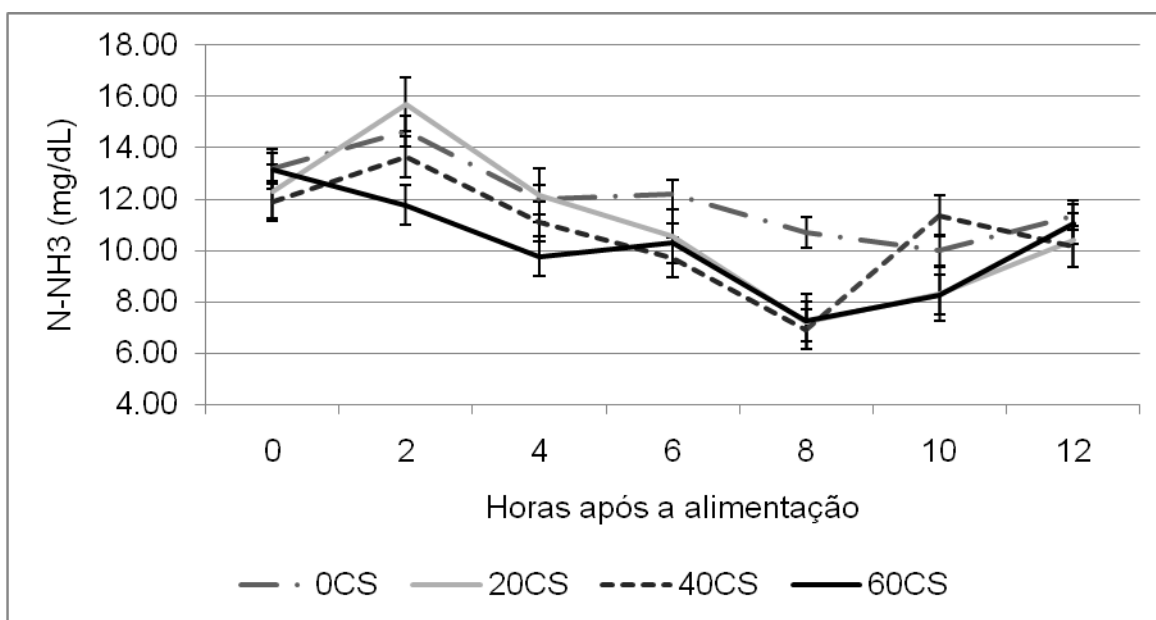


Figura 3 - Concentração de nitrogênio amoniacal no fluido ruminal de borregos Santa Inês em função da inclusão de CS nas rações em substituição parcial ao milho e das horas após a alimentação

#### 4.4 Conclusões

A inclusão de casca de soja em até 27,1% da MS em substituição ao milho em rações para borregos não altera o consumo e a digestibilidade da MS, no entanto, aumenta a digestibilidade da FDN, o pH ruminal e a concentração de acetato.

## Referências

- AIKMAN, P.C.; BEEVER, D.E.; HUMPHRIES, D.J. The effect of incremental replacement of wheat with soya hulls in diets for Jersey cows on lactational performance, diet digestibility and feeding behavior. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 104, n. 1, p. 23-32, 2006.
- ALCALDE, C.R.; ZAMBOM, M.A.; PASSIANOTO, G.O.; LIMA, L.S.; ZEOULA, L. M.; HASHIMOTO, J.H. Valor nutritivo de rações contendo casca do grão de soja em substituição ao milho moído para cabritos Saanen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n.11, p.2198-2203, 2009.
- ALLEN, M.S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 7, p. 1447-1462, 1997.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15<sup>th</sup> ed. Arlington, 1990. v. 1, 1117p.
- CAMPOS, F.P.; NUSSIO, C.M.B.; NUSSIO, L.G. **Métodos de análises de alimentos**. Piracicaba: FEALQ, 2004. 135 p.
- CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, Washington, v. 8, p. 130-137, 1962.
- CUNNINGHAM, K.D.; CECAVA, M.J.; JONHSON, T.R. Nutrient digestion, nitrogen and amino acids flows in lactating cows fed soybean hulls in place of forage or concentrate. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, n. 11, p. 3523-3535, 1993.
- FERREIRA, E.M. **Substituição parcial do milho pela casca de soja na alimentação de cordeiros da raça Santa Inês em confinamento**. 2008. 80 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- FIESER, B.G.; VANZANT, E.S. Interactions between supplement energy source and tall fescue hay maturity on forage utilization by beef steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, n. 1, p.307–318, 2004.
- GALLOWAY, D.L.; GOETSCH, A.L.; FORSTER, L.A.; PATIL, A. R.; SUN, W.; JOHNSON, Z. B. Feed intake and digestibility by cattle consuming bermudagrass or orchardgrass hay supplemented with soybean hulls and (or) corn. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.71, n. 11, p.3087-3095, 1993.



GRANT, R.J.; MERTENS, D.R. Development of buffer systems for pH control and evaluation of pH effects on fiber digestion in vitro. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.75, n. 6, p.1581-1587, 1992.

GRIGSBY, K.N.; KERLEY, M.S.; PATERSON, J.A.; WEIGEL, J.C. Site and extent of nutrient digestion by steers fed a low-quality bromegrass hay diet with incremental levels of soybean hull substitution. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 6, p. 1941-1949, 1992.

HASHIMOTO, J.H.; ALCALDE, C.R.; ZAMBOM, M.A.; SILVA, K.T.; MACEDO, F. A.F.; MARTINS, E.N.; RAMOS, C.E.C.O.; PASSIANOTO, G.O. Desempenho e digestibilidade aparente em cabritos Boer x Saanen em confinamento recebendo rações com casca do grão de soja em substituição ao milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.1, p.174-182, 2007.

HELDT, J.S.; COCHRAN, R.C.; MATHIS, C.P.; WOODS, B.C.; OLSON, K.C.; TITGEMEYER, E.C.; NAGARAJA, T.G.; VANZANT, E.S.; JOHNSON, D.E. Effects of level and source of carbohydrate and level of degradable protein on intake and digestion of low-quality tallgrass-prairie hay by beef steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, n. 10, p.2846–2854, 1999.

HOOVER, W.H.; STOKES, S.R. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.74, n. 10, p. 3630–3644, 1991.

HRISTOV, A.N. ; ROPP, J.K.; GRANDEEN, K.L.; ABEDI, S.; ETTER, R.P.; MELGAR, A.; FOLEY, A.E. Effect of carbohydrate source on ammonia utilization in lactating dairy cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 83, n. 2, p. 408-421. 2005.

IPHARRAGUERRE, I.R.; CLARK, J.H. Soyhulls as an alternative feed for lactating dairy cows: A review. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, n. 4, p. 1052-2073, 2003.

IPHARRAGUERRE, I.R.; SHABI, Z.; CLARK, J.H.; FREEMAN, D.E. Ruminant fermentation and nutrient digestion by dairy cows fed varying amounts of soyhulls as a replacement for corn grain. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 85, n. 11, p. 2890-2904, 2002.

KLOPFENSTEIN, T.; OWEN, F. Soybean hulls – an energy supplement for ruminants. **Animal Health & Nutrition**, Mount Morris, v.43, n. 4, p.28-32, 1987.

LUDDEN, P.A.; CECAVA, M.J.; HENDRIX, K.S. The value of soybean hulls as a replacement for corn in beef cattle diets formulated with or without added fat. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 9, p. 2706-2711, 1995.

MENG, Q.X.; LU, L.; MIN, X.M.; MCKINNON, P.J.; XIONG, Y.Q. Effect of replacing corn and wheat bran with soyhulls in lactation cow diets on in situ digestion characteristics of dietary dry matter and fiber and lactation performance. **Asian - Australasian Journal of Animal Sciences**, Seul, v. 13, n. 12, p. 1691-1698, 2000.

MENDES, A.R.; EZEQUIEL, J.M.B.; GALATI, R.L.; BOCCHI, A.L.; QUEIROZ, M.A.A.; FEITOSA, J.V. Consumo e digestibilidade total e parcial de dietas utilizando farelo de girassol e três fontes de energia em novilhos confinados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.2, p.679-691, 2005.

MERTENS, D.R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulação de rações. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES; REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 1992. p.188-219.

MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 7, p. 1463-1481, 1997.

MIRON, J.; NIKBACHAT, M.; ZENOU, A.; BEN-GHEDALIA, D.; SOLOMON, R.; SHOSHANI, E.; HALACHMI, I.; LIVSHIN, N.; ANTLER, A.; MALTZ, E. Lactation performance and feeding behavior of dairy cows supplemented via automatic feeders with soy hulls or barley based pellets. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 87, n. 11, p. 3808–3815, 2004.

NAKAMURA, T.; OWEN, F.G. High amounts of soyhulls for pelleted concentrate diets. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 72, n. 4, p. 988-994, 1989.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7<sup>th</sup> ed. Washington: National Academic Press, 2001. 381 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of Small Ruminants**. Washington: National Academic Press, 2007. 292p.

NGUYEN, V.T.; LOUIS, D.G.ST.; ORR, A.I.; RUDE, B.J. Supplementing maize or soybean hulls to cattle fed rice straw: intake, apparent digestion, in situ disappearance and ruminal dynamics. **Asian - Australasian Journal of Animal Sciences**, Seul, v. 21, n. 6, p. 807-817, 2008.

NGUYEN, V.T.; ORR, A.I.; LOUIS, D.G.S.; RUDE, B.J. Supplementing corn or soybean hulls to cattle fed bermudagrass hay II: In situ disappearance and ruminal dynamics. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, Faisalabad, v. 6, n.9, p. 1125-1134, 2007.

ORR, A.I.; HENLEY, J.C.; RUDE, B.J. The substitution of corn with soybean hulls and subsequent impact on digestibility of a forage-based diet offered to beef cattle. **Professional Animal Scientist**, Champaign, v. 24, n. 6, p. 566-571, 2008.

- ORR, A.I.; NGUYEN, V.T.; WEBB, A.; ST. LOUIS, D.G.; RUDE, B.J. Supplementing corn or soybean hulls to cattle fed bermudagrass hay I: Intake, apparent digestion and utilization. **Journal of Animal and Veterinary Advances**. Faisalabad, v. 6, n. 11, p. 1343-1350, 2007.
- PALMQUIST, D.; CONRAD, H. Origin of plasma fatty acids in lactating cows fed high fat diets. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.54, n. 7, p. 1025-1033, 1971.
- PEDROSO, A.M.; SANTOS, F.A.P.; BITTAR, C.M.M.; PIRES, A.V.; MARTINEZ, J. C. Substituição do milho moído por casca de soja na ração de vacas leiteiras em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.5 (supl.), p.1651-1657, 2007.
- SAS INSTITUTE. **SAS systems for windows**: version 9. Cary, 2002.
- 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**, Champaign, 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**, Champaign, v.75, n. 6, p.1533-1542, 1992.
- SUSMEL, P.; SPANGHERO, M.; STEFANON, B.; MILLS, C.R. Nitrogen balance and partitioning of some nitrogen catabolites in milk and urine of lactating cows. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 44, n. 3, p. 207-219, 1995.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2<sup>nd</sup> ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.
- 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**, Champaign, v. 74, n.10, p. 3583-3597, 1991.
- 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**, Washington, v. 81, n. 3, p. 620-632, 1998.
- ZENOU, A.; MIRON, J. Milking performance of dairy ewes fed pellets containing soyhulls as starchy grain substitute. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 57, n. 2, p. 187-192, 2005.

## **5 SUBSTITUIÇÃO DO FENO “COASTCROSS” (*Cynodon sp.*) POR CASCA DE SOJA NA ALIMENTAÇÃO DE CABRAS EM LACTAÇÃO**

### **Resumo**

Os objetivos deste trabalho foram avaliar o efeito da substituição do feno de “coastcross” (*Cynodon sp.*) pela CS sobre o desempenho e o comportamento ingestivo de cabras em lactação. Trinta e seis cabras da raça Saanen ( $38 \pm 5$  dias em lactação) foram distribuídas em delineamento experimental de blocos completos casualizados, alojadas em baias do tipo “tie stall” pelo período de oito semanas. As cabras foram alimentadas com dietas compostas por 50% de volumoso e 50% de concentrado e com o mesmo teor de fibra em detergente neutro (FDN). A casca de soja substituiu o “coastcross” em 0, 33, 67 ou 100% da matéria seca, constituindo os tratamentos 0CS, 33CS, 67CS e 100CS, respectivamente. O consumo de matéria seca e FDN e a eficiência alimentar apresentaram efeito quadrático ( $P < 0,05$ ). A produção de leite e a variação do peso corporal não foram alteradas ( $P > 0,05$ ), porém a concentração de gordura, lactose e sólidos totais aumentaram ( $P < 0,05$ ) e os tempos gastos com ruminação e mastigação decresceram ( $P < 0,05$ ) com a inclusão da CS na dieta. A CS pode substituir totalmente o feno de “coastcross” em dietas de cabras em lactação, sem prejuízos na produção de leite e com aumento do teor de gordura e lactose do leite. A CS apresenta menor efetividade em estimular as atividades de ruminação e mastigação de cabras em lactação quando comparada ao feno picado de “coastcross”.

Palavras-chave: Comportamento ingestivo, Desempenho, Fibra efetiva, Leite

## **REPLACEMENT OF COASTCROSS (*Cynodon sp.*) HAY BY SOYBEAN HULLS IN DIETS FOR LACTATING GOATS**

### **Abstract**

The objective of this experiment was to determine the effects of replacing coastcross (*Cynodon sp.*) hay NDF by soybean hulls (SH) NDF on dry matter intake and ingestive behavior of lactating dairy goats. Thirty-six lactating Saanen does ( $45 \pm 8$  DIM) were assigned to a complete randomized block design and housed in a tie stall for a period of 8 weeks. Goats were fed a 50:50 (concentrate:roughage ratio) with similar amount of neutral detergent fiber (NDF). Soybean hulls replaced hay by 0%, 33%, 67% or 100% on a DM basis, corresponding to the experimental treatments OSH, 33SH, 67SH and 100SH, respectively. Dry matter and NDF intake and feed efficiency showed a quadratic response ( $P > 0.05$ ). Milk yield and body weight change didn't differ ( $P < 0.05$ ), however milk fat, lactose and total solids concentration increased ( $P > 0.05$ ) while time spent with rumination and chewing decreased ( $P > 0.05$ ), when SH were added to the diet. SH can replace entirely coastcross hay in diets to lactating goats, with

no detrimental effect on milk yield and increase in milk fat and lactose concentration. SH shows less effectiveness to stimulate rumination and chewing compared to coastcross hay.

Keywords: Effective fiber, Ingestive behavior, Milk production, Performance

## 5.1 Introdução

Em sistemas de produção de ruminantes, quando a disponibilidade e/ou qualidade da forragem diminui, a prática de conservação ou a utilização de co-produtos agroindustriais ricos em fibra são estratégias que o produtor deve levar em consideração. Adicionalmente, a utilização destes ingredientes na alimentação possibilita aumentar o suprimento energético e protéico das rações, além de reduzir os custos de produção, principalmente, para animais em lactação, os quais possuem elevadas exigências nutricionais.

Desta forma, a casca de soja (CS), que é obtida do processamento do grão de soja proveniente de uma cultura de grande relevância no agronegócio nacional, torna-se uma potencial fonte de fibra a ser explorada. A CS possui em média 13,0% de proteína bruta, 62,0% de fibra em detergente neutro, baixo teor de lignina, elevada proporção de fibra potencialmente digestível (MIRON et al., 2003) e alto valor energético (2,8 Mcal/kg EM) (NRC, 2007).

Alguns estudos têm sugerido que a utilização da CS reduz o tamanho de partícula levando a um rápido escape do rúmen, e conseqüentemente, aumento do consumo de matéria seca (GRIGSBY et al., 1992; HSU et al, 1987). Além disso, devido ao menor valor de efetividade física da fibra, propiciaria diminuição no tempo de ruminação e da produção de saliva, podendo reduzir o pH ruminal e a digestibilidade da fibra (MORAIS et al., 2006). Entretanto, em outros experimentos a substituição de forragem pela CS promoveu elevada na produção ruminal de ácidos graxos de cadeia curta e aumento na digestibilidade da matéria seca e da fração fibrosa do alimento (IPHARRAGUERRE; CLARK, 2003). Assim, devido a natureza da fibra da CS, os efeitos negativos no pH ruminal e na digestibilidade da fibra não seriam observados, mantendo inalterado o desempenho animal. Assim, a proposta deste estudo tem como objetivo avaliar o efeito da substituição do feno

de “coastcross” (*Cynodon sp.*) pela CS sobre o desempenho e o comportamento ingestivo de cabras Saanen em lactação.

## **5.2 Material e métodos**

### **5.2.1 Animais e instalações experimentais**

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 ( $38 \pm 5$  dias em lactação e produção inicial de  $2,1 \pm 0,4$  kg/dia) alojadas em baias individuais do tipo "tie-stall", medindo 0,50 x 1,2 m, em galpão coberto, com piso ripado, providas de comedouro e bebedouro. O delineamento experimental utilizado foi blocos completos casualizados, sendo os mesmos determinados de acordo com a ordem de lactação (primíparas ou múltiparas), dias em lactação, produção de leite e peso dos animais no início de experimento.

O experimento teve duração de 56 dias divididos em dois sub-períodos de 28 dias. O peso corporal das cabras foi obtido pela pesagem de três dias consecutivos, realizada no início do experimento e no final de cada sub-período

Os animais foram ordenhados duas vezes ao dia (7:30 e 15:30 h). A produção de leite foi medida através da realização de controle leiteiro semanal, por meio de medidor automático da marca Tru-Test<sup>®</sup>. Amostras compostas (ordenha da manhã e ordenha da tarde) foram colhidas semanalmente no dia do controle leiteiro. As amostras foram conservadas em 2-bromo-2-nitropropano-1-3-diol e mantidas sob refrigeração para posterior determinação 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), no Laboratório de Análise de Leite, da Clínica do leite, do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP.

### **5.2.2 Tratamentos e fornecimento das dietas**

As rações foram balanceadas para atender as exigências de cabras em lactação (AFRC, 1998) e estão descritas na Tabela 10. As dietas experimentais foram isonitrogenadas, contendo a mesma quantidade de FDN, com 50% de volumoso e 50% de concentrado, nas quais a CS substituiu o feno de "coastcross" moído em 0, 33, 67 e 100%, constituindo os tratamentos 0CS, 33CS, 67CS e 100CS, respectivamente. As dietas foram fornecidas uma vez ao dia, em quantidade suficiente para permitir sobra 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) com precisão de 20 g, possibilitando o cálculo posterior do consumo e ajuste da quantidade de alimento a ser fornecida em cada dia.

Tabela 10 - Proporção dos ingredientes e composição química das rações experimentais (% na MS)

	Feno	Casca de soja	Tratamentos <sup>1</sup>			
			0CS	33CS	67CS	100CS
<b>Ingredientes</b>						
Casca de soja	–	–	–	16,7	33,3	50,0
Feno de “coastcross”	–	–	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
Uréia	–	–	0,6	0,6	0,6	0,6
Mistura mineral <sup>2</sup>	–	–	2,9	2,9	2,9	2,9
<b>Composição Química</b>						
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
FDN <sup>3</sup>	67,7	70,3	41,8	42,4	43,0	43,1
FDN <sub>fe</sub> <sup>4</sup>	51,1	17,9	–	–	–	–
FDN <sub>forragem</sub> <sup>5</sup>	–	–	33,9	22,5	11,3	–
FDN <sub>forragem</sub> <sup>5</sup> , % FDN total	–	–	81,1	53,2	26,3	–
EM ração <sup>6</sup> , Mcal/kg	–	–	2,49	2,51	2,56	2,47
EL <sub>lact</sub> ração <sup>6</sup> , Mcal/kg	–	–	1,60	1,61	1,65	1,59
<b>Tamanho de partícula, %</b>						
> 1,18 mm	75,5	25,5	–	–	–	–
≤ 1,18 mm	25,5	75,5	–	–	–	–

<sup>1</sup>Tratamentos: 0CS = sem inclusão de casca de soja, 33CS, 67CS e 100CS = 33%, 67% e 100% de inclusão de casca de soja em substituição ao feno.

<sup>2</sup> Composição: 5,5% P; 22% Ca; 3,5% Mg; 2,2% S; 7,0% Na; 10,5% Cl; 500 ppm Fe; 450 ppm Cu; 1550 ppm Zn; 1500 ppm Mn; 40 ppm I; 50 ppm Co; 20 ppm Se.

<sup>3</sup> Fibra em detergente neutro.

<sup>4</sup> FDN fisicamente efetiva, calculada pela multiplicação da concentração de FDN pela fração (%) retida na peneira de 1,18 mm como sugerido por Mertens (1997).

<sup>5</sup> FDN proveniente de forragem.

<sup>6</sup> Estimado utilizando o modelo Small Ruminants Nutrition System, v. 1.8.7 (CANNAS et al., 2004; TEDESCHI, CANNAS e FOX, 2008).

### 5.2.3 Amostragem e análises químico-bromatológicas

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, bem como das sobras, foram acondicionadas em sacos de papel, pesadas e mantidas em estufa de circulação forçada de ar, a temperatura de 55°C por 72 horas. Em seguida foram pesadas e moídas em moinho com peneira de crivos de 1 mm, para posterior determinação da matéria seca (MS), matéria mineral (MM) segundo a AOAC (1990). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) foram obtidos utilizando amilase e sulfito de sódio conforme Van Soest, Robertson e Lewis (1991). A determinação de nitrogênio total das fezes e dos alimentos foi realizada com base na combustão das amostras (WILES; GRAY; KISSLING, 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. Calculou-se a MO pela diferença entre a MS e MM.

#### **5.2.4 Avaliação do comportamento ingestivo dos animais**

No final de cada sub-período experimental do ensaio de desempenho, foi avaliado o comportamento ingestivo dos animais. A avaliação foi feita individualmente, com intervalos de 5 minutos, durante 24 horas, para determinar o 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 através do somatório das atividades de ingestão e ruminação conforme Armentano e 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.

#### **5.2.5 Análises estatísticas**

Os dados foram analisados utilizando o PROC MIXED do SAS (2002). As médias apresentadas 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 CMS, a produção e a composição do leite foram analisados como medidas repetidas no tempo.

O modelo estatístico utilizado para as variáveis de produção de leite, composição de leite e CMS (kg/dia) foi:

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

onde:

$\mu$  = 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:

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

onde:

$\mu$  = média geral

$B_i$  = efeito de bloco

$T_j$  = efeito de tratamento

$E_{ij}$  = erro aleatório associado a cada observação  $Y_{ijkl}$ .

### 5.3 Resultados e discussão

O consumo de matéria seca (CMS) apresentou efeito quadrático ( $P < 0,01$ ) com a adição de CS em substituição ao feno de “coastcross” (Tabela 11). Observou-se aumento no CMS com a inclusão de CS na ração em até 33,3% (67CS), no entanto, com a substituição total do feno pela CS (100CS) houve redução da ingestão de alimento.

Para a ocorrência deste resultado dois efeitos distintos podem ter atuado. Primeiramente, a CS por conter uma fração fibrosa altamente digestível

(WEIDNER; GRANT, 1994a) e partículas menores e com maior gravidade específica (BHATTI; FIRKINS, 1995) do que o feno de “coastcross” (Tabela 10) acarreta maior taxa de desaparecimento e passagem ruminal (HSU et al., 1987) favorecendo, deste 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, 2000).

Entretanto, o efeito observado de decréscimo no CMS entre os tratamentos 67CS e 100CS pode ser atribuído ao maior acúmulo de ácidos orgânicos no rúmen, provocado pela rápida fermentação da fibra da CS, que agiria como sinalizador quimiostático (HARMISSON; EASTRIDGE; FIRKINS, 1997). Corroborando, Souza et al. (2009) verificaram redução do CMS com concomitante aumento da concentração de ácidos graxos de cadeia curta no rúmen. Araujo et al. (2008), semelhantemente, observaram redução do consumo com a substituição total do feno pela CS (84,9% de CS na ração). Os autores sugeriram que tal fato ocorreu em razão à maior densidade energética desta dieta, que supriu a exigência energética das ovelhas.

O efeito da CS na dieta de ruminantes sobre o CMS é inconsistente. Segundo Ipharraguerre e Clark (2003), a CS pode substituir eficientemente volumosos, desde que não ultrapasse 25% da dieta, e que haja quantidade adequada de fibra fisicamente efetiva. Morais et al. (2007), trabalharam com borregas Santa Inês, e encontraram acréscimo no CMS com a inclusão da CS em até 37,5% da dieta. Weidner e Grant (1994b) também verificaram maiores valores de ingestão, ao substituírem feno de alfafa emurcheado e silagem de milho pela CS. Por outro lado, Halachimi et al. (2004) e Miron et al. (2003) não observaram variações no CMS com a adição de 16,5% de CS em substituição à silagem de milho.

Da mesma forma que o CMS, o consumo de matéria orgânica, proteína bruta e de fibra em detergente neutro apresentaram efeito quadrático ( $P < 0,05$ ). Estes resultados são reflexos dos valores semelhantes dos nutrientes entre as rações experimentais (Tabela 11) e do efeito observado no CMS.

Tabela 11- Consumo de nutrientes por cabras alimentadas com rações contendo casca de soja em substituição parcial ou total ao feno

Item	Tratamentos <sup>1</sup>				EPM <sup>6</sup>	Efeito (P>F) <sup>7</sup>	
	0CS	33CS	67CS	100CS		L	Q
CMS <sup>2</sup> , kg/d	1,89	2,46	2,70	2,18	0,09	0,09	<0,01
CMO <sup>3</sup> , kg/d	1,76	2,31	2,56	2,05	0,08	0,05	<0,01
CPB <sup>4</sup> , kg/d	0,28	0,37	0,40	0,33	0,01	0,05	<0,01
CFDN <sup>5</sup> , kg/d	0,79	1,03	1,16	0,94	0,04	0,03	<0,01

<sup>1</sup>Tratamentos: 0CS = sem inclusão de casca de soja, 33CS, 67CS e 100CS = 33%, 67% e 100% de inclusão de casca de soja em substituição ao feno.

<sup>2</sup>Consumo de matéria seca em kg/dia.

<sup>3</sup>Consumo de matéria orgânica em kg/dia.

<sup>4</sup>Consumo de proteína bruta em kg/dia.

<sup>5</sup>Consumo de fibra em detergente neutro em kg/dia.

<sup>6</sup>EPM: Erro padrão da média.

<sup>7</sup>Efeito: Valor de P para o teste de polinômio ortogonal, resposta cúbica não significativa (P > 0,05).

A produção de leite e leite corrigido para gordura (3,5%) não diferiram (P>0,05) entre os tratamentos (Tabela 12). Poder-se-ia esperar que a produção de leite acompanhasse o efeito observado no CMS, uma vez que neste experimento o aumento no CMS com a substituição de até 67% do feno pela CS, provavelmente também se refletiu em aumento no consumo de energia.

No entanto, foi verificado efeito quadrático (P = 0,06) para variação do peso corporal (VPC). Os animais alimentados com rações sem CS (0CS) apresentaram perda de peso, já nos demais tratamentos (33CS, 67CS e 100CS) a VPC foi positiva. Estes resultados deixam claro que em termos energéticos o menor CMS observado pelos animais do tratamento (0CS) foi compensado por uma maior mobilização das reservas corporais, o que proporcionou que as cabras nos diferentes tratamentos produzissem a mesma quantidade de leite. Além disso, a VPC positiva bem como a produção semelhante de leite pelas cabras do tratamento 100CS demonstram que estes animais não apresentaram déficit energético, mesmo com menor CMS (Tabela 11).

Trabalhos que avaliaram a inclusão da CS em substituição a forragens (silagem de alfafa, silagem de milho, feno de alfafa e feno de “coastcross”) reportam resultados diversos em relação a produções de leite. Araujo et al. (2008) constataram efeito quadrático, no entanto, Harmison, Eastridge e Firkins (1997);

Miron et al. (2003) e Sarwar, Firkins e Eastridge (1992) verificaram ausência de efeito e Halachimi et al. (2004) observaram aumento da produção de leite.

A eficiência alimentar é definida como a quantidade de leite produzida por kg de MS consumida. Este é um importante parâmetro de avaliação das rações e uma ferramenta auxiliar na escolha dos ingredientes com base econômica. Os dados de eficiência alimentar do presente experimento tiveram efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) com aumento dos teores de CS nas rações. Entretanto, diferentemente do CMS, os maiores valores estão nos tratamentos 0CS e 100CS.

Tabela 12 – 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	Tratamentos <sup>1</sup>				EPM <sup>4</sup>	Efeito ( $P > F$ ) <sup>5</sup>	
	0CS	33CS	67CS	100CS		L	Q
Produção de leite, kg/d	2,20	2,58	2,47	2,37	0,05	0,39	0,15
LCG <sup>2</sup> , kg/d	2,17	2,43	2,47	2,55	0,05	0,19	0,52
Eficiência Alimentar <sup>3</sup>	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/d	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/d	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/d	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/d	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

<sup>1</sup>Tratamentos: 0CS = sem inclusão de casca de soja, 33CS, 67CS e 100CS = 33%, 67% e 100% de inclusão de casca de soja em substituição ao feno.

<sup>2</sup>Leite corrigido para 3,50% de gordura.

LCG =  $(0,432 + 0,1625 \times \%$  de gordura do leite) x kg de leite (SKLAN et al., 1992).

<sup>3</sup>Eficiência alimentar = LCG/consumo de matéria seca.

<sup>4</sup>EPM: Erro padrão da média.

<sup>5</sup>Efeito: Valor de P para o teste de polinômio ortogonal, resposta cúbica não significativa ( $P > 0,05$ ).

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 quantitativamente 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, manutenção da saúde ruminal, e conseqüentemente diminuir os riscos de depressão de gordura no leite. Diante disto, 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; EASTRIDGE; FIRKINS, 1997; SARWAR; FIRKINS; EASTRIDGE, 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 ( $P > 0,05$ ) à medida que a CS foi adicionada à dieta. No entanto, as rações do presente experimento apresentaram redução da quantidade de FDN proveniente de forragem (Tabela 10), sendo que os tratamentos 67CS e 100CS continham valores 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 13) com a substituição do feno pela CS, o uso deste co-produto mostrou-se eficiente em aumentar o teor de gordura do leite (Tabela 12). O maior teor de fibra digestível e maior concentração ruminal de acetato em dietas contendo CS (SARWAR; FIRKINS; EASTRIDGE, 1991) justificam estes resultados, uma vez que o acetato é precursor da síntese *de novo* de ácidos graxos de cadeia curta e média na glândula mamária (BAUMAN; GRIINARI, 2000).

Ipharraguerre e Clark (2003) reportaram que inclusões de até 25% de CS na dieta de vacas leiteiras, menores do que as utilizadas no presente trabalho, causaram redução no teor de gordura no leite. Adicionalmente, Halachimi et al. (2004) e Miron et al. (2003) não observaram variações na porcentagem de gordura no leite com a adição de 16,5% de CS em substituição à silagem de milho. Entretanto, Araujo et al. (2008), ao incluírem alta proporções de CS na dieta (até

85% na MS) de ovelhas em lactação, não verificaram variações no teor de gordura no leite, com a produção de gordura apresentando efeito quadrático.

A lactose é um dissacarídeo formado por uma molécula de glicose e outra de galactose, sendo que o seu principal precursor é a glicose do sangue. Segundo Fredeen (1996), o manejo nutricional dos animais tem pouca capacidade em alterar o conteúdo da lactose do leite. No entanto, Oldham e Emmans (1989) relatam que em dietas em que haja maior aporte de substratos gliconeogênicos (p. ex. propionato), tal fato possibilitaria um incremento na síntese de lactose.

Os dados de teor de lactose no leite do presente estudo apresentaram efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ) com a inclusão da CS. Assim, sugere-se que por causa da maior digestibilidade da FDN da CS em relação à do feno de “coastcross”, sua inclusão na ração possa ter proporcionado maior produção de propionato no rúmen (SARWAR; FIRKINS; EASTRIDGE, 1992), que seria utilizado na gliconeogênese e posteriormente na síntese de lactose na glândula mamária. Corroborando, Rook e 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 teores crescentes de CS 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 CS em substituição à silagem de milho.

O teor e a produção de proteína no leite não diferiram ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos. 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 de verificar variações no CMS com a inclusão da CS nas rações, este fato não acarretou alterações na concentração e quantidade deste componente do leite. Dados na literatura, da mesma forma, apresentaram ausência de efeito com a substituição de forragens pela CS (ARAUJO et al., 2008; HALACHIMI et al., 2004; MIRON et al., 2003; SARWAR; FIRKINS; EASTRIDGE, 1992; WEIDNER; GRANT, 1994b).

A utilização de crescentes teores de CS 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 de ovelhas alimentadas com rações com CS substituindo feno de “coastcross”.

Tabela 13 – Consumo de matéria seca, consumo de fibra em detergente neutro e comportamento ingestivo de cabras alimentadas com rações contendo casca de soja em substituição parcial ou total ao feno

Item	Tratamentos <sup>1</sup>				EPM <sup>3</sup>	Efeito (P>F) <sup>4</sup>	
	0CS	33CS	67CS	100CS		L	Q
CMS <sup>2</sup> , kg/dia	1,92	2,42	2,65	2,20	0,09	0,07	<0,01
CFDN <sup>2</sup> , kg/dia	0,80	1,03	1,14	0,95	0,37	0,07	<0,01
Ingestão							
min/d	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/d	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/d	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/d	806,7	845,6	1020,6	1130	27,59	<0,01	0,21

<sup>1</sup>Tratamentos: 0CS = sem inclusão de casca de soja, 33CS, 67CS e 100CS = 33%, 67% e 100% de inclusão de casca de soja em substituição ao feno.

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

<sup>3</sup>EPM: Erro padrão da média.

<sup>4</sup>Efeito: Valor de P para o teste de polinômio ortogonal, resposta cúbica não significativa ( $P > 0,05$ ).

Os valores de CMS e CFDN são correspondentes aos dias em que se realizou a avaliação do comportamento ingestivo. Da mesma forma que na prova de desempenho, foi observado efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) para o CMS e CFDN (Tabela 13). A ingestão de alimento aumentou até o tratamento 67CS, sendo que no tratamento 100CS encontrou-se redução no CMS. As possíveis causas para observância destes resultados são as mesmas relatadas e discutidas no ensaio de desempenho.



O comportamento ingestivo dos animais é reflexo da composição química e física dos alimentos. No presente trabalho encontrou-se efeito quadrático para os tempos de ingestão em min/dia ( $P=0,06$ ), min/g de MS ( $P<0,05$ ) e min/g de FDN ( $P<0,05$ ) com a inclusão da CS. O tratamento com maior inclusão de CS (100CS) apresentou os maiores valores destas variáveis. Sugere-se que este resultado seja atribuído à capacidade dos caprinos, quando alimentados com dietas de alto concentrado, de aumentarem a frequência e o tempo de ingestão como mecanismo de evitar os riscos de ocorrência de acidose ruminal (ABIJAOUDE et al., 2000).

Souza et al. (2009), ao adicionarem a CS em substituição ao feno de “coastcross” na quantidade máxima de 25% da dieta, não observaram alterações no tempo que os cabritos ingeriram alimento. Por outro lado, trabalhos que avaliaram a inclusão da CS 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 com o tamanho de partícula e o teor de FDN das rações. Mertens (1997) indica que partículas maiores que 1,18 mm são as responsáveis pelo estímulo de ruminação. Face ao exposto, observou-se que 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 CS nas rações. A redução da FDN proveniente de forragens pela adição da CS, aliado ao maior tamanho de partículas e efetividade física da FDN do feno de “coastcross” do que da CS (Tabela 10) são os fatores que justificam estes resultados.

Weidner e Grant (1994b) estudaram a inclusão de 15% e 25% de CS em rações para vacas em lactação e verificaram diminuição nos tempos de ruminação e mastigação no tratamento com maior proporção de CS. Os autores relatam que embora a CS contenha elevada quantidade de FDN, o seu menor tamanho de partícula comparado às forragens promove menor estimulação a atividade mastigatória e de ruminação. Adicionalmente, Grant (1997) sugere que a CS tenha 20% da capacidade de estimular a mastigação de um feno de gramínea.

Demais trabalhos que utilizaram CS na alimentação de pequenos ruminantes reportam, semelhantemente, redução no tempo de ruminação e mastigação com o aumento do teor deste co-produto (ARAUJO et al., 2008; MORAIS et al., 2006; SOUZA et al., 2009).

#### 5.4 Conclusões

A CS pode substituir totalmente o feno de “coastcross” em dietas de cabras em lactação, sem prejuízos na produção de leite e com aumento do teor de gordura e lactose do leite. Com a ressalva de que sua inclusão nos teores de 16,7 (33CS) e 33,3% (67CS) da MS da ração aumenta o CMS e piora a eficiência alimentar.

A CS apresenta menor efetividade em estimular as atividades de ruminação e mastigação de cabras em lactação quando comparada ao feno picado de “coastcross”.

#### Referências

- ABIJAOUDE, J.A.; MORAND-FEHR, P.; TESSIER, J.; SCHMIDELY, PH.; SAUVANT, D. Diet effect on the daily feeding behaviour, frequency and characteristics of meals in dairy goats. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 64, n.1, p. 29–37, 2000.
- AFRC. **The nutrition of goats**. Technical committee on responses to nutrients report 10. Wallingford: CAB International, 1998. 118 p.
- ALLEN, M.S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 7, p. 1447-1462, 1997.
- ARAUJO, R.C.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; RODRIGUES, G.H.; PACKER, I.U.; EASTRIDGE. 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**, Champaign, v. 86, n. 12, p. 3511-3521, 2008a.

ARMENTANO, L.; PEREIRA, M. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 7, p. 1416-1425, 1997.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **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**, Amsterdam, 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**, Champaign, v.73, n. 5, p.1449-1458, 1995.

CANNAS, A.; TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; PELL, A.N.; VAN SOEST, P.J.A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological value for sheep. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, n. 1, p. 149-169, 2004.

FREDEEN, A.H. Considerations in the nutritional modification of milk composition. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 59, n. 3/4, p. 185-197, 1996.

GRANT, R.J. Interactions among forages and nonforage fiber sources. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 7, p. 1438-1446, 1997.

HALACHMI, I.; MALTZ, E.; LIVSHIN, N.; ANTLER, A.; BEN-GHEDALIA, D.; MIRON, J. Effects of replacing roughage with soy hulls on feeding behavior and milk production of dairy cows under hot weather conditions. **Journal of Dairy Science**, Champaign, 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**, Champaign, v.80, n. 5, p. 905–911, 1997.

HSU, J.T.; FAULKNER, D.B.; GARLEB, K.A.; BARCLAY, R.A.; FAHEY, G.C. Evaluation of corn fiber, cottonseed hulls, oat hulls and soybean hulls as roughage sources for ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 65, n. 1, p. 244-255, 1987.

IPHARRAGUERRE, I.R.; CLARK, J.H. Soyhulls as an alternative feed for lactating dairy cows: A review. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, n. 4, p. 1052-2073, 2003.

MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 7, p. 1463-1481, 1997.

MIRON, J.; YOSEF, E.; MALTZ, E.; HALACHMI, I. Soybean hulls as replacement of forage neutral detergent fiber in total mixed rations of lactating cows. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 106, n. 1, p. 21-28, 2003.

MORAIS, J.B.; SUSIN, I.; PIRES, A.V.; MENDES, C.Q.; OLIVEIRA JUNIOR, R.C. de. Substituição do feno de "Coastcross" (*Cynodon* sp.) por casca de soja na alimentação de borregas confinadas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 1073-2078, 2007.

MORAIS, J.B.; SUSIN, I. ; PIRES, A.V.; MENDES, C.Q.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.C.; PACKER, I.U. Comportamento ingestivo de ovinos e digestibilidade aparente dos nutrientes de dietas contendo casca de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 7, p. 1157-1164, 2006.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7<sup>th</sup> ed. Washington: National Academic Press, 2001. 381p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **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**, Champaign, v.72, n. 11, p.3212-3229, 1989.

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**, Cambridge, 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**, Champaign, 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**, Champaign, v.75, n. 6, p.1533-1542, 1992.

SAS INSTITUTE. **SAS users guide**: statistics. Version 9.0. Cary, 2002.

SKLAN, D.; ASHKENAZI, R.; BRAUN, A.; DEVORIN, A.; TABOR, K. Fatty acids, calcium soaps of fatty acids, and cottonseeds fed to high yielding cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 75, n. 9, p. 2463-2472, 1992.

SOUZA, E.J.; GUIM, A.; BATISTA, Â.M.V.; SANTOS, K.L.; SILVA, J.R.; MORAIS, N.A.P.; MUSTAF, A.F. 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**, Amsterdam, v. 85, n.1, p. 63-69, 2009.

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**, Viçosa, v. 37, suplemento especial, p. 178-190, 2008.

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**, Champaign, 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**, Champaign, 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**, Champaign, 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**, Washington, v. 81, n. 3, p. 620-632, 1998.

## **6 DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES, METABOLISMO DO N E PARÂMETROS RUMINAIS DE RAÇÕES CONTENDO CASCA DE SOJA EM SUBSTITUIÇÃO AO FENO DE “COASTCROSS” (*Cynodon sp.*) na ALIMENTAÇÃO DE BORREGOS**

### **Resumo**

O objetivo deste experimento foi avaliar os efeitos da substituição do feno de “coastcross” (*Cynodon sp.*) pela casca de soja sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes, parâmetros ruminais e o metabolismo de N. Dezesesseis borregos (PV = 40,0 ± 5 kg) foram individualmente alojados em gaiolas metálicas para ensaio de metabolismo e distribuídos em delineamento experimental do tipo blocos completos casualizados. O experimento foi composto por 14 dias, sendo 10 dias destinados para a adaptação dos animais às rações experimentais e 4 dias para colheita das amostras. Os animais foram alimentados com dietas compostas por 50% de volumoso e 50% de concentrado com mesmo teor de fibra em detergente neutro (FDN). A casca de soja substituiu o “coastcross” em 0, 33, 67 ou 100% da matéria seca, constituindo os tratamentos 0CS, 33CS, 67CS e 100CS, respectivamente. O consumo de matéria seca (MS) e FDN apresentaram efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) quando foi adicionada CS na dieta. Contudo, observou-se aumento ( $P < 0,05$ ) da digestibilidade da MS e FDN, enquanto a concentração de ácidos graxos de cadeia curta, acetato e propionato não se alteraram ( $P > 0,05$ ) e o pH ruminal e a concentração de N-amoniaco no rúmen diminuíram ( $P < 0,05$ ). A substituição parcial do feno de “coastcross” pela CS aumenta o CMS. Adicionalmente, a substituição total melhora a digestibilidade da MS e da FDN e reduz o pH ruminal e a concentração de N-amoniaco no rúmen.

Palavras-chave: Ácidos graxos de cadeia curta, Co-produto, FDN efetiva, Rúmen

## **NUTRIENT APPARENT DIGESTIBILITY, N METABOLISM AND RUMINAL MEASURES OF DIETS CONTAINING SOYBEAN HULLS REPLACING COASTCROSS (*Cynodon sp.*) HAY FED TO RAM LAMBS**

### **Abstract**

The objective of this experiment was to determine the effects of replacing of coastcross (*Cynodon sp.*) hay by soybean hulls on nutrients apparent digestibility, N metabolism and ruminal measures. Sixteen ram lambs (40 ± 5 kg of body weight) were housed individually in metabolism crates and assigned to a complete randomized block design. The experimental period consisted of 14 d; the first 10 d were used to adapt lambs to treatments and the remaining 4 d were used for data collection. Animals were fed a 50:50 (concentrate: roughage ratio) with similar amount of neutral detergent fiber. Soybean hulls replaced coastcross hay by 0%, 33%, 67% or 100% (DM basis), corresponding to the experimental treatments 0SH, 33SH, 67SH and 100SH, respectively. Dry matter (DM) intake and NDF

showed a quadratic effect ( $P < 0.05$ ) when SH were added to the diet. However, DM and NDF digestibility increased ( $P < 0.05$ ) while short-chain fatty acids, acetate and propionate concentration didn't change ( $P > 0.05$ ) and ruminal pH and ammonia decreased ( $P < 0.05$ ). Soybean hulls replacing partially coastcross hay increase DM intake. In addition, the total replacement improves DM and NDF digestibility and shows lower ruminal pH and ammonia concentration.

Keywords: By-products, NDF effective, Rumen, Short-chain Fatty acids

## 6.1 Introdução

Para manutenção da eficiência produtiva ao longo do ano os produtores devem contornar os problemas relacionados à estacionalidade da produção e a baixa qualidade das forragens. A prática de conservação de volumosos, seja a ensilagem ou fenação, é comumente utilizada, no entanto, é de alto custo e mão-de-obra onerosa. Assim, a utilização de fontes de fibra não-forragem torna-se uma ferramenta importante, visto que possibilita manter a proporção de fibra na dieta, além de em alguns casos, melhorarem a composição nutricional da ração.

A casca de soja (CS), co-produto da indústria esmagadora do grão de soja, contém elevada quantidade de fibra em detergente neutro (FDN) (62% da MS; NRC, 2007) com baixo conteúdo de lignina, que confere alta digestibilidade e disponibilidade de energia (2,8 Mcal/kg de MS; NRC, 2007). Em razão destas características alguns autores a definem como alimento volumoso-concentrado, pois tem a função fisiológica de fibra vegetal e funciona como um grão de cereal em termos de disponibilidade de energia (NAKAMURA; OWEN, 1989; SARWAR; FIRKINS; EASTRIDGE, 1991).

Ao substituir fontes de fibra proveniente de forragens, a CS pode alterar a fermentação ruminal e conseqüentemente, a digestibilidade dos nutrientes. Experimentos têm demonstrado aumento da digestibilidade da matéria seca e FDN com a substituição parcial de forragens pela CS (ARAUJO et al., 2008b; HALACHMI et al., 2004; MORAIS et al., 2006; SOUZA et al., 2009). No entanto, segundo Weidner e Grant (1994a) a fibra da CS apresenta baixa efetividade em estimular a ruminação, o que pode causar diminuição do pH ruminal. Adicionalmente, devido à alta digestibilidade da fibra, em algumas situações, a

fermentação ruminal da CS pode ser típica de concentrado com aumento da concentração de propionato e redução da relação acetato:propionato (HSU et al., 1987).

Assim, os objetivos deste trabalho foram avaliar o efeito da substituição parcial ou total do feno de "coastcross" pela CS sobre o consumo e a digestibilidade aparente dos nutrientes, o balanço de nitrogênio e os parâmetros ruminiais de borregos da raça Santa Inês.

## **6.2 Material e Métodos**

### **6.2.1 Animais e instalações experimentais**

Foram utilizados 16 borregos da raça Santa Inês canulados no rúmen (peso vivo inicial de  $40 \pm 5$  kg e 7 meses de idade) distribuídos em um delineamento experimental de blocos completos casualizados. Os animais foram alojados individualmente em gaiolas metálicas para ensaios de metabolismo, com dimensões de 1,30 x 0,55 m, providas de cocho, bebedouro e sistema para colheita de fezes e urina separadamente.

O período experimental teve duração de 14 dias, sendo dez dias de adaptação dos animais às rações e quatro dias para a colheita de dados e amostras. Os animais foram pesados no início e no final do período experimental para a posterior avaliação da variação do peso corporal.

### **6.2.2 Tratamentos e fornecimento das dietas**

As rações foram balanceadas para atender as exigências de cabras em lactação (AFRC, 1998) e estão descritas na Tabela 14. As dietas experimentais foram isonitrogenadas, contendo a mesma quantidade de FDN, com 50% de volumoso e 50% de concentrado, nas quais a CS substituiu o feno de "coastcross" moído em 0, 33, 67 e 100%, constituindo os tratamentos 0CS, 33CS, 67CS e 100CS, respectivamente. A alimentação foi fornecida *ad libitum*, uma vez ao dia,



permitindo-se sobras de no máximo 10% da quantidade oferecida. O alimento oferecido e as sobras foram pesados diariamente em balança eletrônica (LC100, Marte Balanças e Aparelhos de Precisão LTDA) com precisão de 20 g para a determinação do CMS por animal por dia. Durante os quatro dias de colheita, amostras das fezes e dos alimentos oferecidos e recusados foram colhidas e compostas por animal, sendo conservadas a  $-18^{\circ}$  C.

Tabela 14 – Proporção dos ingredientes e composição química das rações experimentais (% na MS)

	Feno	Casca de soja	Tratamentos <sup>1</sup>			
			0CS	33CS	67CS	100CS
<b>Ingredientes</b>						
Casca de soja	-	-	-	16,7	33,7	50,0
Feno de “coastcross”	-	-	50,0	33,5	16,8	-
Milho moído	-	-	42,5	41,9	41,2	41,2
Farelo de soja	-	-	4,0	4,4	4,8	5,3
Uréia	-	-	0,6	0,6	0,6	0,6
Mistura mineral <sup>2</sup>	-	-	3,0	3,0	3,0	3,0
<b>Composição Química</b>						
Matéria seca	91,5	89,8	90,6	90,3	90,4	90,1
Matéria orgânica	90,7	95,1	93,3	93,5	94,7	94,2
Matéria mineral	8,5	4,4	6,7	6,5	5,3	5,8
Proteína bruta	12,3	10,9	14,5	14,4	14,5	14,5
FDN <sup>3</sup>	76,4	74,4	44,0	43,7	45,6	41,9
FDN <sub>fe</sub> <sup>4</sup>	57,7	19,0	-	-	-	-
FDN <sub>forragem</sub> <sup>5</sup>	-	-	38,2	25,2	12,8	-
FDN <sub>forragem</sub> , % FDN total <sup>6</sup>	-	-	90,1	58,6	29,0	-
<b>Tamanho de partícula, %</b>						
> 1,18 mm	75,5	25,5	-	-	-	-
≤ 1,18 mm	25,5	75,5	-	-	-	-

<sup>1</sup>Tratamentos: 0CS = sem inclusão de casca de soja, 33CS, 67CS e 100CS = 33%, 67% e 100% de inclusão de casca de soja em substituição ao feno.

<sup>2</sup> Composição: 7,5% P; 19% Ca; 1% Mg; 7% S; 14,3% Na; 21,8% Cl; 500 ppm Fe; 300 ppm Cu; 4600 ppm Zn; 1100 ppm Mn; 80 ppm I; 405 ppm Co; 30 ppm Se.

<sup>3</sup> Fibra em detergente neutro.

<sup>4</sup> FDN fisicamente efetiva, calculada pela multiplicação da concentração de FDN pela fração (%) retida na peneira de 1,18 mm como sugerido por Mertens (1997).

<sup>5</sup> FDN proveniente de forragem.

### 6.2.3 Análises laboratoriais e cálculos

As amostras colhidas foram analisadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da ESALQ - USP, após serem moídas em moinho tipo Wiley providos de peneira com crivo de 1 mm. As determinações de MS e matéria mineral (MM) foram realizadas de acordo com a AOAC (1990); FDN segundo Van Soest et al. (1991). A determinação de nitrogênio total das fezes e dos alimentos foi realizada com base na combustão das amostras (WILES; GRAY; KISSLING, 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. Calculou-se a MO pela diferença entre a MS e MM.

A digestibilidade aparente dos nutrientes foi calculada da seguinte forma:

$$\text{DATT (\%)} = \frac{(\text{MSC} \cdot \text{NMS}) - (\text{MSF} \cdot \text{NMF})}{(\text{MSC} \cdot \text{NMS})} * 100$$

MSC = matéria seca consumida;

MSF = matéria seca fecal;

NMF = porcentagem do nutriente na matéria seca fecal;

NMS = porcentagem do nutriente na matéria seca consumida.

Realizou-se a colheita total de urina uma vez por dia durante o período de colheita de amostras. A urina foi colhida em recipientes plásticos contendo solução de ácido clorídrico (HCl 6N), a fim de manter o pH da urina abaixo de 3. O total colhido foi quantificado e homogeneizado, sendo em seguida filtrado em gaze de algodão e uma amostra de 10% foi retirada e congelada a -18°C. O N da urina foi determinado em micro Kjeldahl (CAMPOS; NUSSIO; NUSSIO, 2004).

O balanço de nitrogênio foi calculado através das fórmulas abaixo apresentadas:

$$\text{Nitrogênio absorvido (g/d)} = \text{N consumido} - \text{N fecal}$$

Nitrogênio retido (g/d) = N absorvido – N urinário

Balanço de N (% N absorvido) = (N retido/N absorvido)\*100

Balanço de N (% N ingerido) = (N retido/N ingerido)\*100

#### 6.2.4 Parâmetros ruminais

As amostras de conteúdo ruminal foram obtidas no último dia de colheita do período experimental, com intervalos de duas horas entre cada colheita. Os horários de colheita tiveram como início o momento da alimentação, sendo a hora zero o momento antes da oferta de alimento e 2, 4, 6, 8, 10 e 12 horas após o fornecimento do alimento.

A colheita das amostras foi realizada em quatro regiões distintas da cavidade ruminal, sendo depois filtradas em tecidos de algodão do tipo fralda. Cada amostra teve, aproximadamente, 200 mL de fluido ruminal filtrado, utilizados na determinação imediata do pH de cada amostra, por meio de pHmetro (DM – 20, Digimed).

A seguir, uma alíquota de 25 mL do fluido, acrescentando 1,25 mL de solução 6N de HCl, foi conservada a  $-18^{\circ}\text{C}$  para posterior determinação dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e N-amoniaco. Após o descongelamento, as amostras foram centrifugadas a  $12.000 \times g$  a  $4^{\circ}\text{C}$  durante 20 minutos. Uma alíquota do sobrenadante foi utilizada para a determinação do N-amoniaco, seguindo o método colorimétrico proposto por Chaney e Marbach (1962), adaptado para a leitura em leitor de microplaca (Bio-Rad, Hercules, EUA), utilizando-se filtro para absorvância de 540 nm (CAMPOS; NUSSIO; NUSSIO, 2004).

A outra alíquota sobrenadante foi utilizada para a determinação da concentração dos AGCC em cromatógrafo gasoso (CG), segundo Palmquist e Conrad (1971). As amostras foram previamente preparadas e armazenadas sob refrigeração ( $-18^{\circ}\text{C}$ ) em recipientes apropriados, contendo 800  $\mu\text{L}$  do extrato, 200  $\mu\text{L}$  de ácido fórmico e 100  $\mu\text{L}$  de padrão interno. O equipamento utilizado foi um

CG (Hewlett Packard Company® 5890 serie II), equipado com braço mecânico (HP integrator 3396 serie II, Hewlett Packard Company®).

### 6.2.5 Análise estatística

Os dados relativos ao ensaio de digestibilidade e balanço de nitrogênio foram analisados pelo procedimento PROC GLM do pacote estatístico SAS (2002). Testes para polinômios ortogonais (linear e quadrático) para todas as variáveis analisadas foram aplicados quando detectado efeito de tratamento ( $P < 0,05$ ).

O modelo estatístico utilizado para as variáveis dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e balanço de N foi:

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

onde:

$\mu$  = média geral

$B_i$  = efeito de bloco

$T_j$  = efeito de tratamento

$E_{ij}$  = erro aleatório associado a cada observação  $Y_{ijkl}$ .

As análises de pH, N-NH<sub>3</sub> e AGCC foram realizadas por parcela subdividida no tempo (hora das medidas) pelo procedimento MIXED do pacote estatístico SAS (2002) e seguiu o seguinte modelo estatístico:

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

onde:

$\mu$  = média geral

$B_i$  = efeito do bloco

$T_j$  = efeito do tratamento

$H_j$  = efeito do horário de medição

$TH_{ij}$  = efeito da interação entre o efeito do tratamento e o horário de medição

$E_{ijk}$  = erro aleatório associado a cada observação  $Y_{ijkl}$ .

### 6.3 Resultados e discussão

Houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) para consumo de matéria seca (CMS) e matéria orgânica (CMO) (Tabela 15) à medida que o feno foi substituído pela CS. Com a inclusão da CS em até 33,7% na dieta (67CS) observou-se aumento do consumo, contudo, ao retirar totalmente o feno de “coastcross” (100CS) foi constatado redução da ingestão de MS. A ingestão de alimentos pode ser controlada por vários fatores como a disponibilidade de energia, palatabilidade, tamanho de partícula, taxa de degradação e velocidade de trânsito

Os dados indicam dois efeitos diversos que possam ter ocasionado este resultado. No primeiro momento, com a diminuição de fibra proveniente de forragem reduz-se o efeito de saciedade devido ao enchimento ruminal. Araujo et al. (2008a) sugerem que forragens aumentam o peso e o volume do rúmen que estimulam os receptores da parede ruminal responsáveis pelo envio de sinais aos centros de saciedade do cérebro. Adicionalmente, em razão ao menor tamanho de partícula (Tabela 14), maior gravidade específica (BHATTI; FIRKINS, 1995) e à alta digestibilidade da fibra da CS (HSU et al., 1987) verifica-se elevação da taxa de passagem e degradação dos alimentos que contêm este co-produto, o que pode favorecer o aumento da ingestão de MS. De acordo com Poppi et al. (1980), partículas retidas em crivos  $\geq 1,18$  mm necessitam diminuir o tamanho para que possam deixar o retículo-rúmen de ovelhas.

A redução do CMS com a adição de 50% de CS na ração (100CS) pode ser explicado pela ausência, nesta dieta, de fibra proveniente de forragem. Visto que os animais deste tratamento apresentaram pH ruminal igual a 5,95 (Tabela 17). Valores de pH menores que 6,0 podem levar à acidose sub-clínica, que tem como primeiro sinal clínico a redução no CMS (OWENS et al., 1998).

Resultados de CMS de estudos que avaliaram a utilização da CS em substituição a forragens na alimentação de ruminantes são inconsistentes. Trabalhos com ovinos Santa Inês demonstraram aumento no consumo (ARAUJO et al., 2008b; MORAIS et al., 2006; MORAIS et al., 2007). Por outro lado, Halachmi et al. (2004); Miron et al. (2004); Sarwar, Firkins e Eastridge (1992) não

encontraram efeito da inclusão da CS. Harmison, Eastridge e Firkins (1997) observaram redução do consumo em rações contendo 23,3 e 30,6% de CS em substituição a silagens de alfafa e de milho.

O consumo de fibra em detergente neutro (FDN) e proteína bruta (PB) apresentaram efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) com a adição da CS nas rações. Estes resultados ocorreram devido ao efeito quadrático também observado para o CMS (Tabela 15), uma vez que as dietas apresentaram teores semelhantes de PB e FDN (Tabela 14).

A digestibilidade da matéria seca (DMS) e da matéria orgânica (DMO) aumentou ( $P < 0,05$ ) à medida que foi adicionada CS à dieta. Este efeito possivelmente foi devido ao resultado observado na digestibilidade da FDN, que apresentou efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ) com a substituição do feno pela CS.

A composição da fibra, o tamanho da partícula e o pH ruminal são fatores que podem influenciar a digestibilidade da fração fibrosa. Orskov (1982) propôs que a degradação da fibra é reduzida quando o pH ruminal está abaixo de 6,2. No presente trabalho o pH ruminal (Tabela 17) alcançou valores inferiores ao mencionado anteriormente, no entanto, sem prejudicar a digestibilidade da FDN. Desta forma, sugere-se que devido à natureza da fibra da CS, com baixa concentração de lignina, e reduzido tamanho de partícula ocorra menor *lag time* na colonização pelos microrganismos (GRIGSBY et al., 1992) e extensiva digestão da fibra. Além disso, Sarwar, Firkins e Eastridge (1991) reportaram que em situações que o pH prejudica a digestibilidade da fibra no rúmen pode haver digestão compensatória no intestino grosso.

Morais et al. (2006); Silva et al. (2002) e Souza et al. (2009) verificaram aumento nos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes (MS, MO e FDN) com a inclusão da CS em substituição ao feno de “coastcross”. Da mesma forma, a CS quando substituiu feno de alfafa emurchedido e/ou silagem de milho ocasionou elevação da digestibilidade da FDN e MO (HALACHMI et al., 2004; SARWAR; FIRKINS; EASTRIDGE, 1991; WEIDNER; GRANT, 1994b). Por outro lado, Araujo et al. (2008b) verificaram que ao adicionar CS retirando-se totalmente o feno de “coastcross” da dieta houve redução na digestibilidade da FDN. Os autores

indicam que a alta taxa de passagem do co-produto seja a principal explicação para este resultado.

De acordo com Hashimoto et al. (2007), as concentrações das frações protéicas que compõem a proteína bruta da CS são 35,2% de fração A (fração solúvel); 8,2% de fração B1 (fração de rápida degradação); 31,6% de fração B2 (fração de degradação intermediária); 15,5% de fração B3 (fração de lenta degradação) e 14,5% de fração C (fração não-degradável).

No presente trabalho a digestibilidade da proteína bruta (DPB) não apresentou diferença ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos. Efeito similar foi encontrado quando se avaliou os efeitos do teor de fibra proveniente de forragens na alimentação de cabras leiteiras (BRANCO et al., 2010). Souza et al. (2009), também, não constataram desigualdade para esta variável ao incluírem CS na ração para cabritos. No entanto, Araujo et al. (2008b) e Grigsby et al. (1992), verificaram que o aumento da CS na dieta acarretou diminuição da digestibilidade da PB. Segundo os autores, a proteína bruta contida na CS tem menor digestibilidade do que a encontrada no feno de “coastcross”.

A avaliação do balanço de nitrogênio é uma ferramenta importante para balanceamento de dietas, visto que permite verificar excesso ou déficit de N na ração. A quantidade de N ingerido apresentou efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) com aumento do teor de CS na ração (Tabela 16), que é reflexo da concentração similar de N entre as dietas experimentais e do efeito quadrático observado no CMS. O N fecal excretado diariamente é influenciado diretamente pelo consumo de nitrogênio, que possivelmente, propiciou, neste experimento, o efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) para a quantidade de N fecal (g/d). Araujo et al. (2008b) observaram aumento de N ingerido e fecal com a inclusão da CS em substituição ao feno de “coastcross”. No entanto, não foi encontrado efeito na quantidade de N ingerido e fecal quando em dietas à base de palma forrageira a CS substituiu o feno de “coastcross” (SOUZA et al., 2009).

Com relação à quantidade de N absorvido (g/d) verificou-se efeito quadrático ( $P < 0,05$ ). Houve aumento de N absorvido (g/d) até a inclusão de 33,7% de CS, entretanto, ao retirar-se totalmente o feno das rações (100CS) o valor de N

absorvido reduziu. Este resultado pode ser explicado pelo consumo de PB digestível (Tabela 15) que semelhantemente apresentou efeito quadrático.

Tabela 15 – Consumo e digestibilidade aparente no trato digestório total (DATT) da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN) e proteína bruta (PB) das rações contendo casca de soja em substituição parcial ou total ao feno

Item <sup>2</sup>	Tratamentos <sup>1</sup>				EPM <sup>3</sup>	Efeito <sup>4</sup>	
	0CS	33CS	67CS	100CS		L	Q
	Matéria seca						
Consumo, kg/d	1,05	1,47	1,51	0,89	0,09	0,30	<0,01
CMSD, kg/d	0,70	0,99	1,12	0,68	0,06	0,80	<0,01
DATT, %	67,00	67,59	74,44	77,95	1,58	<0,01	0,40
	Matéria orgânica						
Consumo, kg/d	1,00	1,38	1,43	0,85	0,09	0,32	<0,01
CMOD, kg/d	0,68	0,94	1,08	0,67	0,06	0,69	<0,01
DATT, %	68,42	68,67	75,75	80,22	1,66	<0,01	0,20
	Fibra em detergente neutro						
Consumo, kg/d	0,45	0,60	0,68	0,35	0,04	0,19	<0,01
CFDND, kg/d	0,25	0,35	0,47	0,24	0,03	0,45	<0,01
DATT, %	54,42	58,47	69,21	72,38	2,83	<0,01	0,92
	Proteína bruta						
Consumo, kg/d	0,16	0,21	0,22	0,13	0,01	0,32	<0,01
CPBD, kg/d	0,11	0,13	0,15	0,09	<0,01	0,31	<0,01
DATT, %	69,27	64,55	67,62	66,35	0,83	0,39	0,27

<sup>1</sup>Tratamentos: 0CS = sem inclusão de casca de soja; 33CS, 67CS e 100CS= 33%, 67% e 100% de inclusão de casca de soja em substituição ao feno.

<sup>2</sup>CMSD = consumo de matéria seca digestível; CMOD = consumo de matéria orgânica digestível; CFDN = consumo de FDN digestível; CPBD = consumo de proteína bruta digestível.

<sup>3</sup>EPM: Erro padrão da média.

<sup>4</sup>Efeito: Valor de P para o teste de polinômio ortogonal, resposta cúbica não significativa ( $P > 0,05$ ).

A excreção de N pela urina apresentou efeito quadrático ( $P < 0,05$ ), no entanto, notou-se que a maior perda, diferentemente ao observado no N ingerido e fecal, encontrou-se no tratamento 0CS. Tal fato pode ter sido ocasionado pela maior concentração de N amoniacal no rúmen verificado neste tratamento (Tabela 17). Corroborando, Henning, Steyn e Meissner (1993) reportam que a alta concentração e a ineficiência na utilização do N amoniacal do rúmen podem refletir no aumento da excreção de N pela urina. Além disso, ao melhorar-se a



utilização de amônia no rúmen a excreção de nitrogênio transfere da urina para as fezes (HRISTOV et al., 2005).

Ao calcular-se a quantidade de N retido ( $N$  absorvido –  $N$  urinário) verificou-se que todas as dietas experimentais proporcionaram valores positivos, apresentando efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) com a inclusão da CS nas rações. Trabalhos semelhantes ao presente estudo, em que o feno de “coastcross” foi substituído pela CS foi constatada aumento na quantidade de N retido (g/d) (ARAUJO et al., 2008b; SOUZA et al., 2009).

A eficiência de utilização de N é representada pelos valores de N retido/N ingerido (%) e N retido/N absorvido (%). Em ambas as variáveis verificaram-se efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) com a elevação do teor de CS nas rações. Foi observado aumento da % de N retido/N ingerido e N retido/N absorvido até a inclusão de 33,7% de CS, contudo, com a substituição máxima de feno de “coastcross” pela CS a eficiência de utilização do N reduziu. Da mesma forma, Araujo et al. (2008b) verificaram efeito quadrático para estas variáveis, que apresentaram os maiores valores nas substituições intermediária de feno pela CS.

Modificações nas concentrações dos principais AGCC produzidos pelos microrganismos ruminais dependem das características dos componentes nutricionais das dietas. Assim, embora a inclusão da CS em substituição ao feno de “coastcross” tenha propiciado aumento no coeficiente de digestibilidade da FDN das rações (Tabela 15), este fato não alterou ( $P > 0,05$ ) a concentração de acetato e butirato no rúmen entre os tratamentos (Tabela 17). Estes dados estão de acordo aos observados por Souza et al. (2009) que, semelhantemente, avaliaram a substituição do feno de “coastcross” pela CS na alimentação de caprinos jovens. Da mesma forma, a CS quando foi adicionada em substituição à silagem de milho e feno de alfafa emurchecido não resultou em diferenças na concentração destes AGCC (WEIDNER; GRANT, 1994a, b). No entanto, na literatura também constatou-se que a utilização da CS em substituição a forragens pode levar ao aumento (GRIGSBY et al., 1992) ou à redução (SARWAR; FIRKINS; EASTRIDGE, 1991, 1992) da proporção de acetato e butirato no rúmen.

Tabela 16 – Balanço de nitrogênio de borregos Santa Inês alimentados com rações contendo casca de soja em substituição parcial ou total ao feno

Item	Tratamentos <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>	Efeito (P>F) <sup>3</sup>	
	0CS	33CS	67CS	100CS		L	Q
N ingerido, g/d	24,56	33,53	34,81	21,12	2,03	0,32	<0,01
N fecal, g/d	7,61	11,86	11,26	7,12	0,75	0,38	<0,01
N absorvido, g/d	16,95	21,67	23,55	14,00	1,33	0,34	<0,01
N urinário, g/d	7,64	3,84	4,30	3,95	0,57	0,34	<0,01
N retido, g/d	9,31	17,82	19,25	10,05	1,42	0,63	<0,01
N retido/ N ingerido, %	36,18	53,45	55,63	47,99	2,75	0,11	0,03
N retido/ N absorvido, %	52,34	82,57	82,28	72,21	4,11	0,07	0,01

<sup>1</sup>Tratamentos: 0CS = sem inclusão de casca de soja; 33CS, 67CS e 100CS = 33%, 67% e 100% de inclusão de casca de soja em substituição ao feno;

<sup>2</sup>EPM: Erro padrão da média.

<sup>3</sup>Efeito: Valor de P para o teste de polinômio ortogonal, resposta cúbica não significativa (P > 0,05).

A concentração de propionato no rúmen não diferiu (P>0,05) entre os tratamentos, o que ocasionou ausência de efeito (P>0,05) na relação acetato:propionato (A:P). Estes resultados assemelham-se aos encontrados por Sarwar, Firkins e Eastridge (1991) e Souza et al. (2009). Por outro lado, Weidner e Grant (1994a, b); Sarwar, Firkins e Eastridge (1992) verificaram aumento na proporção de propionato e redução da relação A:P em dietas contendo CS. Segundo Hsu et al. (1987), devido a natureza da fibra da CS ser de alta digestibilidade, esta pode acarretar, quando substitui forragens em altas proporções, um padrão fermentativo ruminal típico de concentrado, ocasionando elevação da concentração de propionato e menor relação A:P no rúmen.

Tabela 17 – Parâmetros ruminiais de cordeiros Santa Inês alimentados com rações' contendo casca de soja em substituição parcial ou total ao feno

Item <sup>1</sup>	Tratamentos <sup>2</sup>				EPM <sup>3</sup>	Efeito <sup>4</sup>		H <sup>5</sup>	T*H <sup>6</sup>
	0CS	33CS	67CS	100CS		L	Q		
Parâmetros ruminiais									
Acetato, mM	62,6	70,7	62,6	60,8	1,06	0,51	0,31	0,65	0,98
Propionato, mM	7,8	9,4	11,4	10,8	0,56	0,37	0,71	0,47	0,99
Butirato, mM	5,8	7,2	6,8	6,4	0,14	0,44	0,08	0,10	0,85
AGCC total, mM	88,8	97,9	89,7	86,8	1,25	0,50	0,23	0,98	0,91
A:P <sup>7</sup>	8,7	8,0	7,0	8,8	0,33	0,90	0,40	0,14	0,13
pH ruminal	6,3	6,3	6,1	6,0	0,03	0,05	0,63	<0,01	0,19
N - NH <sub>3</sub> , mg/dL	17,5	17,1	13,7	15,0	0,54	0,02	0,41	<0,01	0,22

<sup>1</sup>mM: milimol; AGCC: ácidos graxos de cadeia curta; N-NH<sub>3</sub>: concentração ruminal de nitrogênio amoniacal.

<sup>2</sup>Tratamentos: 0CS = sem inclusão de casca de soja; 33CS, 67CS e 100CS = 33%, 67% e 100% de inclusão de casca de soja em substituição ao feno.

<sup>3</sup>EPM: Erro padrão da média.

<sup>4</sup>Efeito: Valor de P para o teste de polinômio ortogonal, resposta cúbica não significativa (P > 0,05).

<sup>5</sup>H: Efeito de tempo (horas).

<sup>6</sup>T\*H: Efeito da interação entre tratamento e tempo (horas).

<sup>7</sup>A:P: Relação entre a concentração molar de acetato e a concentração molar de propionato.

De acordo com revisão de literatura, a concentração total de AGCC tem se mantido ou aumentado com a inclusão da CS em dietas para vacas em lactação (IPHARRAGUERRE; CLARK, 2003). Da mesma forma, no presente trabalho, não se verificou efeito ( $P>0,05$ ) da utilização deste co-produto em substituição ao feno de “coastcross”, que é justificado pela semelhança entre os tratamentos dos dois principais AGCC (acetato e propionato) produzidos no rúmen. Em outros trabalhos que avaliaram o efeito da utilização da CS substituindo forragens sobre este parâmetro ruminal podem-se observar variações dos resultados. Weidner e Grant (1994b) constataram valores semelhantes de AGCC total, entretanto, a inclusão da CS aumentou a concentração dos ácidos no rúmen para Grigsby et al. (1992); Souza et al. (2009) e Weidner e Grant (1994a). Sarwar, Firkins e Eastridge (1992) relataram que ao substituírem feno de alfafa e silagem de milho pela CS a concentração de AGCC total reduziu após nove horas do fornecimento das rações.

As variáveis de concentração de acetato, propionato, butirato e AGCC total e a relação A:P não apresentaram efeito de tempo ( $P>0,05$ ) e efeito de interação entre tratamento e tempo ( $P>0,05$ ).

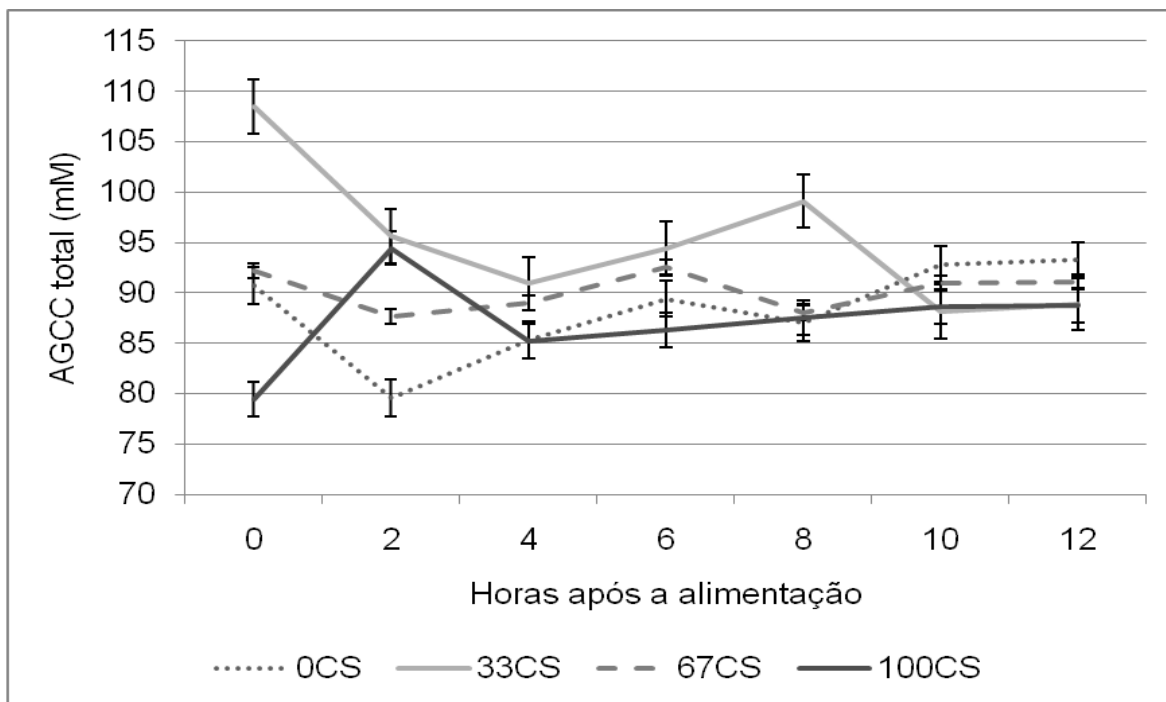


Figura 4 – Concentração molar total dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) no fluido ruminal de cordeiros Santa Inês em função da inclusão de CS nas rações em substituição parcial ao feno de “coastcross” e das horas após a alimentação

O pH ruminal diminuiu ( $P < 0,05$ ) com a inclusão da CS em substituição ao feno de “coastcross”. Tal fato deve-se à redução da proporção de forragem, do tamanho de partículas e da efetividade física das rações com a adição da CS. De acordo com Ipharraguerre e Clark (2003) a amplitude do declínio do pH ruminal está ligado à quantidade e tamanho de partículas de forragem da dieta. Weidner e Grant (1994a) reportam que a CS contém quantidade de FDN similar ao das forragens, porém é de menor efetividade em estimular a ruminação, a salivação e consequentemente, em manter o pH ruminal a valores maiores. Além disso, demais experimentos que avaliaram a CS como substituto do feno de “coastcross” verificaram alterações no comportamento ingestivo dos animais com decréscimo do tempo de ruminação e mastigação (ARAUJO et al., 2008a; MORAIS et al., 2006; SOUZA et al., 2009).

Grigsby et al. (1992) substituíram feno de “bromegrass” pela CS em até 60% da dieta e observaram efeito linear decrescente do pH ruminal. Da mesma

forma, Souza et al. (2009) verificaram redução do pH com a adição de CS em rações na alimentação de caprinos. Harmison, Eastridge e Firkins (1997) constataram que a CS ao substituir silagens de alfafa e de milho provocou diminuição do pH fecal de vacas em lactação.

Adicionalmente, o pH ruminal apresentou efeito de tempo ( $P < 0,05$ ) e ausência de interação entre tratamento e tempo ( $P > 0,05$ ). Os dados demonstram que o pH ruminal, nos tratamentos 0CS, 33CS e 67CS, foi reduzindo ao longo das 12 horas após o fornecimento das rações experimentais (Figura 5). No entanto, constatou-se que ao retirar completamente a fibra proveniente de forragens da dieta (100CS) o pH ruminal permaneceu sempre  $\leq 6,0$  exibindo pouca variação durante o período de colheita do conteúdo ruminal.

A concentração de N-amoniaco no rúmen decresceu ( $P < 0,05$ ) à medida que a CS foi incluída nas rações. Todos os valores estão acima dos 3,3 mg/dL sugeridos por Hoover (1986) como concentração mínima adequada para o desenvolvimento dos microrganismos ruminais. No entanto, o resultado encontrado pode ser atribuído a diferença de sincronização de liberação e utilização de energia e proteína entre os tratamentos. Assim, sugere-se que a CS por ser mais rapidamente digerida que o feno de “coastcross” possibilite melhor sincronismo entre os nutrientes. Hristov et al. (2005) reportam que o fornecimento de carboidratos rapidamente fermentescíveis pode diminuir a concentração de amônia no rúmen através da melhor utilização da amônia na síntese microbiana ou da incorporação em aminoácidos pré-formados.

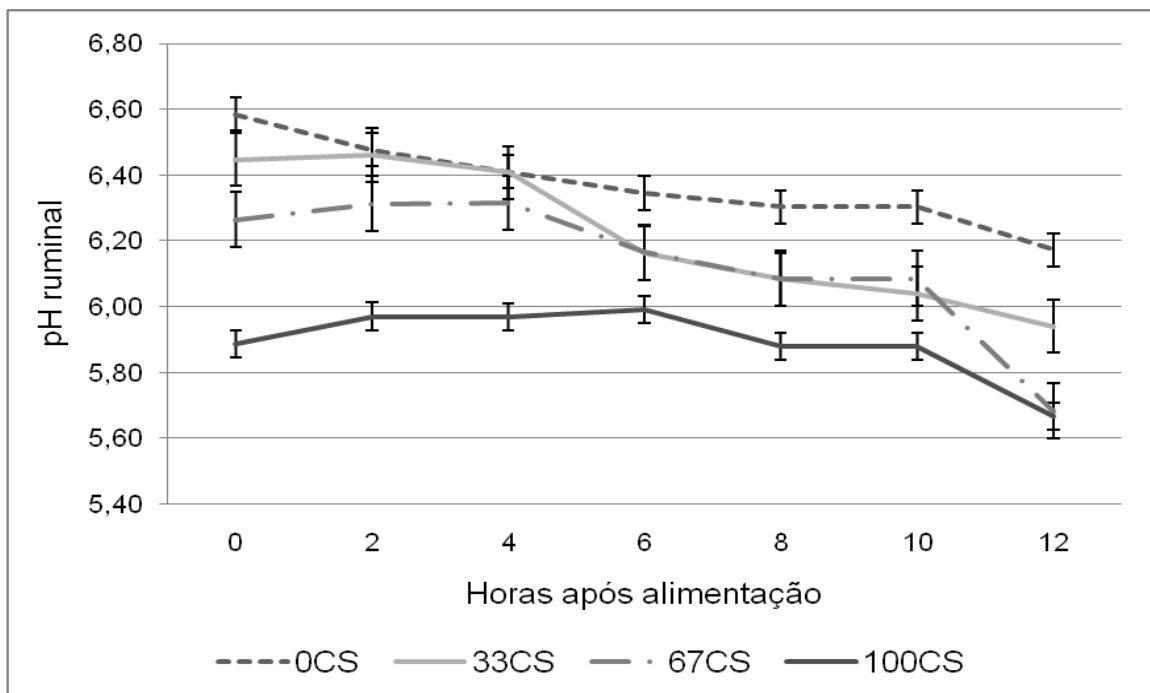


Figura 5 – pH do fluido ruminal de cordeiros Santa Inês em função da inclusão de CS nas rações em substituição ao feno de “coastcross” e das horas após a alimentação

A concordância ou não dos resultados entre trabalhos são dependentes dos tipos de forragens que foram substituídas pela adição da CS. Quando foi substituída forragem de gramíneas foi verificada redução da concentração de N-amoniaco no rúmen (GRIGSBY et al., 1992; SOUZA et al., 2009). Contudo, ao incluir CS no lugar de feno de alfafa e silagem de milho foi constatado aumento de N-amoniaco (SARWAR; FIRKINS; EASTRIDGE, 1991) e ausência de efeito (SARWAR; FIRKINS; EASTRIDGE, 1992).

A concentração de N-amoniaco no rúmen apresentou efeito de tempo ( $P < 0,05$ ) e ausência de interação entre tratamento e tempo ( $P > 0,05$ ). Em todos os tratamentos foi observado o pico de concentração N-amoniaco após duas horas do fornecimento das rações. Os dados estão de acordo ao verificados por Grigsby et al. (1992) que substituíram feno de “bromegrass” pela CS em rações fornecidas a novilhas.

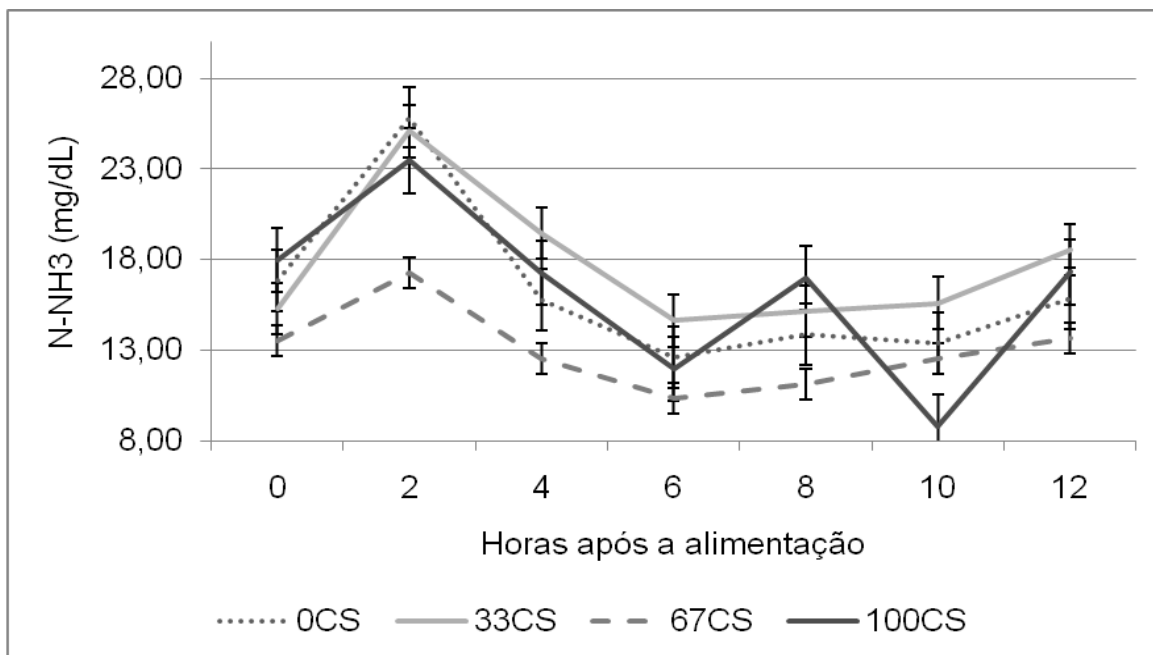


Figura 6 – Concentração de N-amoniaco no fluido ruminal de cordeiros Santa Inês em função da inclusão de CS nas rações em substituição ao feno de “coastcross” e das horas após a alimentação

#### 6.4 Conclusões

A substituição parcial do feno de “coastcross” pela CS aumenta o CMS, no entanto, na substituição total há diminuição do CMS.

A inclusão de até 50% de CS na dieta aumenta a digestibilidade da MS e da FDN e reduz o pH ruminal e a concentração de N-amoniaco no rúmen sem alterar a concentração de AGCC.

#### Referências

AFRC. **The nutrition of goats**. Technical committee on responses to nutrients report 10. Wallingford: CAB International, 1998. 118 p.

ARAUJO, R.C.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; RODRIGUES, G.H.; PACKER, I.U.; EASTRIDGE, M.L. 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**, Champaign, v. 86, n. 12, p. 3511-3521, 2008a.



ARAUJO, R.C.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; URANO, F.S.; MENDES, C.Q.; RODRIGUES, G.H.; PACKER, I.U. Apparent digestibility of diets with combinations of soybean hulls and coastcross (*Cynodon* sp.) hay offered to ram lambs. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 6, p. 581-588, 2008b.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15<sup>th</sup> ed. Arlington, 1990. v. 1, 1117p.

BHATTI, S.A.; FIRKINS, J.L. Kinetics of hydration and functional specific gravity of fibrous feed by-products. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.73, n. 5, p.1449-1458, 1995.

BRANCO, R.H.; RODRIGUES, M.T.; RODRIGUES, C.A.F.; SILVA, M.M.C.; LEÃO, M.I.; PEREIRA, V.V. Efeito dos níveis de fibra em detergente neutro oriunda da forragem sobre a eficiência microbiana e os parâmetros digestivos em cabras leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.2, p.372-381, 2010.

CAMPOS, F.P.; NUSSIO, C.M.B.; NUSSIO, L.G. **Métodos de análises de alimentos**. Piracicaba: FEALQ, 2004. 135 p.

CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, Washington, v. 8, p. 130-137, 1962.

GRIGSBY, K.N.; KERLEY, M.S.; PATERSON, J.A.; WEIGEL, J.C. Site and extent of nutrient digestion by steers fed a low-quality bromegrass hay diet with incremental levels of soybean hull substitution. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 6, p. 1941-1949, 1992.

HALACHMI, I.; MALTZ, E.; LIVSHIN, N.; ANTLER, A.; BEN-GHEDALIA, D.; MIRON, J. Effects of replacing roughage with soy hulls on feeding behavior and milk production of dairy cows under hot weather conditions. **Journal of Dairy Science**, Champaign, 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**, Champaign, v.80, n. 5, p. 905–911, 1997.

HASHIMOTO, J.H.; ALCALDE, C.R.; ZAMBOM, M.A.; SILVA, K.T.; MACEDO, F.A.F.; MARTINS, E.N.; RAMOS, C.E.C.O.; PASSIANOTO, G.O. Desempenho e digestibilidade aparente em cabritos Boer x Saanen em confinamento recebendo rações com casca do grão de soja em substituição ao milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.1, p.174-182, 2007.

HENNING, P.H.; STEYN, D.G.; MEISSNER, H.H. Effect of synchronization of energy and nitrogen supply on ruminal characteristics and microbial growth. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, n. 9, p. 2516-2528, 1993.

HOOVER, W.H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 69, n. 10, 2755-2766, 1986.

HOOVER, W.H.; STOKES, S.R. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.74, n. 10, p. 3630–3644, 1991.

HRISTOV, A.N.; ROPP, J.K.; GRANDEEN, K.L.; ABEDI, S.; ETTER, R.P.; MELGAR, A.; FOLEY, A.E. Effect of carbohydrate source on ammonia utilization in lactating dairy cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 83, n. 2, p. 408-421, 2005.

HSU, J.T.; FAULKNER, D.B.; GARLEB, K.A.; BARCLAY, R.A.; FAHEY, G.C. Evaluation of corn fiber, cottonseed hulls, oat hulls and soybean hulls as roughage sources for ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 65, n. 1, p. 244-255, 1987.

IPHARRAGUERRE, I.R.; CLARK, J.H. Soyhulls as an alternative feed for lactating dairy cows: A review. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, n. 4, p. 1052-2073, 2003.

MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 7, p. 1463-1481, 1997.

MORAIS, J.B.; SUSIN, I. ; PIRES, A.V.; MENDES, C.Q.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.C.; PACKER, I.U. Comportamento ingestivo de ovinos e digestibilidade aparente dos nutrientes de dietas contendo casca de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 7, p. 1157-1164, 2006.

MORAIS, J.B.; SUSIN, I.; PIRES, A.V.; MENDES, C.Q.; OLIVEIRA JUNIOR, R.C. de. Substituição do feno de “Coastcross” (*Cynodon* sp.) por casca de soja na alimentação de borregas confinadas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 1073-2078, 2007.

MIRON, J.; YOSEF, E.; NIKBACHAT, M.; ZENOU, A.; MALTZ, E.; HALACHMI, I.; BEN-GHEDALIA, D. Feeding behavior and performance of dairy cows fed pelleted nonroughage fiber byproducts. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 87, n. 5, p. 1372–1379, 2004.

NAKAMURA, T.; OWEN, F.G. High amounts of soyhulls for pelleted concentrate diets. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 72, n. 4, p. 988-994, 1989.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminants**. Washington: National Academic Press, 2007. 292p.

ØRSKOV, E.R. **Protein nutrition in ruminants**. London: Academic Press, 1982. 175 p.

OWENS, F.N.; SECRIST, D.S.; HILL, W.J.; GILL, D.R. Acidosis in cattle: a review. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 1, p. 275-286, 1998.

POPPI, D.P.; NORTON, B.W.; MINSON, D.J.; HENDRICKSEN, R.E. The validity of the critical size theory for particles leaving the rumen. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 94, n. 2, p. 275-280, 1980.

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**, Champaign, 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**, Champaign, v.75, n. 6, p.1533-1542, 1992.

SAS INSTITUTE. **SAS systems for windows**: version 9. Cary, 2002.

SILVA, L.D.F.; EZEQUIEL, J.M.B.; AZEVEDO, P.S.; CATTELAN, J.W.; BARBOSA, J.C.; RESENDE, F.D.; CARMO, F.R.G. Digestão total e parcial de alguns componentes de dietas contendo diferentes níveis de casca de soja e fontes de nitrogênio em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.3, p.1258-1268, 2002.

SOUZA, E.J.; GUIM, A.; BATISTA, Â.M.V.; SANTOS, K.L.; SILVA, J.R.; MORAIS, N.A.P.; MUSTAF, A.F. 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**, Amsterdam, v. 85, n.1, p. 63–69, 2009.

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**, Champaign, 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**, Champaign, 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**, Champaign, 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**, Washington, v. 81, n. 3, p. 620-632, 1998.