

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
MESTRADO EM CIÊNCIA ANIMAL**

JOÃO GABRIEL ROSSINI ALMEIDA

**VALOR ALIMENTAR DA DIETA EM RUMINANTES
ALIMENTADOS COM AZEVÉM E DIFERENTES NÍVEIS DE
FORRAGEM SUPLEMENTAR A BASE DE SILAGEM DE
MILHO**

LAGES – SC

2013

JOÃO GABRIEL ROSSINI ALMEIDA

**VALOR ALIMENTAR DA DIETA EM RUMINANTES
ALIMENTADOS COM AZEVÉM E DIFERENTES NÍVEIS DE
FORRAGEM SUPLEMENTAR A BASE DE SILAGEM DE
MILHO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, como requisito para obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr.
Henrique Mendonça Nunes
Ribeiro Filho

LAGES – SC

2013

A447v

Almeida, João Gabriel Rossini

Valor alimentar da dieta em ruminantes alimentados com azevém e diferentes níveis de forragem suplementar a base de silagem de milho / João Gabriel Rossini Almeida. – 2013.

58p. : il. ; 21 cm

Orientador: Henrique Mendonça Nunes Ribeiro Filho

Bibliografia: p. 50-58

Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Lages, 2013.

1. Consumo voluntário. 2. *Lolium multiflorum* L. 3. Ovinos. 4. Taxa de substituição. 5. *Zea mays*. I. Almeida, João Gabriel Rossini. II. Ribeiro Filho, Henrique Mendonça Nunes. III. Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. IV. Título

CDD: 636.3085 – 20.ed.


JOÃO GABRIEL ROSSINI ALMEIDA

**VALOR ALIMENTAR DA DIETA EM RUMINANTES
ALIMENTADOS COM AZEVÉM E DIFERENTES NÍVEIS DE
FORRAGEM SUPLEMENTAR A BASE DE SILAGEM DE
MILHO**

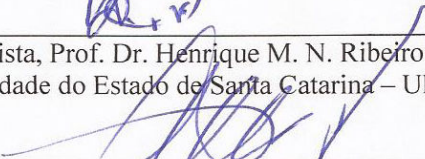
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal, área de concentração: Produção Animal.

Banca examinadora:

Orientador: _____


Zootecnista, Prof. Dr. Henrique M. N. Ribeiro Filho
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

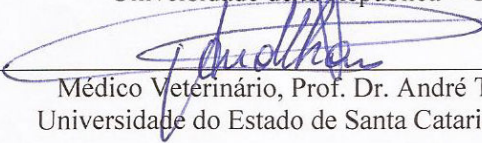
Membro: _____


Médico Veterinário, Prof. Dr. Gilberto Vilmar Kozloski
Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

Membro: _____


Médica Veterinária, Profa. Dra. Cecilia Cajarville
Universidade de la República – UdelaR

Membro: _____


Médico Veterinário, Prof. Dr. André Thaler Neto
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Lages, 02 de agosto de 2013

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e por todas as oportunidades concedidas.

À toda minha família, principalmente aos meus pais Maurício e Walkíria, meus avós João e Lea, minha tia Leda, meu irmão Daniel, os quais me ajudaram em todos os momentos de dificuldades e apoiaram minhas decisões.

Em especial agradeço à minha melhor amiga e companheira, que esteve ao meu lado em todos os momentos desta jornada, a qual estimo imensamente e espero poder compartilhar muitos momentos de minha vida, Cecília Alice.

À todos que participaram e contribuíram de alguma forma com o projeto.

Aos colegas e amigos: Bibiana Fonseca, Camila Nardi, Cristiano Ramos, Daniel Schmitt, Deisy Padilha, Diego Fernandes, Diego Liz, Éderson Andrade, Fabiana Ramos, Gabriela Santos, Guilherme Camargo, Gutierri Raupp, Jean Dal Pizzol, Leonardo Cardozo, Marcolino Miguel, Mariana Canever, Michel Baldin, Michele Cardozo, Raphael Pereira, Tiago Alvez.

À Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC/CAV, e aos professores e colaboradores deste centro, que tanto ajudaram durante meu mestrado, principalmente aos professores André Fischer Sbrissia e André Thaler Neto.

Em especial, ao Professor Dr. Henrique Mendonça Nunes Ribeiro Filho, pela oportunidade concedida, apoio e transmissão de conhecimento durante a orientação deste projeto, além da sua paciência para comigo.

Ao Laboratorista Maurílio dos Santos Júnior, pelos ensinamentos, suporte nas análises e todos os momentos de debates sérios e/ou descontraídos.

À todos que conviveram comigo durante esta caminhada.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e Secretaria de Educação do Estado de Santa Catarina pela concessão das bolsas de estudo.

“Indaguemos, estudemos, movimentemo-
nos na esfera científica e filosófica;
todavia, não nos esqueçamos do *amemo-
nos uns aos outros* como o Senhor nos
amou.”

Emmanuel

RESUMO

ALMEIDA, João Gabriel Rossini. **Valor alimentar da dieta em ruminantes alimentados com azevém e diferentes níveis de forragem suplementar a base de silagem de milho.** 2013. 58f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal – Área: Produção Animal). Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. Lages, 2013.

As interações ingestivas e digestivas decorrentes do fornecimento de dietas com mais de um tipo de forragem não têm sido suficientemente estudadas. Objetivou-se neste trabalho determinar a influência da inclusão de diferentes níveis de silagem de milho (*Zea mays*) para ovinos recebendo silagem pré-secada de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), sobre o valor alimentar da dieta. Os tratamentos experimentais consistiram de silagem pré-secada de azevém sem suplementação ou com suplementação de silagem de milho + farelo de soja (9:1 na MS) em níveis de 5 (SM₅), 10 (SM₁₀) ou 15 (SM₁₅) g de MS/kg PV. Oito ovinos mestiços Texel × Ile de France, machos, castrados, com idade de aproximadamente 10 meses e peso vivo médio inicial de $27,6 \pm 3,5$ kg, foram distribuídos em um delineamento experimental em quadrado latino 4×4, com quatro períodos de 18 dias (12 de adaptação e 6 de coleta). O consumo total de MS não foi afetado pelos tratamentos, mas o consumo de azevém diminuiu nos animais suplementados em comparação aos não suplementados. As taxas de substituição de silagem pré-secada de azevém pelo suplemento foram 1,6, 1,1 e 0,86 nos tratamentos SM₅, SM₁₀ e SM₁₅, respectivamente. A digestibilidade aparente da matéria orgânica não foi afetada pela suplementação, mas o consumo de energia metabolizável e a retenção diária de N foram inferiores no tratamento SM₅ em comparação às médias dos tratamentos SM₁₀ e SM₁₅. O fluxo duodenal de nitrogênio proveniente de origem microbiana aumentou com o nível de suplementação, mas fluxo duodenal de N não amoniacal foi semelhante entre tratamentos. O fornecimento de forragem suplementar em quantidades inferiores a 10 g de MS/kg PV associada a redução do tempo de acesso ao suplemento em uma refeição principal pode diminuir o consumo de energia metabolizável e a retenção diária de nitrogênio.

Palavras chave: consumo voluntário, *Lolium multiflorum* L., ovinos, taxa de substituição, *Zea mays*

ABSTRACT

ALMEIDA, João Gabriel Rossini. **Feed value of ruminant diets based on ryegrass haylage with different levels of corn silage.** 2013. 58f. Dissertation (Mestrado em Ciência Animal – Área: Produção Animal). Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. Lages, 2013.

The ingestive and digestive interactions when diets with more than one type of forage are used have not been sufficiently studied. Thus, the aim of this study was to assess the effects of maize silage supplementation to weathers receiving ryegrass haylage on feed value of diet. The four treatments consisted of ryegrass haylage (RH, *Lolium multiflorum* Lam.) offered *ad libitum* without supplementation (WS) or supplemented with maize silage + soybean meal (9:1 on DM basis) in proportion of 5 (MS₅), 10 (MS₁₀) or 15 g (MS₁₅) of DM/kg of live weight. Eight castrated male sheep (27.6 ± 3.5 kg live weight) were assigned in a 4 × 4 Latin square design with four periods of 18 days, with a 12 days of adaptation and 6 days of measurements. The total DM intake was not affected by treatments, but ryegrass DM intake decreased in animals receiving maize silage compared with animals without supplementation. The substitution rate was 1.6, 1.1 and 0.87 in animals receiving 5, 10 and 15 g/kg LW of supplement, respectively. The OM digestibility was not affected by supplementation, but the metabolisable energy intake and daily N retention were lower in animals receiving treatment MS₅ compared with average of animals receiving treatments MS₁₀ and MS₁₅. The duodenal flow of microbial N increased with the level of supplementation, but duodenal flow of non-amonia N was similar between treatments. The lower level of maize silage supplement distributed during a single meal can negatively affect the energy intake and N retention.

Palavras chave: *Lolium multiflorum* L., sheep, substitution rate, voluntary intake, *Zea mays*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** - Taxa de substituição da forragem base por concentrado. Simulação do consumo diário de forragem (barras pretas) e concentrado (barras brancas). SC = sem concentrado; C1 = suplementação de 1 kg/dia; C2 = suplementação de 2 kg/dia. 23
- Figura 2** - Taxa de substituição da forragem base por grão de milho (%) em ovelhas leiteiras mantidas em pastagem de azevém sob diferentes alturas comprimidas de dossel. 25
- Figura 3** - Exemplificação das cânulas utilizadas. A = cânula duodenal; B = cânula ruminal. 30
- Figura 4** - pH ruminal de borregos alimentados com dietas a base de silagem pré-secada de azevém (*Lolium multiflorum* Lam) sem suplementação (SS) ou suplementados com 5 (SM₅) 10 (SM₁₀) ou 15 (SM₁₅) g MS/kg PV de silagem de milho + farelo de soja (9:1 na MS). 43
- Figura 5** - Concentração de N-NH₃ no fluido ruminal de borregos alimentados com dietas a base de silagem pré-secada de azevém (*Lolium multiflorum* Lam) sem suplementação (SS) ou suplementados com 5 (SM₅) 10 (SM₁₀) ou 15 (SM₁₅) g MS/kg PV de silagem de milho + farelo de soja (9:1 na MS). 43

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Composição química da silagem pré-secada de azevém (*Lolium multiflorum* Lam) e da silagem de milho (*Zea mays*) misturado com farelo de soja (*Glycine Max*) na proporção de 9:1 na MS..... 31
- Tabela 2** - Consumo de nutrientes em borregos alimentados com dietas a base de silagem pré-secada de azevém (*Lolium multiflorum* Lam) suplementados com diferentes níveis de silagem de milho (*Zea mays*) + farelo de soja (*Glycine max*) na proporção de 9:1 da matéria seca..... 38
- Tabela 3** - Composição bromatológica das sobras em borregos alimentados com dietas a base de silagem pré-secada de azevém (*Lolium multiflorum* Lam) suplementados com diferentes níveis de silagem de milho (*Zea mays*) + farelo de soja (*Glycine max*) na proporção de 9:1 da matéria seca..... 39
- Tabela 4** - Digestibilidade e fluxo duodenal de compostos não nitrogenados em borregos alimentados com dietas a base de silagem pré-secada de azevém (*Lolium multiflorum* Lam) suplementados com diferentes níveis de silagem de milho (*Zea mays*) + farelo de soja (*Glycine max*) na proporção de 9:1 da matéria seca..... 40
- Tabela 5** - Consumo, digestibilidade e fluxo intestinal dos compostos nitrogenados em borregos alimentados com dietas a base de silagem pré-secada de azevém (*Lolium multiflorum* Lam) suplementados com diferentes níveis de silagem de milho (*Zea mays*) + farelo de soja (*Glycine max*) na proporção de 9:1 da matéria seca..... 41
- Tabela 6** - Análise de contrastes ortogonais sobre o consumo de energia metabolizável e consumo e retenção de nitrogênio em borregos alimentados com dietas a base de silagem pré-secada de azevém (*Lolium multiflorum* Lam) suplementados com diferentes níveis de silagem de milho (*Zea mays*) + farelo de soja (*Glycine max*) na proporção de 9:1 da matéria seca..... 42

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1	CONSUMO VOLUNTÁRIO DE VOLUMOSOS EM RUMINANTES	12
2.2	SUPLEMENTAÇÃO E CONSUMO VOLUNTÁRIO	16
2.3	EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO.....	19
2.4	TAXA DE SUBSTITUIÇÃO	21
2.4.1	Relação entre os alimentos e a taxa de substituição	22
2.4.2	Consequências do efeito de substituição	26
2.4.3	Considerações finais sobre efeito de substituição	27
3	OBJETIVOS	28
3.1	OBJETIVO GERAL.....	28
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
4	HIPÓTESES	29
5	MATERIAL E MÉTODOS	30
5.1	LOCAL, ANIMAIS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	30
5.2	TRATAMENTOS EXPERIMENTAIS.....	31
5.3	AMOSTRAGEM.....	32
5.4	ANÁLISES LABORATORIAIS	33
5.5	CÁLCULOS.....	33
5.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA	36
6	RESULTADOS	38
6.1	EFEITO DO NÍVEL DE SUPLEMENTAÇÃO A BASE DE SILAGEM DE MILHO SOBRE O CONSUMO E A DIGESTIBILIDADE DOS COMPOSTOS NÃO NITROGENADOS.....	38
6.2	EFEITO DO NÍVEL DE SUPLEMENTAÇÃO A BASE DE SILAGEM DE MILHO SOBRE O BALANÇO DOS COMPOSTOS NITROGENADOS	40
6.3	EFEITO DO NÍVEL DE SUPLEMENTAÇÃO A BASE DE SILAGEM DE MILHO SOBRE O CONSUMO DE ENERGIA METABOLIZÁVEL E CONSUMO E RETENÇÃO DE NITROGÊNIO.....	41
6.4	EFEITO DO NÍVEL DE SUPLEMENTAÇÃO A BASE DE SILAGEM DE MILHO SOBRE O pH E A CONCENTRAÇÃO DE N-NH ₃ RUMINAL	42
7	DISCUSSÃO	44
8	CONCLUSÕES	49
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

1 INTRODUÇÃO

A correta utilização de alimentos volumosos em dietas para animais ruminantes se justifica pelas vantagens advindas da redução do uso de alimentos concentrados. Isso ocorre porque estes animais são capazes de fazer o uso de pastagens, forragens conservadas e subprodutos agroindustriais, pois podem digerir celulose em maior amplitude que outras espécies. Neste sentido, o ruminante é maior conversor de vegetais em produtos de origem animal. Contudo, apesar da grande capacidade do trato digestivo, existem muitas situações em que estes animais não ingerem o suficiente para satisfazer as suas exigências nutricionais, resultando em uma produção ineficiente dos sistemas agropecuários.

Por este motivo, tem sido dada muita atenção ao longo das últimas décadas sobre os fatores que afetam o consumo voluntário de alimentos pelos ruminantes. O plano de fundo para este interesse é que a ingestão de alimentos possui grande impacto sobre o desempenho. Além disso, os benefícios econômicos do uso de quantidades ideais de alimentos menos onerosos têm aumentado a necessidade de se calcular com precisão o manejo alimentar em fazendas comerciais (INGVARTSEN, 1994).

Devido à crescente dependência de silagem de milho como alimentação de ruminantes, sobretudo nos períodos em que a taxa de acúmulo dos pastos não é suficiente para atender as exigências do rebanho, é de extrema importância o conhecimento de possíveis interações desse volumoso com outras fontes de forragens (MULLIGAN et al., 2002). Nesse sentido, modelos atuais de predição de consumo consideram que a taxa de substituição entre fontes de volumosos é de 1:1, independente do tipo e nível de fornecimento destes. Entretanto, se for considerado que o consumo voluntário é uma resposta multifatorial, é provável que o nível de fornecimento da forragem suplementar acarrete respostas nutricionais diferentes.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi determinar o impacto nutricional da inclusão de diferentes níveis de forragem suplementar a base de silagem de milho (*Zea mays*) na dieta de ovinos recebendo oferta irrestrita de forragem base composta por silagem pré-secada de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A pesquisa em nutrição animal desempenha, dentro da área de produção animal, imprescindível papel, uma vez que faz uso de metodologias que fornecem dados a respeito dos ingredientes utilizados na alimentação animal e de que forma a composição dos alimentos irá afetar o seu desempenho. O objetivo prático da avaliação de alimentos é otimizar a sua eficiência de utilização, oferecendo assim, respostas mais confiáveis em relação à resposta animal e proporcionando retorno financeiro mais adequado ao produtor. Dessa forma, a realização de trabalhos que auxiliem o desenvolvimento de técnicas capazes de caracterizarem de forma precisa os alimentos é extremamente importante, uma vez que esses dados possibilitarão a formulação de dietas de acordo com o atendimento às exigências dos animais de forma confiável e, conseqüentemente, gerar respostas, em termos de desempenho, mais reais e precisos (BERCHIELLI et al. 2006).

O desafio de compreender como a seleção da dieta e o consumo de alimentos são controlados é responsável por uma área muito importante da nutrição (FORBES; PROVENZA, 2000). Grande parte das evidências existentes sobre a seleção da dieta é descritiva e específica para um determinado conjunto de circunstâncias. Por isso os estudos sobre informações relacionadas ao comportamento ingestivo ou ao consumo de forragem são de grande utilidade (HODGSON, 1984). Além disso, o estudo do que controla e limita a quantidade de alimentos ingeridos, e as interações digestivas quando mais de uma fonte de alimento é oferecida, tem sido objeto de uma grande quantidade de estudos (FORBES, 2005).

2.1 CONSUMO VOLUNTÁRIO DE VOLUMOSOS EM RUMINANTES

Em situação à pasto, os ruminantes possuem dois principais períodos onde se concentram as atividades de pastejo, os quais geralmente ocorrem ao amanhecer e ao pôr do sol. De outra forma, os animais confinados realizam as principais refeições de acordo com a distribuição de alimentos, o que geralmente ocorre duas vezes ao dia. Sinais pós-ingestivos provenientes da alimentação (enchimento ruminal, produtos de fermentação e nutrientes) contribuem para o processo de saciedade. Estes sinais de retorno são principalmente integrados no controle da ingestão para evitar excessos (BAUMONT et al., 2000). Dessa forma, a alimentação é uma atividade contínua que, em muitos

animais, é interrompida por períodos de não alimentação. O tamanho das refeições e o intervalo entre elas são influenciadas por muitos fatores, denominados “*feedbacks*” negativos e os “*feedforwards*”, influenciando o tamanho da próxima refeição e/ou intervalo entre refeições, dependendo do que foi aprendido sobre as consequências da ingestão anterior (FORBES, 2001).

Segundo Silva (2006), o entendimento dos mecanismos que controlam a seleção e ingestão de alimentos é um desafio que abrange importantes áreas da pesquisa, principalmente a da nutrição animal. No caso dos ruminantes a complexidade do sistema digestivo e consequentes peculiaridades metabólicas constituem razões especiais do interesse sobre o tema. A ingestão de alimento é de importância fundamental na alimentação animal, porque dela vai depender a quantidade total de nutrientes que o animal recebe para crescimento, saúde e produção, sendo que o consumo é responsável pela maior parte das diferenças entre os alimentos.

A maioria dos animais ruminantes é alimentada *ad libitum*, ou seja, eles têm alimento disponível em quase todo o tempo. Isto ocorre se eles são mantidos confinados, com o fornecimento constante de alimento, ou em pastejo, onde a forragem disponível varia em quantidade e qualidade de acordo com a época do ano, mas raramente é completamente indisponível. Apesar desta “liberdade” de acesso aos alimentos, há muitas circunstâncias que atuam sobre os animais e podem restringir a ingestão voluntária de alimentos.

Neste aspecto, os fatores que a controlam e influenciam a ingestão de nutrientes pelos animais são de grande importância para os pecuaristas em todo o mundo. Se o consumo voluntário é muito baixo, a produção tende a ser deprimida, pois a energia contida no alimento tem por preferência suprir as exigências de manutenção, ocasionando assim uma baixa eficiência de conversão alimentar.

Para se planejar um programa de alimentação ou decidir a formulação ideal de uma dieta que atenda às necessidades dos animais em condições de alimentação à base de forragem, *ad libitum*, é necessário ser capaz de prever o nível de consumo voluntário dos alimentos fornecido a estes animais (FORBES, 2007).

Porém, o manejo alimentar de ruminantes é relativamente complexo, principalmente devido à dificuldade em se estimar com precisão o consumo de nutrientes provenientes dos alimentos volumosos, seja em condição de pastejo (DELAGARDE et al., 2011a) ou com animais estabulados (BRYANT; DONNELLY, 1974; O'DOHERTY et al., 1997; VRANIĆ et al., 2008). Além disso, para

melhorar a previsão de consumo, é preciso considerar uma abordagem integrada como um meio de entendimento na regulação da ingestão alimentar em ruminantes, o que ainda não foi bem esclarecido (FISHER, 2002). Neste sentido, ferramentas de apoio desenvolvidas para auxiliar o manejo alimentar precisam ser capazes de prever adequadamente o consumo de forragem pelos animais em diferentes situações de manejo.

Neste sentido, muitos modelos têm sido desenvolvidos para prever o consumo voluntário de matéria seca (CMS) e estão sendo testados há algum tempo (FAVERDIN, 1992; INGVARTSEN, 1994). Estes podem ser agrupados em três classes principais: (I) as equações em que o CMS é diretamente predito utilizando regressão linear múltipla, misturando os fatores: animais e as características da dieta, (II) modelos com base na limitação da ingestão por regulação metabólica e física ou (III) sistemas de unidade de enchimento (UE), os quais misturam parâmetros físicos e metabólicos por meio de diferentes valores de saciedade dos alimentos.

Apesar das diferentes abordagens para a predição de consumo em ruminantes, elas ainda necessitam de uma integração, a fim de resolver as peculiaridades intrínsecas dos modelos. Regressões múltiplas (I) não permitem a simulação de uma grande diversidade de animais e manejos alimentares. Modelos baseados na limitação da ingestão por regulação física ou metabólica (II) são conceitualmente interessantes, mas possuem alguma dificuldade em levar em conta todos os fatores envolvidos na regulação da ingestão de matéria seca com estes dois fatores limitantes. Os sistemas de UE (III), com base na substituição entre alimentos, são mais empíricos e exigem mais medidas *in vivo*, porém demonstram melhor ajuste para uma grande diversidade de situações (FAVERDIN et al., 2011).

Existem inúmeros sistemas de produção de ruminantes, que variam desde alimentação com zero de pastagem até a utilização de pastagens em zonas áridas. Em todos os sistemas de produção, é geralmente economicamente mais viável e ambientalmente correto maximizar a proporção de forragem na dieta para minimizar os custos de alimentação e reduzir o uso de recursos naturais não renováveis. Desta forma, a forragem é reconhecida como uma fonte de nutrientes de baixo custo nos sistemas de produção. Além disso, o aumento da demanda por produtos de origem animal, concomitante com a alta dos custos dos insumos nos últimos anos, vem evidenciando a vantagem da maximização da proporção de forragem na dieta destes animais. No entanto, a utilização eficiente dos recursos forrageiros precisa de conhecimento profundo de aspectos relacionados ao comportamento

alimentar e às escolhas de dieta dos animais (BAUMONT et al., 2000; PÉREZ-PRIETO et al., 2011b).

O consumo dos alimentos volumosos pode ser limitado de acordo com o valor nutritivo ou as características específicas do alimento, tornando-se de suma importância o estudo e o conhecimento dos efeitos destas alterações no tipo dos alimentos oferecidos aos animais de produção. Deficiências nutricionais são mais frequentes em ruminantes quando são ofertadas dietas com alimentos volumosos altamente fibrosos, os quais são digeridos lentamente, e seu desaparecimento do rúmen estabelece um limite para a ingestão de mais alimentos. Este problema pode ocorrer também quando outros órgãos abdominais estão competindo por espaço (útero, gordura), quando as exigências de energia são muito altas (início da lactação), ou quando o alimento é deficiente em um componente essencial, como proteína e energia. (FORBES, 2007).

Na alimentação de ruminantes, o objetivo geral é alcançar o consumo máximo de volumoso, juntamente com o subsídio mínimo de concentrados necessários a fim de que toda a dieta satisfaça às necessidades dos animais com a melhor relação custo/benefício possível (JARRIGE, 1989). Dessa forma, a otimização da produção depende, em grande parte, dos custos relativos dos alimentos, de seus valores nutritivos e da resposta de produção às mudanças na quantidade e qualidade dos alimentos. Por exemplo, dependendo das circunstâncias, pode ser economicamente mais eficiente diminuir o nível de fornecimento de um suplemento, para que o consumo de forragem seja otimizado, aumentando assim a ingestão de nutrientes provenientes de fontes de menor custo.

Nesse sentido, a pastagem é a mais barata fonte de forragem disponível e possui um elevado valor nutritivo, por conseguinte, é uma prática comum para maximizar a proporção de forragem pastejada na dieta de ruminantes. Esta vantagem econômica só é obtida quando a utilização de forragem pastejada é alta. Embora sejam exigidas altas taxas de ingestão de forragem para a maximização da produção, se não administrada corretamente, esta prática pode resultar em menor produção por unidade de área de pastagem e pode conduzir a uma degradação valor nutritivo da forragem da pastagem (MORRISON; PATTERSON, 2007).

Para alimentação em pastejo, assim como em confinamento, o consumo é dependente de características do animal e do alimento, e também em fatores não-nutricionais, relacionados com o dossel e o manejo da pastagem. De acordo com o sistema de pastejo e do período

do ano, o consumo diário de forragem em pastagens pode ser limitado principalmente pela estrutura do pasto (altura do pasto, massa de forragem, densidade, relação folha/colmo), pressão de pastejo (lotação, oferta de forragem, altura pós-pastejo) e tempo diário de pastejo (DELAGARDE et al., 2011a). Estes fatores afetam principalmente a motivação animal para comer através de limitações comportamentais de curto prazo (massa do bocado ou taxa de consumo) ou médio prazo (tempo de pastejo). Entretanto, a abordagem conceitual baseada nos processos de curto prazo parece difícil de incluir nos modelos de consumo de forragem utilizados em situações a campo por três razões principais: (I) é necessário a descrição precisa e dinâmica ou predição da estrutura da estação de pastejo, o que é difícil de conseguir; (II) a ligação entre comportamento de curto prazo em pastejo e ingestão diária sob manejo de pastejo em faixa ou rotacional não é bem estabelecida, tornando difícil a validação das diferentes etapas e os pressupostos do modelo; (III) a influência da suplementação com concentrado ou forragem sobre o consumo da forragem base é desconhecida (DELAGARDE et al., 2011a).

A estrutura geral dos modelos existentes para ingestão de forragem depende em grande parte da escala de tempo em que determinados limites não-nutricionais para consumo são considerados. Alguns modelos baseiam-se nos processos de curto prazo de desfolhamento e nas estimativas dinâmicas da massa de bocados, tempo por bocado e tempo de pastejo (SMALLEGANGE; BRUNSTING, 2002; BAUMONT et al, 2004). Outros consideram que os animais pastam sucessivamente diferentes pools de qualidade homogênea no pasto, *pools* de melhor qualidade a ser selecionado antes dos *pools* de pior qualidade durante o processo de pastejo (SIBBALD et al, 1979; FREER et al, 1997.). Finalmente, outros consideram diretamente uma resposta integrada dos animais para a estrutura do pasto ou restrições de oferta (DELABY et al., 2001; CROS et al. 2003; HEARD et al., 2004). Infelizmente, a maioria desses modelos não consideram possíveis interações entre animais e manejo do pasto com os alimentos suplementados, tornado-se um fator limitante nestes modelos.

2.2 SUPLEMENTAÇÃO E CONSUMO VOLUNTÁRIO

Qualquer sistema de produção baseado em forragem possui um problema comum que é a variação da produção de biomassa ao longo do ano. Há sempre ciclos de maior produção alternados com ciclos de menor produção, o que varia é a amplitude da produção e escassez, e os

períodos do ano em que isso ocorre. Estes ciclos geralmente são condicionados por fatores climáticos, influenciando diretamente (temperaturas extremas, neve, geadas, etc.) ou indiretamente (falta ou excesso de água, pluviosidade).

No outono, as condições meteorológicas costumam afetar negativamente o crescimento das pastagens, prejudicando assim a disponibilidade de forragem (PÉREZ-PRIETO et al., 2011b). Existem situações extremas, como em alguns locais na América do Norte, por exemplo, em que o período de escassez de forragem supera o período de produção. Na Irlanda, devido ao padrão de crescimento sazonal das pastagens, o uso de suplementos tem papel importante nos sistemas de produção (BURKE et al., 2008). Na Europa, os ruminantes não pastam durante todo o ano e são muitas vezes alimentados com suplementos (forragem ou concentrados) durante o pastejo, sendo que as gramíneas ensiladas possuem grande importância, uma vez que são uma das principais fontes de nutrientes nas épocas de falta de forragem (YAN; AGNEW, 2004; DELAGARDE et al., 2011a).

Em regiões tropicais, também observa-se grande sazonalidade na produção e qualidade da forragem. No Brasil não é diferente, pois existem períodos de sobras e períodos de falta de forragem para os animais, sendo que a sazonalidade na produção de forragem também é um problema para a produção pecuária. Uma das principais limitações é a carência de forragem no período outonal, quando as espécies de verão já completaram seu ciclo e as de inverno ainda não estão prontas para utilização. Uma das mais sérias limitações à atividade pecuária em regiões com predominância de pastagens naturais é o padrão estacional de produção de forragem, concentrando-se o período de maior carência entre os meses de março a setembro, por causa da paralisação do crescimento das espécies estivais, principal componente das pastagens nativas (MEINERS, 2009). A região sul do Brasil, por exemplo, apresenta inverno rigoroso e verão ameno com chuvas bem distribuídas ao longo do ano, sendo assim nos meses de maio a setembro as baixas temperaturas da região fazem com que as forrageiras nativas, na sua maioria de clima tropical tenham suas taxas de crescimento reduzidas. Na região Central e Norte do Brasil o problema é semelhante, porém a causa não é a baixa temperatura, mas sim a falta de chuva.

Com este panorama, o desafio dos sistemas de produção é conseguir manejar de forma sustentável a oferta variável de forragem com a demanda dos animais ao longo do ano. Para isto, restam poucas alternativas que se resumem à: (I) tentativa de regulação da demanda animal pela oferta de forragem – alternando taxa de lotação, categoria

animal e/ou estágio produtivo de acordo com a oferta de forragem, mas que se não é bem manejado pode levar a perdas produtivas (fator que ocorre comumente no Brasil); (II) introdução de culturas forrageiras alternativas que preencham o vazio forrageiro característico em cada região – alternativa possível em poucos lugares no mundo; (III) irrigação em locais onde o vazio forrageiro é devido à falta de água – alternativa onerosa e muitas vezes inviável devido ao alto custo para o armazenamento e distribuição da água, principalmente quando se trata de grandes áreas; (IV) utilização de suplementação com concentrado e/ou volumoso – alternativa mais utilizada no mundo.

Sobre a suplementação, alternativa mais difundida, um ponto chave que precisamos compreender é que o objetivo desta técnica não é necessariamente expressar o máximo potencial de produção de um animal, mas sim encontrar uma melhor relação entre os diferentes objetivos do sistema (rentabilidade, carga de trabalho, qualidade do produto, meio ambiente, gestão do pastoreio, etc), a fim de manter a sustentabilidade da produção animal (FAVERDIN et al., 2011).

Nesse sentido, o produtor geralmente recorre a técnicas de conservação para garantir a oferta de forragem de boa qualidade para os animais no período de maior escassez de alimentos. Isto ocorre principalmente devido a relação custo/benefício, pois das alternativas de suplementação, a utilização de forragem conservada é menos onerosa, seja na forma de feno ou silagem, quando comparada aos concentrados.

Neste panorama, devido ao seu elevado teor de energia por quilograma de matéria seca e rendimento em produtividade por área, a silagem de milho destaca-se mundialmente como o volumoso mais utilizado como suplemento em confinamentos, semi-confinamentos ou em pastejo (FONTANELI et al., 2007). Sendo que esta se tornou parte integrante dos sistemas de produção de ruminantes desde meados a década de 60, inicialmente na produção leiteira na Europa e América do Norte (MORAN et al., 1988)

Assim, o uso de forragens conservadas – com destaque para a silagem de milho – na dieta de ruminantes tem se tornado uma prática cada vez mais comum, tanto em sistemas intensivos como semi-intensivos, em que o pasto durante determinada época do ano, não é capaz de fornecer os nutrientes em qualidade e quantidade suficientes para alimentar os rebanhos (PÉREZ-PRIETO et al., 2011b).

Por outro lado, não existem estudos suficientes para determinar as diferenças no consumo de matéria seca entre as forragens conservadas, bem como sobre a interação entre estas e/ou forragens verdes (ALLEN, 2000), sendo que os poucos trabalhos publicados

apresentam resultados conflitantes. Vranić et al. (2008), por exemplo, verificaram diferenças no consumo de matéria seca total em ovinos, o qual aumentou com a suplementação de silagem de milho (*Zea Mays*: 264 g/kg de MS; 955 g/kg de MO; 62 g/kg de PB; 582 g/kg de FDN) em dietas a base de pré-secado formado predominantemente por gramíneas (81% = *Dactylis glomerata* L.: 463 g/kg de MS; 914 g/kg de MO; 90 g/kg de PB; 705 g/kg de FDN), quando oferecido misturados. Por outro lado, estudos com bovinos em dietas baseadas em azevém perene (*Lolium perenne*), encontraram resultados diversos: em condições de oferta *ad libitum*, Bryant e Donnelly (1974) encontraram queda no consumo total de MS quando a silagem de milho foi incorporada na dieta totalmente misturada; com baixa oferta de forragem (15 kg MS/vaca/dia), os animais em pastejo mantiveram um mesmo consumo total, apesar da inclusão da silagem de milho (Burke et al. 2008); Woodward et al. (2002), verificaram que, de acordo com a variação da oferta de azevém, mantendo-se o nível de suplementação com silagem de milho (5 kg MS/vaca/dia), o consumo total foi modificado, aumentando com oferta restrita (25 kg MS/vaca/dia) e diminuindo quando a oferta foi *ad libitum* (50 kg MS/vaca/dia). Pérez-Prieto et al. (2011b), mantendo o mesmo nível de suplementação baseada em silagem de milho e variando três diferentes ofertas, atribuíram o aumento linear do consumo total ao aumento de oferta da forragem base.

A falta de compreensão dos fatores que influenciam o consumo em animais recebendo suplementação à base de forragem impacta negativamente na correta previsão da ingestão, variável essencial para prever a captação de nutrientes pelos ruminantes, e, conseqüentemente, estimar os parâmetros produtivos destes animais.

2.3 EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO

A suplementação permite que sejam obtidas, simultaneamente, alta produção individual e por área. A eficiência produtiva dos animais é dependente dos efeitos associativos e substitutivos do consumo de suplemento sobre o consumo de forragem (PÖTTER, 2008).

Segundo Benez (2007), o efeito associativo é um processo digestivo que ocorre no interior do rúmen, onde os nutrientes que provêm de diferentes fontes como o concentrado e o volumoso, podem integrar-se no ambiente ruminal com influência na resposta produtiva do animal. Contudo, este efeito pode surgir de forma positiva ou negativa. O efeito associativo positivo é observado quando se obtém melhoria no desempenho animal, como resultado da combinação de um suplemento

nutricionalmente equilibrado com uma forragem de baixa qualidade, contornando-se, assim, as limitações nutricionais desta em relação aos microrganismos do rúmen ou ao animal. Neste caso, ingestões do suplemento e da forrageira apresentam efeito aditivo. De outra forma, o efeito associativo negativo caracteriza-se pela perda na eficiência nutricional, representada principalmente pela menor digestão da fibra.

Em relação a digestibilidade, efeitos associativos ocorrem quando a digestibilidade aparente de uma mistura de alimentos não é igual à média ponderada das digestibilidades de seus componentes. A maioria dos efeitos associativos são negativos (não-aditivos), com a digestibilidade aparente de uma mistura de alimentos menor do que as digestibilidades individuais destes alimentos (MOULD, 1983).

O efeito associativo positivo ocorrerá quando um nutriente limitante para a microbiota ruminal, geralmente correlacionado com forrageiras de baixa ou média qualidade, é fornecido pelo suplemento que contenha a concentração deste e atenda a exigência do animal. Ao contrário, tendo a forrageira uma qualidade de média para boa, o fornecimento de suplementos ricos em energia com carboidratos rapidamente fermentáveis, poderá gerar um tipo de interação com a microbiota e gerar um efeito negativo sobre o desaparecimento da fibra.

Em relação ao consumo, efeitos associativos positivos são geralmente devidos ao fornecimento de nutrientes limitantes, aqueles deficientes na forragem. Efeitos associativos negativos ocorrem freqüentemente, e podem causar diminuição na eficiência alimentar (DIXON; STOCKDALE, 1999). Para Barbosa et al. (2001), os efeitos aditivos se dão quando o consumo de suplemento se agrega ao consumo atual do animal, e ocorrem quando existe um estímulo ao consumo de forragem ou mediante o favorecimento da ação dos microorganismos, comumente pelo fornecimento de alimentos protéicos.

Nesse contexto, a utilização da suplementação como estratégia para incrementar a produção animal, requer uma compreensão dos efeitos de diferentes tipos de suplementos, que podem alterar a ingestão de matéria seca, digestibilidade da dieta, taxa de substituição e, conseqüentemente, o desempenho animal e a rentabilidade do sistema (BARGO et al., 2003).

Moore et al. (1999) cita que além da suplementação poder proporcionar efeitos associativos, também pode ocasionar efeitos substitutivos, com conseqüências importantes na eficiência de utilização dos nutrientes.

Os efeitos do suplemento sobre o consumo de matéria seca podem ser substitutivos, quando o consumo de suplemento diminui o

consumo de forragem, sem melhorar o desempenho do animal (BARBOSA et al., 2001; GOES et al. 2005).

Benez (2007) considera que a redução na ingestão do volumoso base é resultado do efeito substitutivo da ingestão de forragem pelo suplemento, e ocorre quando este constitui porção considerável da dieta total.

Efeitos sobre o consumo voluntário de forragem (efeitos de substituição) são, geralmente, muito maiores do que sobre a digestibilidade dos componentes fibrosos, embora as mudanças no consumo de forragem possam ser uma consequência de mudanças na taxa de digestão dos componentes fibrosos (DIXON; STOCKDALE, 1999). Contudo, os efeitos substitutivos da suplementação com um alimento volumoso sobre a ingestão de forragens tem sido menos estudado.

Portanto, é essencial a obtenção de informações que possam alimentar a construção de modelos capazes de preverem a ingestão, independentemente da dieta. Além disso, a correta predição combinada com outros sistemas para avaliar as qualidades nutricionais das dietas, torna possível a análise crítica dos possíveis benefícios dos suplementos oferecidos.

2.4 TAXA DE SUBSTITUIÇÃO

A suplementação pode provocar alterações no consumo de volumoso, de modo que ocorra substituição de parte da forragem base da dieta pelo suplemento (taxa de substituição).

A taxa de substituição consiste na redução do consumo de matéria seca do pasto por quilograma de matéria seca ingerida de suplemento (MINSON, 1990). Segundo Pérez-Prieto et al. (2011a), esta taxa é importante, pois influencia diretamente nas respostas produtivas e financeiras dos sistemas pecuários.

Para Pötter (2008), a relação entre a taxa de substituição e o aumento no desempenho dos animais em pastejo é geralmente negativa. Segundo Forbes (2007), a taxa da substituição pode ser elevada se a entrada de energia metabolizável for elevada em relação às exigências do animal ou se o suplemento apresentar efeitos adversos na digestão ruminal da fibra.

O efeito substitutivo pode estar associado às alterações negativas: sobre o ambiente ruminal, ocasionados pela ingestão do suplemento (DIXON; STOCKDALE, 1999); ou sobre o tempo despedido ao consumo da forragem base, como, por exemplo, a redução

no tempo destinado à ingestão da forragem de base (KRYSL; HESS, 1993; BARGO et al., 2003).

Se a diminuição no consumo de forragem for igual à quantidade do suplemento consumido, a taxa de substituição será igual a um e o suplemento terá pouco efeito no desempenho individual (BARGO et al., 2003). É desta forma que os sistemas de alimentação em geral consideram a taxa de substituição de MS de um alimento volumoso por outro volumoso, ou seja, consideram que ela é constante e igual a 1, independente das condições de manejo e das características dos alimentos (INRA, 2007).

2.4.1 Relação entre os alimentos e a taxa de substituição

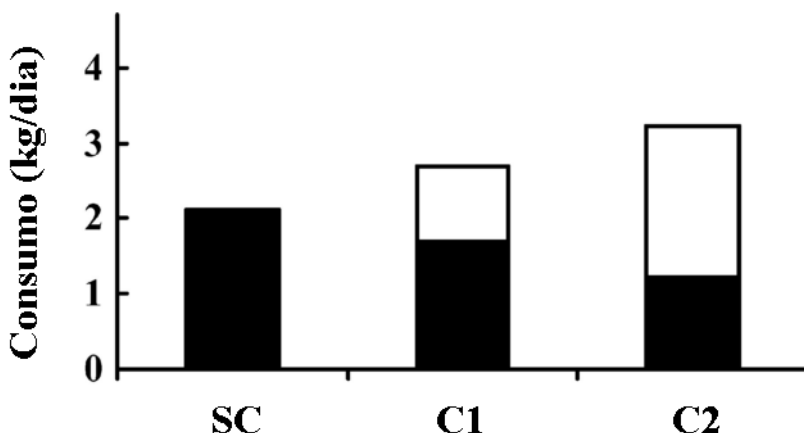
Os efeitos da suplementação com alimentos concentrados sobre a taxa de substituição são relativamente conhecidos. Em estudo com alta oferta de forragem, Meijs (1986) observou taxa de substituição diferente quando utilizado concentrado rico em amido e rico em pectina, a qual foi reduzida de 0,45 para 0,21, respectivamente. Ao estudar o efeito da inclusão de concentrado em bovinos à pasto, Bargo et al. (2003) verificaram, através de revisão bibliográfica, respostas negativas ao consumo de forragem, que foi 13% menor nos animais suplementados. Além disso, foi verificado que esta diminuição no consumo foi relacionada com a diminuição no tempo de pastejo, que diminuiu em 12 minutos por dia para cada kg de concentrado suplementado. A taxa de substituição média observada foi de 0,4, e variaram de 0 a 0,7. Recentemente, Imamidoost e Cant (2005) publicaram um modelo dinâmico para estimar o tempo de alimentação e nível de suplementação para ovelhas de alta produção em pastejo. Apesar da baixa precisão de algumas das suas previsões (MOLLE et al., 2008), este modelo foi capaz de prever a variação da taxa de substituição de forragem por suplemento (Figura 1).

Neste caso, o modelo previu o aumento do consumo de matéria seca total e o efeito do aumento na taxa de substituição em níveis crescentes de suplementação concentrada. Nesse sentido a substituição entre concentrado e pastagens é geralmente semelhante tanto para os ovinos quanto para os bovinos (BOCQUIER et al., 1988).

De outra forma, os efeitos da suplementação com alimentos volumosos sobre a taxa de substituição ainda não são muito bem elucidados. Nesse sentido, pesquisas demonstram que a oferta de silagem de milho para vacas leiteiras em pastejo diminui a ingestão de pasto, como resultado da substituição da forragem base por forragem

suplementar. Os valores encontrados variam de 0,4 a 1,0 kg de forragem base substituída por kg de forragem suplementar ingerida (MORRISON; PETERSON, 2007; BURKE et al., 2008; PÉREZ-PRIETO et al., 2011b).

Figura 1 - Taxa de substituição da forragem base por concentrado. Simulação do consumo diário de forragem (barras pretas) e concentrado (barras brancas). SC = sem concentrado; C1 = suplementação de 1 kg/dia; C2 = suplementação de 2 kg/dia.



Fonte: adaptado de IMAMIDOOST; CANT (2005).

Assim, o efeito da substituição parece estar diretamente relacionado com o tipo de suplementação, sendo que volumosos ou concentrados apresentam efeitos diferentes. Morrison e Patterson (2007), em um estudo com bovinos leiteiros, testaram a influência de vários tipos de suplementos sobre o consumo de forragem. Para uma oferta de 20 kg de MS/animal/dia, as taxas de substituição variaram de 0,2 a 0,6. Para a suplementação com concentrados as taxas variaram de 0,2 a 0,3, sendo que as taxas de substituição para os suplementos volumosos também foram muito semelhantes entre as diferentes forragens, variando de 0,5 a 0,6.

Por outro lado, Burke et al., (2008) encontraram taxas de substituição semelhantes entre silagem de milho e concentrados, que variaram de 0,4 a 0,5. Neste experimento, foram comparados cinco

tratamentos: Alta oferta de forragem (20 kg MS/animal/dia); Baixa oferta de forragem (BO, 15 kg MS/animal/dia) sem suplementação; BO + 4 kg de MS de silagem de milho; BO + 4 kg de MS de concentrado alta proteína; BO + 4 kg de MS de concentrado baixa proteína. A produção de leite só foi afetada no tratamento com baixa oferta de forragem sem suplementação que foi de 15,2 kg/dia contra 17,2 kg/dia em média dos outros tratamentos. A taxa de substituição foi de 0,44 para suplementação com silagem de milho, 0,45 para o concentrado com alta proteína e 0,54 para o concentrado com baixa proteína.

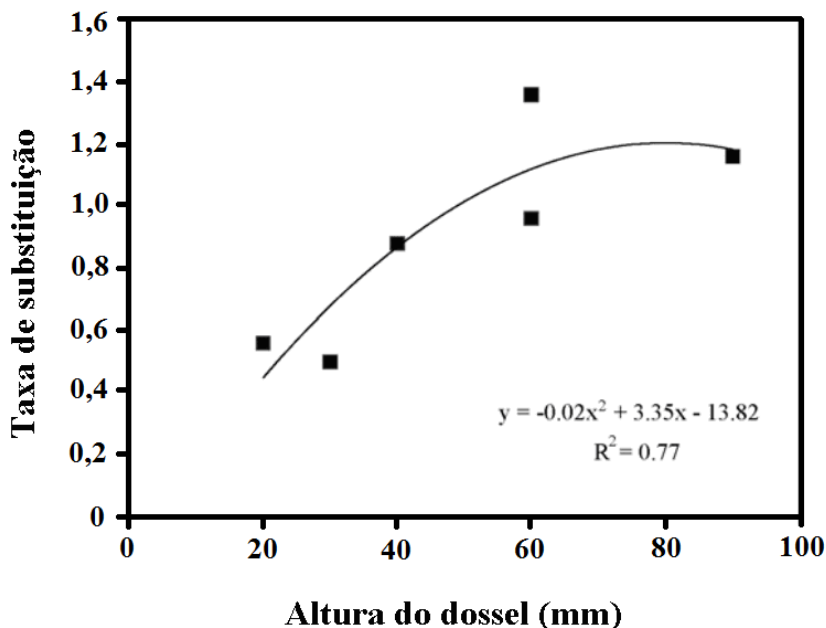
Outro fator que parece estar intimamente ligado ao efeito de substituição é o nível de oferta da forragem base, tanto para suplementação com concentrados quanto para a suplementação com volumosos.

Em um estudo com bovinos de corte com forragem de ciclo hibernal, French et al. (2001) analisaram a suplementação com concentrado em diferentes ofertas de forragem. Os autores verificaram aumento na taxa de substituição à medida que aumentou a oferta de forragem base. Em baixa oferta de forragem base (6 kg MS/animal/dia) não houve substituição, mas em média (12 kg MS/animal/dia) e alta (18 kg MS/animal/dia) oferta as taxas de substituição médias foram, respectivamente, 0,4 e 0,8. Estes resultados estão relativamente próximos ao predito por Delagarde et al. (2011b) para suplementação com concentrado, uma vez que segundo estes autores a taxa de substituição varia entre 0 e 0,6, quando a oferta de forragem base varia de baixa à alta, o que é um valor comum observado por diversos autores (MEIJIS; HOEKSTRA, 1984; STOCKDALE, 2000).

Em um estudo com ovelhas mantidas em piquetes de azevém sob lotação contínua com diferentes alturas (30, 60 e 90 milímetros de altura comprimida do dossel, 1,4, 2,85 e 3,19 toneladas MS/ha) e suplementado com 500 g/dia de milho inteiro por animal, a taxa de substituição aumentou à medida que aumentou a oferta da pastagem (Figura 2).

Pérez-Prieto et al. (2011a), comparando o efeito da suplementação com silagem de milho em diferentes ofertas de forragens para vacas leiteiras, encontraram taxas de substituição menores em baixa (23 kg MS/animal/dia) do que em alta (55 kg MS/animal/dia) oferta de forragem, em média 0,5 e 0,8, respectivamente.

Figura 2 - Taxa de substituição da forragem base por grão de milho (%) em ovelhas leiteiras mantidas em pastagem de azevém sob diferentes alturas comprimidas de dossel.



Fonte: adaptado de Molle et al. (1997) e Molle et al. (2008).

Após vasta compilação de experimentos, Delagarde et al. (2011b) sugerem um modelo de previsão de consumo para vacas em lactação alimentadas à base de pasto, o qual prevê um aumento médio na taxa de substituição de 0,03 por kg de matéria seca adicional da ingestão do concentrado. O modelo prevê maiores taxas de substituição para volumosos do que para suplementação com concentrados, juntamente com o aumento da taxa de substituição com o aumento da oferta de forragem. A previsão da taxa de substituição média entre silagem de milho e pastagem (gramíneas) é de 0,8 para condições de pastoreio habituais, variando nas simulações para baixa a alta oferta de forragem de 0,4 a 1,1, respectivamente. Estes resultados corroboram com Phillips (1988) *apud* Delagarde et al. (2011b), que relata em sua revisão taxas de substituição média entre gramíneas pastejadas e forragens suplementadas de 0,3 – com restrição de forragem – até 1,0 – sem restrição de forragem. O modelo também mostra que a taxa de

substituição entre forragem e silagem de milho suplementar aumenta com o aumento do nível de consumo de silagem de milho, como já encontrado por Bryant e Donnelly (1974) com vacas leiteiras confinadas alimentadas com forragem fresca *ad libitum*.

2.4.2 Consequências do efeito de substituição

A taxa de substituição é um fator importante que contribui para a resposta de produção (isto é, produção extra por quilograma de suplemento). Esta taxa pode ser influenciada por vários fatores, entre eles a disponibilidade de forragem base, geralmente ela aumenta de acordo com o aumento da oferta de forragem. De acordo com Pérez-Prieto et al (2011a), o maior benefício de suplementação com forragens é obtida quando a disponibilidade de forragem base é limitada.

Delagarde et al. (2011b) também demonstram que a produção de leite em animais suplementados com silagem de milho possui forte interação com a oferta de forragem base. Na baixa oferta de forragem base, aumenta a produção de leite com o consumo de silagem de milho como uma resposta positiva ao maior consumo de matéria seca. Na média oferta de forragem base, a resposta média de produção de leite para a suplementação de forragem está perto de 0 kg de leite por kg de MS de silagem de milho. Na alta oferta de forragem base, a produção de leite diminui quando as vacas são suplementadas com silagem de milho. Tudo indica que estes fatores estão relacionados principalmente aos efeitos da taxa de substituição. Stockdale (2000), em experimentos com suplementação de bovinos em pastejo, relatou que incrementos na produção foram negativamente relacionados com a taxa de substituição, corroborando com a afirmativa supracitada.

Geralmente, quando a disponibilidade de forragem base não é limitante (isto é, disponibilidade elevada), a taxa de substituição é elevada (0,5 a 1,0) e a resposta de produção de leite é muito baixa (isto é, <0,4 kg / kg de MS de silagem de milho; MORAN et al., 1988; MORRISON; PETTERSON, 2007). Por outro lado, em condições de baixa disponibilidade de forragem base, a taxa de substituição é baixa (0,0 a 0,4) e altas respostas de produção de leite são registradas (isto é, 0,4 a 1,0 kg / kg de MS de silagem de milho; WOODWARD et al., 2002; BURKE et al., 2008).

A taxa de substituição também pode variar em função do valor nutritivo da forragem base. Normalmente, forragens de baixo valor nutritivo sofrem menor efeito de substituição quando comparadas com forragens de alto valor nutritivo. Forragens de alta qualidade apresentam

maiores taxas de substituição (BARGO et al., 2003), como é o caso de gramíneas e leguminosas de clima temperado que apresentam alta digestibilidade (DIXON; STOCKADALE, 1999).

2.4.3 Considerações finais sobre efeito de substituição

Pode-se dizer que existe uma correlação negativa entre taxa de substituição e produção, ou seja, quanto menor for a taxa de substituição, maior será a resposta da suplementação em relação à produção.

Em relação ao pasto, os fatores que mais interferem na taxa de substituição são a oferta de forragem, altura do dossel, espécies pastejadas, massa de forragem e qualidade do pasto. Em relação ao suplemento, os fatores que mais interferem na taxa de substituição são relacionados ao tipo e quantidade de suplemento fornecido (BARGO et al., 2003).

Como observado, a taxa de substituição é influenciada por vários fatores, sendo praticamente impossível prever valores corretos sem a realização de maior número de estudos. Além disso, os poucos dados existentes sobre a relação entre o nível de suplementação com silagem de milho e a taxa de substituição são provenientes de um único estudo (BRYANT; DONNELLY, 1974) em que os níveis de silagem de milho (0, 33, 66 e 100%) foram incluídos na mistura da dieta base.

Dessa forma, a condução deste trabalho se justifica por que existe carência de informações que demonstrem os efeitos nutricionais e as interações digestivas ocorridas quando são utilizados diferentes níveis de suplementação com silagem de milho em dietas a base de forragem de clima temperado.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Determinar efeitos nutricionais do oferecimento de diferentes níveis de silagem de milho (*Zea mays*) em ovinos recebendo oferta irrestrita de silagem pré-secada de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.).

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Quantificar o consumo de forragem e a taxa de substituição da silagem pré-secada de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) por silagem de milho (*Zea mays*);

Determinar a digestibilidade da matéria orgânica da dieta e o nível de ingestão de energia à medida que aumenta o fornecimento de silagem de milho (*Zea mays*);

Determinar o efeito da suplementação com silagem de milho (*Zea mays*) sobre a síntese de proteína microbiana e fluxo diário de nutrientes para o intestino delgado dos animais.

4 HIPÓTESES

A hipótese deste trabalho é que as interações nutricionais e o nível de substituição da silagem pré-secada de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) por silagem de milho (*Zea mays*) é dependente da quantidade de silagem oferecida.

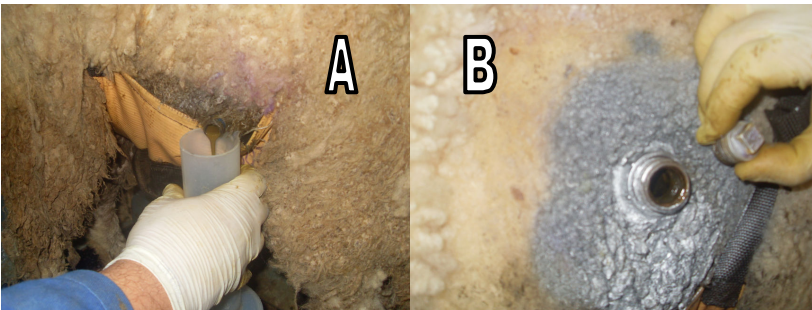
Desta forma é esperado que a taxa de substituição aumente com o aumento do nível de oferecimento do suplemento, podendo ocorrer variações no consumo diário de energia digestível.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 LOCAL, ANIMAIS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O trabalho foi conduzido no município de Lages, SC, Brasil, latitude 27°47' S e longitude 50°18' O, no período de julho a novembro de 2011. O experimento tem o aval do Comitê de Ética em Experimentação Animal (CETEA) da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC (protocolo nº 1.13.11) em concordância com a legislação vigente e as diretrizes éticas formuladas pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal. Foram utilizados oito ovinos mestiços Texel × Ile de France, machos, castrados, com idade de aproximadamente 10 meses e peso vivo (PV) médio inicial de $27,6 \pm 3,5$ kg, sendo os oito dotados de cânula duodenal e quatro com cânula ruminal (Figura 3). Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas e equipados com coletores de urina individuais.

Figura 3 - Exemplificação das cânulas utilizadas. A = cânula duodenal; B = cânula ruminal.



Fonte: produção do próprio autor

O delineamento experimental utilizado foi um Quadrado Latino 4×4 balanceado, com quatro períodos de dezoito dias (doze de adaptação e seis de avaliação), onde cada animal foi considerado uma unidade experimental. O balanceamento foi realizado de forma que cada tratamento fosse precedido e sucedesse a outro tratamento apenas uma vez, para que os efeitos residuais dos tratamentos não exercessem influência sobre a comparação dos efeitos dos tratamentos. Além disso, os tratamentos foram sorteados para os animais com cânula ruminal e

para os animais sem cânula ruminal, de forma com que cada tratamento tivesse um animal com cânula e sem cânula por período.

5.2 TRATAMENTOS EXPERIMENTAIS

As composições bromatológicas dos ingredientes utilizados encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição química da silagem pré-secada de azevém (*Lolium multiflorum* Lam) e da silagem de milho (*Zea mays*) misturado com farelo de soja (*Glycine Max*) na proporção de 9:1 na MS.

	Silagem pré-secada de azevém	Silagem de milho	Farelo de soja
MS (g/kg)	410	290	818
MO (g/kg MS)	875	953	931
PB (g/kg MS)	149	76	559
FDN (g/kg MS)	544	407	288
FDA (g/kg MS)	318	213	130
Lignina (g/kg MS)	20	14	2

MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido;

Fonte: produção do próprio autor

As dietas experimentais foram constituídas pelo oferecimento da forragem base (silagem pré-secada de azevém) *ad libitum*, e diferentes níveis de forragem suplementar (silagem de milho + farelo de soja misturados na proporção de 9:1 com base na MS), dispostos da seguinte maneira:

SS = forragem base (silagem pré-secada de azevém), *ad libitum*, sem suplementação;

SM₅ = forragem base (silagem pré-secada de azevém), *ad libitum*, com oferecimento de 5 g de MS/kg PV de forragem base (silagem de milho + farelo de soja);

SM₁₀ = forragem base (silagem pré-secada de azevém), *ad libitum*, com oferecimento de 10 g de MS/kg PV de forragem base (silagem de milho + farelo de soja);

SM₁₅ = forragem base (silagem pré-secada de azevém), *ad libitum*, com oferecimento de 15 g de MS/kg PV de forragem base (silagem de milho + farelo de soja);

A proporção de farelo de soja foi ajustada de acordo com o sistema proteína digestível no intestino (PDI, INRA, 2007) para que a síntese de proteína microbiana não fosse limitada pela disponibilidade de N em nenhum tratamento. Para isto a proporção de farelo de soja utilizada foi calculada pela dieta SM15 – em que a proteína era mais limitante – e utilizada para todos os tratamentos, conforme Pérez-Prieto et al. (2011).

Os animais não suplementados tiveram acesso à forragem base (silagem pré-secada de azevém) durante 24 horas, a qual foi oferecida duas vezes ao dia, às 8h e às 14h. Os animais suplementados tiveram acessos exclusivos à forragem suplementar (silagem de milho + farelo de soja) por seis horas, a qual era oferecida uma vez ao dia das 8h às 14h, e a forragem base (silagem pré-secada de azevém) por 18 horas, a qual era oferecida uma vez ao dia, das 14h às 8h do dia seguinte. A forragem base foi oferecida em quantidade que permitisse, no mínimo, 15% de sobras. Para isso, as sobras foram mensuradas diariamente, e a quantidade a ser oferecida foi definida com base no consumo médio dos três últimos dias anteriores ao dia da oferta. Todos os animais tiveram acesso contínuo a água e sal mineral.

5.3 AMOSTRAGEM

As forragens oferecidas e suas sobras foram pesadas diariamente e amostradas do décimo terceiro ao décimo sétimo dia de cada período experimental. Neste mesmo período, o total de fezes e urina produzidos por animal foram quantificados diariamente. As fezes foram pesadas às 16h e amostras foram coletadas na razão de 100 g/animal, secas em estufa com ventilação forçada a 60° C por 72 horas e moídas em peneira de 1,0 mm para realização das análises laboratoriais.

A urina produzida diariamente por animal foi canalizada para recipientes contendo de 100-120 ml de solução H₂SO₄ 200 ml/l (v/v), para reduzir o pH abaixo de 3,0 e evitar degradação bacteriana dos derivados de purinas (CHEN; GOMES, 1995; SANTOSO et al., 2006). Alíquotas de 1% foram coletadas, filtradas em gaze e diluídas em balões volumétricos de 100 ml com água destilada. As amostras diárias de urina constituíram uma amostra composta por animal por período, a qual foi armazenada a temperatura de -20°C para realização das análises laboratoriais.

Os fluidos duodenal e ruminal foram coletados nos dois últimos dias de cada período experimental em intervalos de seis horas, adiantando-se em 3 h o horário da coleta no segundo dia em relação ao

primeiro, perfazendo oito horários de coleta: 01h, 04h, 07h, 10h, 13h, 16h, 19h e 22h. Foram coletados 120 ml de fluido duodenal por animal em cada horário. Estas amostras foram compostas por animal em cada período e armazenadas a temperatura de -20°C para realização das análises laboratoriais. Sobre o fluido ruminal, foram coletados 100 ml por animal em cada horário, e imediatamente após a coleta o pH foi mensurado e o fluido filtrado em gaze. Para determinação da concentração de N-NH_3 , foi separada uma alíquota de 18,0 ml, a qual foi acidificada com 2,0 ml de solução H_2SO_4 200 ml/l (v/v) (CECAVA, 1991). As amostras foram armazenadas em frascos de polietileno a temperatura de -20°C para posterior realização das análises laboratoriais.

5.4 ANÁLISES LABORATORIAIS

Os teores de MS foram determinados por secagem estufa a 105°C por 24 horas. O conteúdo de cinzas foi quantificado por combustão em forno mufla a 550°C por 4 horas e a matéria orgânica (MO) por diferença de massa. O N total foi analisado pelo método Kjeldahl (Method 984.13; AOAC, 1995). As determinações de fibra em detergente neutro (FDN) incluíram o uso de alfa amilase, sem o uso de sulfito de sódio, e realizada conforme proposto por Mertens (2002), com exceção do fato que as amostras foram pesadas em sacos filtrantes e tratadas com solução detergente neutro em um equipamento ANKOM (ANKOM Technology, Macedon NY, USA). As concentrações de fibra em detergente ácido e lignina foram analisadas conforme o método nº 973.18 do AOAC (1997). A concentração de N amoniacal no sobrenadante das amostras de fluido duodenal e no líquido ruminal foi medida pelo procedimento descrito por Weatherburn (1967). Nas amostras de urina, as concentrações de alantoina e ácido úrico foram determinados de acordo com o descrito por Chen e Gomes (1995). A xantina e a hipoxantina foram convertidas à ácido úrico com uso de xantina oxidase e a alantoina e o ácido úrico foram determinados por meio de um kit comercial (LABTEST, Lagoa Santa MG, Brazil). Os valores de derivados de purinas (DP) foram o resultado da soma de ácido úrico e alantoina, sendo o ácido úrico originado da soma de ácido úrico, xantina e hipoxantina.

5.5 CÁLCULOS

O consumo de forragem foi medido pela diferença entre quantidade oferecida e as sobras entre o décimo terceiro e o décimo sétimo dia de cada período. Os consumos de matéria orgânica e dos constituintes da matéria orgânica das forragens foram calculados a partir da quantidade de nutriente oferecido menos a quantidade do mesmo encontrado nas sobras.

$$\text{Consumo} = \text{oferecido} - \text{sobras}$$

A taxa de substituição foi calculada pela relação entre a quantidade que deixa de ser ingerida de forragem base pela quantidade consumida de forragem suplementar:

$$TS = \frac{(\text{CFBe} - \text{CFBs})}{\text{CFS}}$$

Onde:

CFBe = consumo de forragem base com acesso exclusivo a forragem base;

CFBs = consumo de forragem base com acesso a forragem base e suplementar;

CFS = consumo de forragem suplementar com acesso a forragem base e suplementar.

A digestibilidade aparente (DA) da matéria seca, da matéria orgânica e dos constituintes da matéria orgânica das forragens foi calculada pela diferença entre a quantidade ingerida e excretada nas fezes.

$$DA = \text{ingerido} - \text{fezes}$$

A digestibilidade verdadeira da matéria orgânica (DVMO) foi estimada de acordo com Mulligan et al. (2002), assumindo que a quantidade de FDN excretado representa a MO indigestível do alimento:

$$DVMO (\%) = \frac{(\text{consumo de MO} - \text{FDN excretado}) \times 100}{\text{Consumo de MO}}$$

A digestibilidade ruminal (DR) dos nutrientes foram calculadas através da relação entre a diferença da concentração entre os nutrientes ingeridos e no duodeno, pela diferença da concentração entre os nutrientes ingeridos e nas fezes:

$$DR = \frac{\text{nutriente ingerido} - \text{concentração no duodeno}}{\text{nutriente ingerido} - \text{concentração nas fezes}}$$

A energia metabolizável (EM) da dieta foi calculada a partir da matéria orgânica digestível (MOD) de acordo com AFRC (1993), utilizando-se a equação:

$$EM \text{ (MJ/kg MS)} = 0,0157 \times \text{MOD}.$$

O fluxo duodenal de matéria seca (FIMS) foi calculado pela relação entre a concentração de FDA no duodeno e nas fezes, pela relação:

$$\text{FIMS (g/dia)} = \frac{\text{fFDA (g/kg MS)} \times \text{MSfezes (g/dia)}}{\text{dFDA (g/kg MS)}}$$

Onde:

FIMS = Fluxo intestinal de MS;

dFDA = Teor de FDA no duodeno;

fFDA = Teor de FDA nas fezes;

MSfezes = MS excretada nas fezes.

O fluxo intestinal de cada nutriente (g/dia) foi calculado pelo produto do fluxo intestinal de MS (g/dia) e sua concentração na MS duodenal (g/kg MS).

O fluxo intestinal de nitrogênio não amoniacal (NNA; g/dia) foi calculado pela diferença entre o fluxo total de N (g/dia) e o fluxo de N-NH₃ (g/dia).

$$\text{Fluxo NNA} = \text{Fluxo de N} - \text{Fluxo de N-NH}_3$$

A quantidade de purinas microbianas absorvidas (X, mmol/dia) correspondente ao de derivados de purina (DP) excretado (Y, mmol/dia) foi estimada com base na equação descrita por Chen e Gomes (1995):

$$Y = 0,84X + (0,150PV^{0,75} e^{-0,25X})$$

O cálculo de retenção de X (g/dia) baseado no valor de Y foi realizado utilizando o método de Newton-Raphson como segue:

$$X(n+1) = X_n - \frac{(0,84X + (0,150 PV^{0,75} e^{-0,25X})) - Y}{0,84 - (0,038 PV^{0,75} e^{-0,25X})}$$

O aporte de nitrogênio microbiano (NM) para o duodeno:

$$NM \text{ (g/dia)} = \frac{70X}{(0,83 \times 0,116 \times 1000)} = 0,727X$$

Onde:

70 é a concentração de N nas purinas (mg/mmol);

0,83 é a digestibilidade verdadeira das purinas;

0,116 é a relação de N purinas : N microbiano.

A eficiência da síntese de proteína microbiana no rúmen (ESPM) foi calculada em relação ao consumo de matéria orgânica digestível (CMOD):

$$ESPM = \frac{NM \text{ (g/dia)}}{CMOD \text{ (kg/dia)}}$$

5.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o procedimento PROC MIXED do pacote estatístico SAS (SAS, 1996). A existência de efeitos linear e/ou quadrático do nível de suplementação sobre as variáveis foi testada por meio de contrastes de polinômios ortogonais. A existência de distribuição normal dos dados foi checada pelo teste de Shapiro-Wilk.

O modelo utilizado incluiu os efeitos aleatórios de animal e período, e o efeito fixo de tratamento – nível de inclusão de silagem de milho.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \rho_j + \tau_k + e_{ijk}$$

Onde:

Y_{ijk} = valor observado no i-ésimo animal e j-ésimo período para o k-ésimo tratamento;

μ = média geral;

α_i = efeito aleatório do i-ésimo animal;

ρ_j = efeito aleatório do j-ésimo período;
 τ_k = efeito fixo do k-ésimo tratamento;
 e_{ijk} = erro experimental associado à Y_{ijk} .

Os parâmetros de fermentação ruminal também foram analisados utilizando o procedimento PROC MIXED do SAS. Neste caso, as análises foram realizadas considerando as medidas repetidas no tempo e o modelo levou em conta os efeitos aleatórios de animal e período, além dos efeitos fixos de tratamento, horário de coleta e a interação tratamento \times horário de coleta. Em ambos os modelos a matriz de covariância utilizada foi escolhida de acordo com o critério de informação de Akaike (WOLFINGER et al., 1993).

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \rho_j + \tau_k + \omega_l + (\omega\tau)_{kl} + e_{ijkl}$$

Onde:

Y_{ijkl} = valor observado no i-ésimo animal, j-ésimo período e k-ésimo tratamento para o l-ésimo horário de coleta;

μ = média geral;

α_i = efeito aleatório do i-ésimo animal;

ρ_j = efeito aleatório do j-ésimo período;

τ_k = efeito fixo do k-ésimo tratamento;

ω_l = efeito fixo do l-ésimo horário de coleta;

$(\omega\tau)_{kl}$ = efeito fixo da interação do k-ésimo tratamento com o l-ésimo horário de coleta;

e_{ijkl} = erro experimental associado à Y_{ijkl} .

6 RESULTADOS

6.1 EFEITO DO NÍVEL DE SUPLEMENTAÇÃO A BASE DE SILAGEM DE MILHO SOBRE O CONSUMO E A DIGESTIBILIDADE DOS COMPOSTOS NÃO NITROGENADOS

O consumo de MS, MO, FDN e FDA da silagem pré-secada de azevém diminuíram com o nível de silagem de milho oferecida, sendo esta diminuição menos pronunciada ente os níveis de 5 e 15 g MS/kg PV de silagem de milho (efeito quadrático: $P < 0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2 - Consumo de nutrientes em borregos alimentados com dietas a base de silagem pré-secada de azevém (*Lolium multiflorum* Lam) suplementados com diferentes níveis de silagem de milho (*Zea mays*) + farelo de soja (*Glycine max*) na proporção de 9:1 da matéria seca.

	Nível de suplementação (g MS/kg PV)				dpr	Valor de P	
	0	5	10	15		L	Q
	<i>Forragem base (Azevém)</i>						
MS (g/dia)	772	578	566	563	101,0	0,002	0,025
MO (g/dia)	677	508	497	496	88,8	0,002	0,027
FDN (g/dia)	416	318	309	299	49,8	<0,001	0,035
FDA (g/dia)	243	184	179	174	29,3	<0,001	0,031
<i>Forragem suplementar (Milho)</i>							
MS (g/kg PV)	0	4,2	6,5	8,2	1,4	<0,001	0,037
MS (g/dia)	0	123	190	244	47,9	<0,001	0,078
MO (g/dia)	0	117	184	234	45,4	<0,001	0,072
FDN (g/dia)	0	47	67	88	18,5	<0,001	0,085
FDA (g/dia)	0	25	32	44	10,5	<0,001	0,110
<i>Total</i>							
MS (g/dia)	772	702	756	808	115,9	0,432	0,187
MS (g/kg PV)	27	24	26	28	3,4	0,405	0,132
MO (g/kg PV ^{0,75})	54,6	50,1	55,0	58,2	7,17	0,222	0,182
MOD (g/dia)	480	435	486	517	78,2	0,252	0,233
EM (MJ/dia)	7,54	6,82	7,64	8,12	1,227	0,252	0,233
FDN (g/dia)	416	366	376	387	55,0	0,425	0,159
FDN (g/kg PV)	14,6	12,6	13,2	13,5	1,69	0,385	0,088
FDA (g/dia)	243	209	212	218	32,5	0,208	0,132

MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; MOD = matéria orgânica digestível; EM = energia metabolizável; dpr = desvio padrão residual; L = efeito linear; Q = efeito quadrático.

Fonte: produção do próprio autor

A ingestão de MS do suplemento foi sempre inferior à quantidade total oferecida, mas a ingestão diária de MS e dos constituintes da MS do suplemento aumentaram linearmente ($P < 0,001$) com o nível de oferecimento desta forragem. De outra forma, os consumos totais de matéria seca, matéria orgânica, FDA, FDN e matéria orgânica digestível foram semelhantes entre os tratamentos. As taxas de substituição de silagem pré-secada de azevém pelo suplemento foram 1,58, 1,09 e 0,86 nos tratamentos SM₅, SM₁₀ e SM₁₅, respectivamente.

Em relação à composição bromatológica das sobras da forragem suplementar, verificou-se aumento do teor de MO e diminuição dos teores de fibra (efeito quadrático: $P < 0,05$). Por outro lado, não houve efeito significativo sobre o teor de PB (Tabela 3).

Tabela 3 - Composição bromatológica das sobras em borregos alimentados com dietas a base de silagem pré-secada de azevém (*Lolium multiflorum* Lam) suplementados com diferentes níveis de silagem de milho (*Zea mays*) + farelo de soja (*Glycine max*) na proporção de 9:1 da matéria seca.

	Nível de suplementação			<i>dpr</i>	Valor de <i>P</i>	
	(g MS/kg PV)				L	Q
	5	10	15			
<i>Forragem suplementar (Milho)</i>						
MS (g/kg)	279	307	292	9,3	0,134	0,317
MO (g/kg MS)	922	917	941	4,4	0,078	0,001
PB (g/kg MS)	97	95	96	4,2	0,763	0,837
FDN (g/kg MS)	512	507	479	16,5	0,239	0,037
FDA (g/kg MS)	291	299	267	6,9	0,135	0,002

MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; *dpr* = desvio padrão residual; L = efeito linear; Q = efeito quadrático.

Fonte: produção do próprio autor

A digestibilidade aparente da matéria seca e matéria orgânica não foram alteradas à medida que se elevou o nível de silagem de milho oferecida, mas a digestibilidade da fibra e a digestibilidade verdadeira da MO reduziram até o oferecimento de suplemento na proporção de 10 g MS/kg PV (efeito quadrático: $P < 0,05$) (Tabela 4). A proporção de MS, FDN e FDA digerida no rúmen, em relação à digestibilidade total foi semelhante entre os tratamentos, sendo que 72% da MO digestível e a totalidade do FDN digestível desapareceram no rúmen. O fluxo

duodenal de matéria seca e matéria orgânica não foram influenciados pela suplementação com silagem de milho, mas houve tendência no aumento do fluxo de fibra ($P < 0,10$).

Tabela 4 - Digestibilidade e fluxo duodenal de compostos não nitrogenados em borregos alimentados com dietas a base de silagem pré-secada de azevém (*Lolium multiflorum* Lam) suplementados com diferentes níveis de silagem de milho (*Zea mays*) + farelo de soja (*Glycine max*) na proporção de 9:1 da matéria seca.

	Nível de suplementação (g MS/kg PV)				<i>dpr</i>	Valor de <i>P</i>	
	0	5	10	15		L	Q
<i>Digestibilidade</i>							
MS	0,70	0,69	0,67	0,69	0,017	0,078	0,059
MO	0,72	0,70	0,69	0,71	0,018	0,256	0,084
FDN	0,73	0,68	0,65	0,66	0,022	<0,001	0,006
FDA	0,72	0,68	0,63	0,65	0,018	<0,001	<0,001
DVMO	0,83	0,82	0,80	0,81	0,013	0,007	0,020
<i>Digestibilidade ruminal (% digestibilidade absoluta)</i>							
MS	0,72	0,65	0,73	0,67	0,107	0,638	0,818
MO	0,74	0,67	0,75	0,70	0,103	0,823	0,801
FDN	1,03	1,04	1,04	1,05	0,052	0,578	0,963
<i>Fluxo duodenal (g/dia)</i>							
MS	384	398	402	426	87,3	0,402	0,893
MO	322	338	341	361	76,2	0,381	0,942
FDN	109	112	131	124	21,1	0,098	0,554

MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; DVMO = digestibilidade verdadeira na matéria orgânica; *dpr* = desvio padrão residual; L = efeito linear; Q = efeito quadrático.

Fonte: produção do próprio autor

6.2 EFEITO DO NÍVEL DE SUPLEMENTAÇÃO A BASE DE SILAGEM DE MILHO SOBRE O BALANÇO DOS COMPOSTOS NITROGENADOS

O consumo diário de N, sua digestibilidade aparente, excreção urinária e retenção diária não foram afetados pelo nível de oferecimento do suplemento, sendo que a retenção de nitrogênio foi em média 30% do nitrogênio ingerido (Tabela 5). No mesmo sentido, os fluxos de nitrogênio total e de nitrogênio não amoniacal para o intestino não foram afetados pelos tratamentos. A eficiência de síntese de proteína microbiana não foi afetada pelos tratamentos. Entretanto, o fluxo

duodenal de nitrogênio proveniente de origem microbiana aumentou ($P < 0,01$) com o consumo de forragem suplementar a base de silagem de milho.

Tabela 5 - Consumo, digestibilidade e fluxo intestinal dos compostos nitrogenados em borregos alimentados com dietas a base de silagem pré-secada de azevém (*Lolium multiflorum* Lam) suplementados com diferentes níveis de silagem de milho (*Zea mays*) + farelo de soja (*Glycine max*) na proporção de 9:1 da matéria seca.

	Nível de suplementação (g MS/kg PV)				<i>dpr</i>	Valor de <i>P</i>	
	0	5	10	15		L	Q
N ingerido (g/dia)	18,6	16,6	18,7	19,3	2,42	0,330	0,180
DA do N	0,67	0,66	0,66	0,67	0,018	0,924	0,165
N exc urina (g/dia)	7,4	5,9	8,2	8,2	1,74	0,138	0,296
N retido (g/dia)	5,5	2,7	6,4	7,0	2,81	0,118	0,141
<i>Fluxo duodenal</i>							
N (g/dia)	15,6	15,0	14,6	16,1	3,71	0,850	0,481
NNA (g/dia)	14,8	14,3	13,9	15,4	3,52	0,819	0,483
N mic (g/dia)	4,2	4,1	5,6	5,8	1,05	0,004	0,668
ESPM (g/kg MODR)	12,2	19,3	13,2	16,8	7,62	0,562	0,567

DA = digestibilidade aparente; NNA = nitrogênio não amoniacal; N mic = nitrogênio de origem microbiana; ESPM = eficiência de síntese de proteína microbiana (N microbiano (g/dia)/consumo MO digestível no rúmen (kg/dia));

Fonte: produção do próprio autor

6.3 EFEITO DO NÍVEL DE SUPLEMENTAÇÃO A BASE DE SILAGEM DE MILHO SOBRE O CONSUMO DE ENERGIA METABOLIZÁVEL E CONSUMO E RETENÇÃO DE NITROGÊNIO

Através da análise por meio de contrastes ortogonais, verificou-se a existência de tendência ($P < 0,10$) de menor consumo de energia metabolizável e menor consumo de N ($P < 0,05$), resultando em menor retenção de N ($P < 0,01$) nos animais do tratamento SM₅ em comparação a média dos tratamentos SM₁₀ e SM₁₅ (Tabela 6).

Tabela 6 - Análise de contrastes ortogonais sobre o consumo de energia metabolizável e consumo e retenção de nitrogênio em borregos alimentados com dietas a base de silagem pré-secada de azevém (*Lolium multiflorum* Lam) suplementados com diferentes níveis de silagem de milho (*Zea mays*) + farelo de soja (*Glycine max*) na proporção de 9:1 da matéria seca.

	Nível de suplementação (g MS/kg PV)				<i>dpr</i>	Contraste Ortogonal Valor de <i>P</i>	
	0	5	10	15		0 × 5;10;15	5 × 10;15
<i>Consumo total</i>							
EM (MJ/dia)	7,5	6,8	7,6	8,1	1,23	0,977	0,097
EM (MJ/kg PV)	0,26	0,24	0,26	0,28	0,004	0,706	0,076
EM (MJ/kg PV ^{0.75})	0,61	0,55	0,61	0,64	0,086	0,780	0,080
N (g/dia)	18,6	16,6	18,7	19,3	2,42	0,695	0,052
N (g/kg PV)	0,65	0,57	0,63	0,66	0,033	0,357	0,042
N (g/kg PV ^{0.75})	1,50	1,32	1,45	1,54	0,186	0,396	0,052
N retido (g/dia)	5,5	2,7	6,4	7,9	2,81	0,8950	0,010

EM = energia metabolizável; *dpr* = desvio padrão residual.

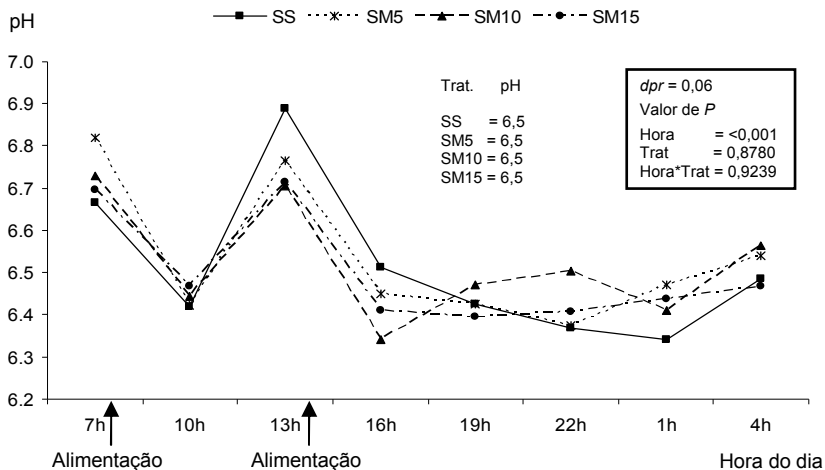
Fonte: produção do próprio autor

6.4 EFEITO DO NÍVEL DE SUPLEMENTAÇÃO A BASE DE SILAGEM DE MILHO SOBRE O pH E A CONCENTRAÇÃO DE N-NH₃ RUMINAL

O nível de inclusão de silagem de milho não afetou o pH ruminal, que foi em média 6,5 para todos os tratamentos. Entretanto, verificou-se reduções no pH (efeito hora de coleta: $P < 0,001$) posteriormente aos horários de alimentação, sendo que a queda do pH após a refeição da tarde prolongou-se por mais tempo quando comparada à queda após a refeição matutina (Figura 4).

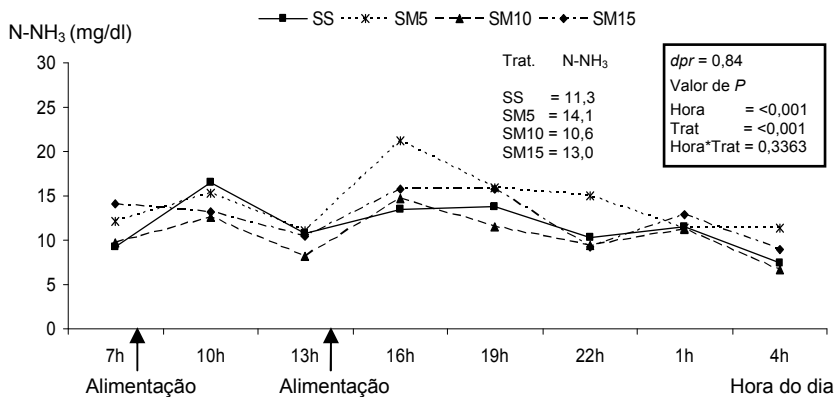
O nitrogênio amoniacal no fluido ruminal aumentou ($P < 0,001$) com nível de inclusão de silagem de milho, exceto para o tratamento SM10 o qual apresentou o mesmo valor que o tratamento SS. A concentração de N-NH₃ no fluido ruminal se elevou ($P < 0,001$) após o oferecimento de cada refeição, sendo que o aumento do N-NH₃ após a refeição da tarde também prolongou-se por mais tempo quando comparado ao aumento após a refeição matutina (Figura 5).

Figura 4 - pH ruminal de borregos alimentados com dietas a base de silagem pré-secada de azevém (*Lolium multiflorum* Lam) sem suplementação (SS) ou suplementados com 5 (SM₅) 10 (SM₁₀) ou 15 (SM₁₅) g MS/kg PV de silagem de milho + farelo de soja (9:1 na MS).



Fonte: produção do próprio autor

Figura 5 - Concentração de N-NH₃ no fluido ruminal de borregos alimentados com dietas a base de silagem pré-secada de azevém (*Lolium multiflorum* Lam) sem suplementação (SS) ou suplementados com 5 (SM₅) 10 (SM₁₀) ou 15 (SM₁₅) g MS/kg PV de silagem de milho + farelo de soja (9:1 na MS).



Fonte: produção do próprio autor

7 DISCUSSÃO

A redução da ingestão de MS de azevém foi similar nos animais recebendo de 5 a 15 g MS/kg PV (26% em média) em comparação aos não suplementados e ocorreu sem que fosse observada diferença significativa na ingestão de MS total, de FDN e de MO digestível em comparação com o tratamento controle (SS). Desta forma, pode-se dizer que a redução do consumo da forragem base foi pouco afetada pelo nível de oferecimento da forragem suplementar e parece estar atrelada a outros fatores, como, o nível de ingestão diário de energia metabolizável e/ou de FDN (FORBES, 2007), bem como a fatores comportamentais associados ao manejo alimentar (JARRIGE et al., 1995). Do ponto de vista energético, quando a silagem de milho e um pré-secado com elevado teor de FDN (705 g/kg de MS) foram fornecidos misturados para ovinos, Vranić et al. (2008) verificaram que inclusão da silagem aumentou o consumo de MS total, o que evidencia efeito sinérgico da suplementação com um alimento volumoso quando este é energeticamente superior a forragem de base. Neste trabalho, a discrepância no valor energético entra as forragens parece não ter sido suficiente para que esta resposta fosse evidenciada.

Do ponto de vista do manejo alimentar, destaca-se o fato que as sobras de suplemento aumentaram à medida que se elevou a quantidade de forragem suplementar oferecida (16, 35 e 45% do oferecido para os tratamentos SM₅, SM₁₀ e SM₁₅, respectivamente). Assim, é possível inferir que a ingestão da forragem suplementar foi parcialmente influenciada pela quantidade disponibilizada em uma única refeição. Segundo Baumont et al. (2000), a taxa de consumo é mais elevada no início de cada refeição e conforme Jarrige et al. (1995) 60 a 80% da ingestão diária de forragem ocorre durante as refeições principais. Dessa forma, parece que os animais recebendo os tratamentos SM₁₀ e SM₁₅ não tiveram a motivação necessária para ingerir maiores quantidades de silagem no período em que esta esteve disponível. De outra forma, estudos com bovinos em pasto demonstram situações onde as sobras de silagem de milho não excederam a 20% da quantidade oferecida e o suplemento contribuiu com até 50% da dieta (BRYANT; DONNELLY, 1974; WOODWARD et al., 2002; BURKE et al., 2008; DELAGARDE et al., 2011b; PÉREZ-PRIETO et al., 2011b). No presente trabalho, mesmo no nível mais alto de suplementação, o consumo de MS do suplemento não excedeu a 30% do consumo de MS total.

A semelhança no consumo de MS de azevém nos animais suplementados, associada a ingestões de silagem diferentes, resultou em taxas de substituição que corresponderam a 1,6, 1,1 e 0,9 para os tratamentos SM₅, SM₁₀ e SM₁₅, respectivamente. As taxas de substituição encontradas nos tratamentos SM₁₀ e SM₁₅ estão em uma amplitude de variação que pode ser considerada normal em situações de pastejo, uma vez que a taxa de substituição média entre silagem de milho e pastos C3 é de 0,8, variando de 0,3 a 1,1 em condições de baixa a alta oferta de forragem base, respectivamente (DELAGARDE et al. 2011b). De outra forma, a taxa de substituição do tratamento SM₅ pode ser considerada discrepante em relação aos estudos sobre substituição entre volumosos encontrados na literatura. Contudo, a explicação para esta resposta também pode ser associada a fatores comportamentais e de manejo alimentar. Neste caso, a suplementação com 5 g MS/kg PV pode ter sido responsável por restringir o tempo de acesso ao alimento em uma das refeições principais (JARRIGE et al., 1995), fazendo com que os animais que receberam o menor nível de suplementação não tivessem a motivação necessária para aumentar proporcionalmente a ingestão de forragem base.

Para entender melhor esta resposta foi realizada uma análise de contrastes ortogonais visando comparar o tratamento SM₅ com a média dos tratamentos SM₁₀ e SM₁₅ (Tabela 6). Embora sem diferença significativa, registra-se a existência de tendência ($P < 0,10$) de menor consumo de energia metabolizável e menor consumo de N ($P < 0,05$) nos animais do tratamento SM₅ em comparação a média dos tratamentos SM₁₀ e SM₁₅. Isto indica que a desuniformidade da quantidade de alimento distribuído nas duas refeições do tratamento SM₅ pode ter provocado alguma restrição nutricional devido a restrições de ordem comportamental.

A diminuição da digestibilidade dos componentes fibrosos com o aumento da suplementação foi coerente com o maior fluxo duodenal de FDN e pode ter ocorrido em função do menor tamanho de partícula e maior velocidade de passagem da forragem suplementar. Reduções na digestibilidade aparente dos nutrientes com a redução do tamanho de partícula do volumoso em ovinos foram observadas por Hadjigeorgiou et al. (2003). Além disso, o aumento do fluxo da digesta ao longo do trato gastrointestinal está intimamente ligado a redução do tempo de retenção de partículas no rúmen (COLEMAN et al., 2003), o que influencia negativamente no tempo em que os microorganismos ruminais ficam em contato direto como substrato, reduzindo assim a atividade enzimática sobre este (SARWATT, 1992). Entretanto, é

importante salientar que, a redução da digestibilidade devido ao aumento do fluxo intestinal da digesta está normalmente associada com o aumento no consumo total de MS (TELLER et al., 1993; FRENCH et al., 2001), o que não foi verificado neste experimento. Dessa forma é possível afirmar que outros fatores além da regulação física contribuíram para a regulação da ingestão diária de forragem.

Vranić et al. (2008) comparando a suplementação com silagem de milho (582 g/kg FDN) em ovinos alimentados com silagem de gramíneas (697 g/kg FDN), também encontraram redução na digestibilidade com a inclusão da silagem de milho. Contudo, estes autores atribuem esta queda na digestibilidade do FDN à menor digestibilidade da silagem de milho, que quando administrada individualmente foi de 0,60 contra 0,75 para silagem de gramínea. Além disso, os autores citam que a inclusão de suplementos energéticos à base de amido podem causar redução na digestibilidade de fibra em função de efeitos associativos negativos sobre a digestibilidade desta. Sabe-se que os carboidratos não fibrosos reduzem o pH ruminal e que a diminuição do pH reduz a digestibilidade da fibra (DIXON; STOCKDALE, 1999), isso porque a celulólise é parcialmente inibida a pH 6,3 e totalmente inibida quando o pH cai abaixo de 6,0 (MOULLD et al., 1983). Neste trabalho, contudo, esta hipótese deve ser refutada, uma vez que o pH ruminal não diferiu entre os tratamentos (média = 6,5) e em nenhum momento ficou abaixo de 6,3.

O aumento do crescimento microbiano, à medida que se elevou o nível de oferecimento do suplemento, provavelmente ocorreu devido a maior disponibilidade ruminal de N e energia nos tratamentos SM₁₀ e SM₁₅ em comparação ao SM₅. Sabe-se que o crescimento microbiano é dependente da utilização de N e da disponibilidade de energia fermentável no rúmen (WANG et al., 2008), e que ocorrem benefícios com o aumento no aporte ruminal de carboidratos fermentáveis no rúmen em dietas a base de silagem (DEWHURST et al., 2000). Assim, a inclusão alimentos com maior teor de carboidratos não fibrosos pode aumentar a disponibilidade de energia devido ao aumento do fornecimento de carboidratos não estruturais – amido (CECAVA et al., 1991). Neste trabalho, o teor de carboidratos fibrosos foi 150 g/kg MS superior na silagem pré-secada de azevém em comparação ao suplemento.

Destaca-se, ainda, que a retenção diária de N foi inferior no tratamento SM₅ em comparação aos demais (Tabela 6). Também neste caso, a explicação parece claramente associada ao menor consumo diário de energia metabolizável e N no tratamento SM₅, comparado aos

outros tratamentos suplementados, o que evidenciou redução na disponibilidade de substratos para o crescimento bacteriano neste tratamento. Esta resposta estaria associada a fatores já discutidos anteriormente, como, a quantidade de forragem distribuída em cada refeição, uma vez que a principal motivação para comer em animais confinados é a distribuição de alimentos, em um novo momento de alimentação (Jarrige et al., 1995).

O pH ruminal médio diário manteve-se em 6,5 independente do nível de inclusão de silagem de milho ($P > 0,05$), valores que estão no intervalo de pH ótimo de $6,7 \pm 0,5$ necessária para manter celulólise normal, e acima de 6,0 necessários para a síntese de proteína microbiana (SANTOSO et al., 2006). Entretanto, verificou-se um efeito de horário do oferecimento das dietas, com quedas após os horários de alimentação. O declínio no pH do rúmen após as principais refeições dos animais é comum (BAUMONT et al., 2000), e resultante do fato de que a fermentação produz AGV, que, por sua vez, reduzem o pH quando sua produção é mais rápida que a absorção no rúmen. As variações de pH ruminal refletem o saldo líquido entre ácido orgânico e substância tampão gerado pela fermentação após a alimentação (WANG et al., 2008). Portanto, o pH pode ser influenciado pela composição da dieta que, por sua vez, afeta a atividade de diversos tipos de bactérias e protozoário. Por conseguinte, a diminuição do pH tende a ser linearmente relacionado com os níveis de ingestão de carboidratos prontamente fermentáveis, com uma tendência a diminuir após a ingestão (DIXON; STOCKDALE, 1999; WANG et al., 2008). Neste trabalho a redução no teor de carboidratos fibrosos na dieta dos animais suplementados não foi suficiente para provocar alterações no pH ruminal.

Aminoácidos e $N-NH_3$ formados como resultado da hidrólise de proteínas e desaminação no rúmen são uma fonte de N para o crescimento microbiano, sendo que 50 - 80% de N microbiano é sintetizado por $N-NH_3$, o qual tem sua produção dependente da ingestão de nitrogênio total (WANG et al., 2008). Portanto, o N-amoniacoal no fluido do rúmen é o intermediário chave na degradação microbiana e síntese de proteínas, e a concentração de amônia no rúmen reflete o equilíbrio entre a produção, absorção e incorporação em células microbianas (TOLERA; SUNDSTØL, 2000b). Nesse sentido, as concentrações de $N-NH_3$ nos tratamentos utilizados nesse trabalho foram superiores ao nível mínimo necessário para proporcionar o crescimento microbiano ótimo, que é de 5 mg/dl de fluido ruminal (SATTER; SLYTER, 1974), indicando que a suplementação com

silagem de milho + farelo de soja não foi limitante para síntese de proteína microbiana.

Como descrito por Hindrichsen et al. (2002), a concentração de $N-NH_3$ apresentou efeito do oferecimento das dietas, sendo os aumentos de sua concentração identificados posteriormente aos horários de alimentação. Os produtos finais da fermentação no rúmen são de AGV, $N-NH_3$ e os gases, tais como metano e dióxido de carbono (SANTOSO et al., 2006). Portanto é esperado que após a alimentação ocorra diminuição do pH, devido o aumento na produção de AGV, bem como o aumento na concentração de $N-NH_3$ no fluido ruminal devido a hidrólise de proteínas.

8 CONCLUSÕES

O fornecimento de forragem suplementar em quantidades inferiores a 10 g de MS/kg PV associada a redução do tempo de acesso ao suplemento em uma refeição principal pode diminuir o consumo de energia metabolizável e a retenção diária de nitrogênio. Dessa forma, fatores como a frequência de distribuição das diferentes forragens, bem como a magnitude das diferenças de seus valores energético e protéico devem ser melhor estudados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of dairy science**, vol. 83, supl. (7), p. 1598-624, 2000.

AGRICULTURAL AND FOOD REASERCH COUNCIL - AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: CAB International, 1993. 159p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Arlington: AOAC, 1995.

BARBOSA, N. G. S. et al. Consumo e fermentação ruminal de proteínas em função de suplementação alimentar energética e protéica em novilhos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 30, nº 5, p. 1558-1565, 2001.

BARGO, F. et al. Invited Review: Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.1-42, 2003.

BAUMONT, R. et al. How Forage Characteristics Influence Behaviour and Intake in Small Ruminants: a Review. **Livestock Production Science**, v.64. supl. (1), p.15-28, 2000.

BAUMONT, R. et al. A mechanistic model of intake and grazing behaviour in sheep integrating sward architecture and animal decisions. **Animal Feed Science and Technology**, v. 112, p. 5-28, 2004.

BENEZ, A. L. C. Parâmetros ruminais e consumo voluntário de feno de *brachiaria decumbens* stapf por bovinos recebendo suplementação protéico-energética. 2007. 53f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Faculdade de agronomia e medicina veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

BERCHIELLI, T. T.; GARCIA, A. de V.; OLIVEIRA, S.G. **Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudo de nutrição**. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 583p.

BOCQUIER, F. et al. Alimentation des ovins. In: JARRIGE, R. **Alimentation des Bovins, Ovins & Caprins**. INRA Pub., p. 249-279, 1988.

BRYANT, A. M.; DONNELLY, P. E. Yield and Composition of Milk from Cows Fed Pasture Herbage Supplemented with Maize and Pasture Silages. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 17. supl. (3), p.299-304, 1974.

BURKE, F. et al. Effect of Pasture Allowance and Supplementation with Maize Silage and Concentrates Differing in Crude Protein Concentration on Milk Production and Nitrogen Excretion by Dairy Cows. **Livestock Science**, v.114. supl. (2-3), p. 325-335, 2008.

CECAVA, M. J. et al. Effects of Dietary Energy Level and Protein Source on Nutrient Digestion and Ruminal Nitrogen Metabolism in Steers. **Journal of Animal Science**, v.69, p. 2230-2243, 1991.

CHEN, X. B.; GOMES, M. J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives – An overview of the technical details. **International Feed Resources Unit Rowett Research Institute**. Bucksburn Aberdeen: UK, 1995.

COLEMAN, S. W. et al. Relationships among forage chemistry, rumination and retention time with intake and digestibility of hay by goats. **Small Ruminant Research**, v.50, p.129-140, 2003.

CROS, M. J.; et al. A Biophysical Dairy Farm Model to Evaluate Rotational Grazing Management Strategies. **Agronomie**, v.23, p.105-122, 2003.

DELABY, L.; PEYRAUD, J. L.; FAVERDIN, P.; Pâtur'IN: le pâturage des vaches laitières assisté par ordinateur. **Fourrages**, v.167, p.385-398, 2001.

DELAGARDE, R. et al. GrazeIn: a Model of Herbage Intake and Milk Production for Grazing Dairy Cows. 2. Prediction of Intake Under Rotational and Continuously Stocked Grazing Management. **Grass and Forage Science**, v.66. supl. (1), p.45-60, 2011a.

DELAGARDE, R. et al. GrazeIn: a Model of Herbage Intake and Milk Production for Grazing Dairy Cows. 3. Simulations and External Validation of the Model. **Grass and Forage Science**, v.66. supl. (1), p.61-77, 2011b.

DEWHURST, R.; DAVIES, D.; MERRY, R. Microbial protein supply from the rumen. **Animal feed science and technology**, v.85, p.1-21, 2000.

DIXON, R. M.; STOCKDALE, C. R. Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilisation. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.50, p.757-774, 1999.

FAVERDIN, P. et al. GrazeIn: a Model of Herbage Intake and Milk Production for Grazing Dairy Cows. 1. Prediction of Intake Capacity, Voluntary Intake and Milk Production During Lactation. **Grass and Forage Science**, v.66. supl. (1), p.29-44, 2011.

FAVERDIN P. Alimentation des vaches laitières: comparaison des différentes méthodes de prédiction des quantités ingérées. INRA Productions Animales. vol. 5, p. 271-282, 1992.

FISHER, D. S. A review of a few key factors regulating voluntary feed intake in ruminants. **Crop Science**, v.42, p.1651-1655, 2002.

FONTANELI, R. S.; OLIVEIRA, J. T. de. **Silagem de milho**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/transferencia/artigos/Silagem%20de%20milho%2024set2007.pdf>> Acesso em: 22 set. 2012.

FORBES, J. M. Consequences of feeding for future feeding. **Comparative biochemistry and physiology**, v.128, p.463-70, 2001.

FORBES, J. M. Voluntary feed intake and diet selection. In: DIJKSTRA, J., FORBES, J.M.; FRANCE, J. **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. 2nd. Wallingford, Oxon: CABI Pub, 2005. 734p. p. 607-625.

FORBES, J. M. Voluntary food intake and diet selection in farm animals. 2nd. Wallingford, Oxon: CABI Pub, 2007.

FORBES, J. M.; PROVENZA, F. D. **Regulation of feed intake**. In: CRONJÉ, P; BOOMKER, E. A. **Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction**. Wallingford, Oxon: CABI Pub., 2000. 474 p.

FREER, M.; MOORE, A. D.; DONNELLY, J. R. GRAZPLAN: Decision support systems for australian enterprises. II. The animal biology model for feed intake, production and reproduction and the GrazFeed DSS. **Agricultural Systems**, v.54, p.77-126, 1997.

FRENCH, P. et al. Intake and Growth of Steers Offered Different Allowances of Autumn Grass and Concentrates. **British Society of Animal Science**, v.72, p.129-138, 2001.

GOES, R. H. T., et al. Recria de novilhos mestiços em pastagem de *Brachiaria brizantha*, com diferentes níveis de suplementação, na região Amazônica. Consumo e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1730–1739, 2005.

HADJIGEORGIOU, I.E.; GORDON, I.J; MILNE, J.A. Intake, digestion and selection of roughage with different staple lengths by sheep and goats. **Small Ruminant Research**, v.47, p.117-132, 2003.

HEARD, J. W. et al. Diet-Check – a tactical decision support tool for feeding decisions with grazing dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, v.112, p.177 -194, 2004.

HINDRICHSEN, I. et al. Effects of supplementation of a basal diet of maize stover with different amounts of *Leucaena diversifolia* on intake, digestibility, nitrogen metabolism and rumen parameters in sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v.98(3-4), p.131–142, 2002.

HODGSON, J. **Limitations to intake**. In: HACKER, J. B. **Nutritional limits to animal production from pastures**. Farnham: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1984. 536p.

IMAMIDOOST, R.; CANT, J. P. Non-steady-state Modeling of Effects of Timing and Level of Concentrate Supplementation on Ruminal pH and Forage Intake in High-producing, Grazing Ewes. **Journal of Animal Science**, v.85, p.1102–1115, 2005.

INGVARTSEN K. L. Models of voluntary food intake. **Livestock Production Science**, v.39, p.19-38, 1994.

INRA, Institut National de la Recherche Agronomique. **Alimentation des bovins, ovins et caprins**. Paris: Éditions Quae, 2007. 310p.

JARRIGE, R. **Ruminant nutrition: Recommended Allowances and feed tables**. INRA, Paris: JL Eurotext, 1989. 389 p.

JARRIGE, R. et al. Activités d'ingestion et de rumination. In: JARRIGE, R. et al. **Nutrition des ruminants domestiques: ingestion et digestion**. Paris: INRA. p. 123-181. 1995.

KRYSL, L. J.; HESS, B. H. Influence of Supplementation on Behavior of Grazing Cattle. **Journal of Animal Science**, v.71. suppl. (9), p.2546-55, 1993.

MEIJS, J. A. C. Concentrate supplementation of grazing dairy cows. 2. Effect of concentrate composition on herbage intake and milk production. **Grass and Forage Science**, v.41, p. 229-235, 1986.

MEIJS, J. A. C.; HOEKSTRA, J. A. Concentrate supplementation of grazing dairy cows. I. Effect of concentrate intake and herbage allowance on herbage intake. **Grass and Forage Science**, v.39, p. 59-66, 1984.

MEINERZ, G. R. **Avaliação de cereais de inverno de duplo propósito na depressão central do Rio grande do Sul**. 2009. 70 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fibre in feeds with refluxing beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1217-1240, 2002.

MINSON, D. J. **Forages in ruminant nutrition**. Academic Press. New York. 483p. 1990.

MOLLE, G. et al. Response by dairy ewes to different sward heights under continuous stocking either unsupplemented or supplemented with corn grain. In: **Proceedings of the FAO-CIHEAM-E.C. Meeting on Sheep and Goat Nutrition**. Options Méditerranéennes, Série A, v. 34, p. 65-70, 1997.

MOLLE, G. et al. An Update on the Nutrition of Dairy Sheep Grazing Mediterranean Pastures. **Small Ruminant Research**, v.77 (2-3), p.93-112, 2008.

MOORE, J., et al. Effects of supplementation on voluntary forage intake, diet digestibility, and animal performance. **Journal of Animal Science**, v.77, p.122-135, 1999.

MORAN, J. B.; LEMERLE, C.; TRIGG, T. E. The Intake and Digestion of Maize Silage-based Diets by Dairy Cows and Sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v.20, p.299-312, 1988.

MORRISON, S. J.; PATTERSON D. C. The Effects of Offering a Range of Forage and Concentrate Supplements on Milk Production and Dry Matter Intake of Grazing Dairy Cows. **Grass and Forage Science**, v.62, p. 332-345, 2007.

MOULD, F.; ØRSKOV, E.; MANN, S.. mixed feeds. I. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen fluid pH on cellulolysis in vivo and dry matter digestion of various roughages. **Animal Feed Science and Technology**, v.10, p.15-30, 1983.

MULLIGAN, F. J. et al. Intake, Digestibility, Milk Production and Kinetics of Digestion and Passage for Diets Based on Maize or Grass Silage Fed to Late Lactation Dairy Cows. **Livestock Production Science**, v.74. suppl. (2), p.113-124, 2002.

O'DOHERTY, J. V.; MAHER, P. F.; CROSBY, T. F. Performance of Pregnant Ewes and Their Progeny When Offered Grass Silage, Maize Silage or a Maize Silage/ensiled Super Pressed Pulp Mixture During Late Pregnancy. **Livestock Production Science**, v.52., p.11-19, 1997.

PÉREZ-PRIETO, L. A.; PEYRAUD, J. L.; DELAGARDE, R. Pasture intake, milk production and grazing behaviour of dairy cows grazing low-mass pastures at three daily allowances in winter. **Livestock Science**, v.137, p. 151–160, 2011a.

PÉREZ-PRIETO, L. A.; PEYRAUD, J. L.; DELAGARDE, R. Substitution Rate and Milk Yield Response to Corn Silage Supplementation of Late-lactation Dairy Cows Grazing Low-mass Pastures at 2 Daily Allowances in Autumn. **Journal of Dairy Science**, v.94., p.3592-3604, 2011b.

PÖTTER, L. **Uso de suplementos em pastagem cultivada de inverno para bezerras de corte**. 2008. 128 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/ppgz/conteudo/Defesas/Teses/LucianaPotter.pdf>> Acesso em: 24 maio 2013.

SANTOSO, B. et al. Ruminal Fermentation and Nitrogen Metabolism in Sheep Fed a Silage-based Diet Supplemented with Yucca Schidigera or Y. Schidigera and Nisin. **Animal Feed Science and Technology**, v.129, p.187-195, 2006.

SARWATT, S. V. Effects of replacing sunflower seed cake with Crotalaria ochroleuca hay on feed intake, digestibility and growth rate of grazing sheep. **Small Ruminant Research**, v. 7, p. 21–28, 1992.

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

SIBBALD, A. R.; MAXWELL, T. J.; EADIE, J. A conceptual approach to the modeling of herbage intake by hill sheep. **Agricultural Systems**, v.4, p.119-134, 1979.

SILVA, J. F. C. da. Mecanismos reguladores de consumo. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 583p. p. 57-78.

SMALLEGANGE I. M.; BRUNSTING A. M. H. Food supply and demand, a simulation model of the functional response of grazing ruminants. **Ecological Modelling**, v.149, p.179-192, 2002.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE – SAS. **SAS/STAT**. User's guide, version 6.11. Cary, 1996.

STOCKDALE, C. R. Levels of pasture substitution when concentrates are fed to grazing dairy cows in northern Victoria. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.40, p.913–921, 2000.

TELLER, E.; VANBELLE, M.; KAMATALI, P. Chewing Behaviour and Voluntary Grass Silage Intake by Cattle. **Livestock Production Science**, v. 33, p.215-227, 1993.

TOLERA, A.; SUNDSTØL, F. Supplementation of graded levels of *Desmodium intortum* hay to sheep feeding on maize stover harvested at three stages of maturity: 2. Rumen fermentation. **Animal Feed Science and Technology**, v.87, p.215–229, 2000.

VRANIĆ, M. et al. Effects of Replacing Grass Silage Harvested at Two Maturity Stages with Maize Silage in the Ration Upon the Intake, Digestibility and N Retention in Wether Sheep. **Livestock Science**, v.114, p.84-92, 2008.

WANG, D. et al. Alfalfa as a supplement of dried cornstalk diets: Associative effects on intake, digestibility, nitrogen metabolism, rumen environment and hematological parameters in sheep. **Livestock Science**, v.113, p.87–97, 2008.

WEATHERBURN, M.W. 1967. Phenol-hypochlorite reaction for determination of ammonia. **Analytical Chemistry**, v.39, p.971-974, 1967.

WOLFINGER, R.D. Covariance structure selection in general mixed models. **Communications in Statistics Simulation and Computation**, v.22, p.1079-1106, 1993.

WOODWARD, S. et al. Supplementing Pasture-fed Dairy Cows with Pasture Silage, Maize Silage, Lotus Silage or Sulla Silage in Summer—does It Increase Production? **Proceedings of the New Zealand Grassland Association**, v.64, p.85-89, 2002.

YAN, T.; AGNEW, R. E. Prediction of metabolisable energy concentrations from nutrient digestibility and chemical composition in grass silages offered to sheep at maintenance. **Animal Feed Science and Technology**, v.117, p.197–213, 2004.