

THIAGO CARVALHO DA SILVA

**Silagem de estilosantes e cana-de-açúcar *in natura* na alimentação de ruminantes e perfil fermentativo e estabilidade aeróbia de grãos úmidos de milho tratados com aditivo químico**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2014

T

S586s  
2014

Silva, Thiago Carvalho da, 1985  
SILAGEM DE ESTILOSANTES E CANA-DE-AÇÚCAR IN  
NATURA NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES E PERFIL  
FERMENTATIVO E ESTABILIDADE AERÓBIA DE GRÃOS ÚMIDOS  
DE MILHO TRATADOS COM ADITIVO QUÍMICO / Thiago Carvalho  
da Silva. Vicososa, MG, 2014.  
xvi, 104f. : il. ; 29 cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Odilon Gomes Pereira.

Tese (doutorado) Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Ovino - Alimentação e rações. 2. Bovino - Alimentação e rações. 3.  
Nutrição animal. 4. Silagem. I. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-graduação em Zootecnia. II.  
Título.

CDD 22. ed. 636.0855

THIAGO CARVALHO DA SILVA

**Silagem de estilosantes e cana-de-açúcar *in natura* na alimentação de ruminantes e perfil fermentativo e estabilidade aeróbia de grãos úmidos de milho tratados com aditivo químico**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 18 de agosto de 2014.

---

Ricardo Andrade Reis

---

Stefanie Alvarenga Santos

---

Sebastião de Campos Valadares Filho  
(Coorientador)

---

Karina Guimarães Ribeiro  
(Coorientadora)

---

Odilon Gomes Pereira  
(Orientador)

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por ser a minha segurança nos momentos difíceis, pela proteção e por sempre iluminar os meus caminhos.

Às instituições financiadoras CAPES, CNPq, INCT-CA e FAPEMIG, pela concessão da bolsa de estudos e do apoio financeiro para a pesquisa.

Ao meu orientador, Odilon, pelos ensinamentos, orientação, paciência e pela amizade desenvolvida durante os anos de trabalho.

Aos professores Sebastiao de Campos Valadares Filho e Karina Guimaraes Ribeiro pela disposição, paciência e pelos ensinamentos compartilhados.

Ao professor Limin Kung Jr. pela orientação, pelos valiosos ensinamentos e pela amizade.

Aos professores Ricardo Andrade Reis e Stefanie Alvarenga Santos pela participação na banca de defesa.

Aos professores do Departamento de Zootecnia da UFV pelos conhecimentos transmitidos através das disciplinas cursadas e demais atividades acadêmicas.

Ao professor Hilário Cuquetto Mantovani pela disponibilidade impar para a discussão relacionadas aos assuntos científicos e pelos conhecimentos transmitidos.

Ao professor Edson Mauro Santos, um grande amigo que oficialmente foi meu orientador no mestrado, mas que desde antes me mostrou o caminho a seguir cientificamente falando. E hoje isso está sendo possível, também graças a todo trabalho iniciado há alguns anos e que está rendendo frutos.

Aa professora Juliana Silva de Oliveira, pela grande amizade e pelos ensinamentos desde os tempos da graduação.

Ao professor José Augusto Gomes Azevedo por toda a ajuda, disponibilidade e pela amizade.

Aos meus pais, pelo apoio incondicional, pela paciência e por todos esforços que foram feitos para que a educação e os estudos viessem em primeiro plano. Ao meu irmão, por todo o apoio dispensado e pelo exemplo de dedicação e profissionalismo.

À minha avó Letice, por idealizar junto comigo este sonho que agora se realiza e por ser uma amante do conhecimento, além de todo amor e carinho. À minha Tia Raimunda pelo incentivo e também pelo investimento na minha formação acadêmica. A todos os meus parentes que me apoiaram durante os anos de graduação e pós-graduação.

À minha namorada e companheira, Amanda Grace Stevens, pelo amor, pela paciência e por todo o suporte em todos os momentos.

Aos meus amigos do laboratório de Forragicultura da UFV que sempre trabalharam comigo e exerceram papel fundamental na realização deste trabalho: Mariele, Leidy, Vanessa, Lilian, Regina, Joao Paulo, Wender, Leandro, Augusto, Rafael, Lucas, Felipe e Douglas. Agradeço todo o empenho e ajuda nos experimentos e também pela amizade.

Aos amigos do laboratório *Dairy Nutrition and Silage Fermentation* da *University of Delaware*, Dr. Gerslley, Jon, Michelle, Steph, Amanda, Becca e Megan, pelo bom trabalho em equipe e pela amizade construída durante um ano nos Estados Unidos.

Aos amigos do grupo de estudos em Forragicultura (GEF) da UFPB pela parceria nos trabalhos, mesmo à distância.

Aos amigos da República Toca do Tatu, João Paulo, Pedro Balada, Felipe Bode, Maceió, Jerimun, Matuca, Rodolfo, Dener Marcio Vitor, sempre companheiros nos mais diversos e inusitados momentos.

A todos os meus amigos de todos os lugares de onde passei, começando com os da minha terra natal Itabuna (os amigos das bandas de todos os gêneros possíveis, do escalada, da igreja de Fátima, do BF, do colégio divina providência, do cursinho e também aqueles da graduação na UESC), da Paraíba (Dedinho, Fleming, Ana Paula, Gabriela Mafra, Alexandro, PeraZZo, Higor, Bigode, dentre outros) e de Newark (Overthere, Marco, Andrea, Lívia, Cassel, Antônio, Matheus, Danielas, dentre muitos outros...). E aos amigos feitos em Viçosa ao longo desses quatro anos (Baiano, Molusco, os “colombia”, David, Roman e todos os outros, Luana, Marcinha, Uyara, Sabrina, Amanda, Jessikas, Camila, Jacaré, Chamon, às nega da PED, Laís, Ritão e demais, Monica e aos que não me lembro neste momento. À Milena pelo apoio e amizade durante parte dessa caminhada. Ao amigo Marcos Magalhaes e sua família pela amizade e por todo apoio durante a transição para Viçosa. A todos os meus amigos que fizeram parte do meu convívio durante todo este tempo longe da família: vocês são também a minha família.

Aos funcionários do departamento de zootecnia da UFV, Pum, Joelcio, Monteiro, Seu Mario, Wellington, pela disposição e ajuda prontamente disponível e também pela amizade.

Ao pessoal do CEPET, os quais auxiliaram na condução dos experimentos, principalmente ao Tião Mariano e Zé Maria.

A todos, que direta ou indiretamente contribuíram para este trabalho. Essa é uma vitória não só minha, mas de muita, muita gente. Obrigado!

## BIOGRAFIA

Thiago Carvalho da Silva, filho de José Sebastião da Silva e Maria Rita Carvalho da Silva, nasceu em Itabuna, Bahia, em 9 de novembro de 1985.

Em março de 2004 iniciou a graduação em Engenharia Agrônômica e colou grau em dezembro de 2008.

Em março de 2009 ingressou no programa de Mestrado em Zootecnia (Forragicultura e Pastagens), no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, em Areia, Paraíba, submetendo-se à defesa de dissertação em julho de 2010.

Em agosto de 2010 ingressou no programa de Doutorado em Zootecnia (Forragicultura e Pastagens), na Universidade Federal de Viçosa, no qual passou um ano na *University of Delaware*, em *Newark-DE*, Estados Unidos, submetendo-se à defesa de tese em agosto de 2014.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	viii
LISTA DE FIGURAS .....	x
RESUMO .....	xi
ABSTRACT .....	xiv
1.1. Introdução geral .....	1
2. Referências bibliográficas .....	5

### Capítulo I

<b>Silagem de estilosantes com ou sem concentrado em dietas para ovinos: valor nutritivo e fermentação ruminal</b> .....	9
1. Introdução .....	11
2. Material e métodos .....	12
2.1. Local e condições climáticas .....	12
2.2. Dietas experimentais .....	12
2.3. Animais, período experimental, mensuração e coleta das amostras .....	13
2.4. Análises laboratoriais .....	14
2.5. Análises estatísticas .....	15
3. Resultados .....	16
3.1. Consumo e digestibilidade dos nutrientes .....	16
3.2. Amônia ruminal e pH .....	18
3.3. Derivados de purina e síntese de proteína microbiana .....	20
4. Discussão .....	21
4.1. Consumo e digestibilidade dos nutrientes .....	21
4.2. Amônia ruminal e pH .....	22
4.3. Derivados de purina e síntese de proteína microbiana .....	23
5. Conclusões .....	23
6. Referências Bibliográficas .....	24

### Capítulo II

<b>Avaliação da silagem de estilosantes campo grande com níveis de concentrado em dietas para bovinos de corte</b> .....	28
1. Introdução .....	30
2. Material e métodos .....	31
2.1. Local e condições climáticas .....	31
2.2. Semeadura, colheita e ensilagem do estilosantes e milho .....	31

2.3. Dietas experimentais.....	31
2.4. Animais, período experimental, mensuração e coleta das amostras.....	33
2.5. Análises laboratoriais.....	34
2.6. Análises estatísticas .....	35
3. Resultados .....	36
3.1. Digestibilidade dos nutrientes, pH e amônia ruminal (Exp1).....	36
3.2. Consumo de nutrientes e desempenho animal (Exp 2).....	39
4. Discussão .....	40
4.1. Digestibilidade dos nutrientes, pH e amônia ruminal (Exp1).....	40
4.2. Consumo de nutrientes e desempenho animal (Exp 2).....	41
5. Conclusões .....	43
6. Referências Bibliográficas .....	43

### **Capítulo III**

<b>Avaliação do tamanho de partícula da cana-de-açúcar e níveis de concentrado em dietas para bovinos de corte .....</b>	<b>47</b>
1. Introdução .....	49
2. Material e métodos.....	49
2.1. Local e condições climáticas .....	49
2.2. Colheita e picagem da cana-de-açúcar .....	50
2.3. Dietas experimentais.....	50
2.4. Animais, período experimental, mensuração e coleta das amostras.....	52
2.5. Análises laboratoriais.....	54
2.6. Análises estatísticas .....	55
3.3. Resultados .....	55
3.1. Tamanho de partícula e fibra efetiva .....	55
3.2. Amônia ruminal e pH (Exp1) .....	56
3.3. Consumo, digestibilidade de nutrientes e desempenho animal (Exp 2) .....	58
4. Discussão .....	61
4.1. Tamanho de partícula e fibra efetiva .....	61
4.2. Amônia ruminal e pH (Exp1) .....	62
4.3. Consumo, digestibilidade de nutrientes e desempenho animal (Exp 2) .....	63
5. Conclusões .....	65
6. Referências Bibliográficas .....	65

## Capítulo IV

<b>Evaluating a chemical additive on the fermentation and aerobic stability of high moisture corn</b> .....	71
1. Introduction.....	72
2. Materials and Methods.....	73
3. Results and Discussion.....	74
4. Conclusions.....	77
5. References.....	77

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo I

Tabela 1. Composição química dos ingredientes das dietas experimentais.....	12
Tabela 2. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais, expressos na base da matéria seca.....	13
Tabela 3. Médias de mínimos quadrados para o consumo de nutrientes (g/d) em ovinos alimentados com silagem de estilosantes ou silagem de milho.....	16
Tabela 4. Valores médios da digestibilidade aparente dos nutrientes (g/kg) em ovinos alimentados com silagem de estilosantes ou silagem de milho, com ou sem concentrado.....	17
Tabela 5. Valores médios do pH e amônia ruminal e concentração de ovinos alimentados com silagem de estilosantes ou silagem de milho, com ou sem concentrado.....	18
Tabela 6. Valores médios das excreções diárias dos derivados de purina e para a síntese e eficiência de síntese de proteína microbiana obtidas em ovinos alimentados com dietas a base de silagem de estilosantes ou silagem de milho.....	20

### Capítulo II

Tabela 1. Composição química dos ingredientes das dietas experimentais.....	31
Tabela 2. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais, expressos na base da matéria seca.....	31
Tabela 3. Valores médios da digestibilidade aparente (DA) total, ruminal e intestinal em bovinos alimentados com dietas contendo silagem de estilosantes (SE) ou silagem de milho (SM).....	37
Tabela 4. Tabela 4. Valores médios de pH e concentração de amônia (mg/dL) de bovinos alimentados com dietas contendo silagem de estilosantes (SE) ou silagem de milho (SM).....	37
Tabela 5. Valores médios do consumo de nutrientes em bovinos alimentados com dietas contendo silagem de estilosantes (SE) ou silagem de milho (SM).....	39
Tabela 6. Valores médios do desempenho produtivo e eficiência alimentar de bovinos alimentados com dietas silagem de estilosantes (SE) ou silagem de milho (SM).....	40

### Capítulo III

Tabela 1 – Composição química dos ingredientes das dietas experimentais.....	51
Tabela 2. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais, expressos na base da matéria seca.....	51

Tabela 3. Caracterização física e efetividade da fibra da cana-de-açúcar triturada em dois tamanhos de partícula segundo regulagem de corte da colhedora de forragem.....	56
Tabela 4. Médias de mínimos quadrados para o pH ruminal de bovinos alimentados com dietas a base de cana-de-açúcar com dois tamanhos de partícula e dois níveis de concentrado.....	57
Tabela 5. Médias de mínimos quadrados para o consumo de nutrientes em bovinos alimentados com dietas a base de cana-de-açúcar com dois tamanhos de partícula e dois níveis de concentrado.....	59
Tabela 6. Valores médios das quantidades de nutrientes digeridas (kg/dia) em bovinos alimentados com dietas a base de cana-de-açúcar com dois tamanhos de partícula e dois níveis de concentrado.....	60
Tabela 7. Médias de mínimos quadrados para o desempenho produtivo, rendimento de carcaça (RC) e eficiência alimentar (EA) de bovinos alimentados com dietas a base de cana-de-açúcar com diferentes tamanhos de partícula (TP) e níveis de concentrado.....	61

#### **Capítulo IV**

Table 1. The dry matter content, chemical composition (DM basis), pH, microbial composition (fresh weight basis), and buffering capacity (meq NaOH/ 100g DM) of fresh high moisture corn (HMC) treated with levels of Safesil before ensiling.....	82
Table 2. The dry matter content, chemical composition (DM basis), pH, fermentation characteristics, microbial composition (fresh weight basis), aerobic stability and dry matter recovery of high moisture corn silage treated with levels of Safesil after 90 days of ensiling.....	83
Table 3. The dry matter content, chemical composition (DM basis), pH, fermentation characteristics, microbial composition (fresh weight basis), aerobic stability and dry matter recovery of high moisture corn silage treated with levels of Safesil after 90 days of ensiling.....	84

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo I

Figura 1. Estimativa do pH ruminal de ovinos alimentados com dietas contendo silagem de estilosantes ou silagem de milho, em função do horário de coleta (T). QMRes = 0.43; \* $P < 0,05$ .....19

Figura 2. Estimativa do nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) de ovinos alimentados com dietas a base de silagem de estilosantes ou silagem de milho, em função do horário de coleta (T). SE = silagem de estilosantes exclusiva; SE+C = silagem de estilosantes e concentrado; SM = silagem de milho; e SE+C = silagem de milho e concentrado. QMRes = 0.43; \* $P < 0,05$ .....19

### Capítulo II

Figura 1. Estimativa do pH ruminal de bovinos de corte alimentados com dietas contendo silagem de estilosantes (SE) ou silagem de milho (SM). QMRes = 0.35; \* $P < 0,05$ .....38

Figura 2. Estimativa do nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) de bovinos de corte alimentados com dietas contendo silagem de estilosantes (SE) ou silagem de milho (SM). QMRes = 3.61; \* $P < 0,05$ .....38

### Capítulo III

Figura 1. Estimativa do pH ruminal de bovinos de corte alimentados com dietas contendo cana de açúcar e 40% de concentrado. QMRes = 0.23; \* $P < 0,05$ .....57

Figura 2. Estimativa do nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) de bovinos de corte alimentados com dietas a base de cana-de-açúcar com dois tamanhos de partícula (TP) e dois níveis de concentrado (C). T1 = Cana-de-açúcar no menor TP + 40 %C; T2 = Cana-de-açúcar no menor TP + 60% C; T3 = Cana-de-açúcar no maior TP + 40% C T4 = Cana-de-açúcar no maior TP + 60% C. QMRes = 4.57; \* $P < 0,05$ .....58

### Capítulo IV

Figure 1. Aerobic stability of high moisture corn treated with Safesil after 21 and 90 days of ensiling. SEM = 32.07. Effect of treatment with Safesil,  $P < 0.01$ ; effect of day of ensiling,  $P = 0.24$ ; interaction between treatment with Safesil and day of ensiling,  $P = 0.29$  <sup>a-b</sup> Bars with unlike superscripts differ ( $P < 0.05$ ).....85

## RESUMO

SILVA, Thiago Carvalho da, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2014. **Silagem de estilosantes e cana-de-açúcar *in natura* na alimentação de ruminantes e perfil fermentativo e estabilidade aeróbia de grãos úmidos de milho tratados com aditivo químico.** Orientador: Odilon Gomes Pereira. Coorientadores: Sebastião de Campos Valadares Filho e Karina Guimarães Ribeiro.

O presente trabalho foi desenvolvido mediante a condução de seis experimentos, os quais geraram informações que serão apresentadas na forma de quatro capítulos. **No primeiro capítulo**, foram avaliados o consumo e a digestibilidade aparente dos nutrientes, a concentração de amônia e o pH ruminal, a síntese de proteína microbiana em ovinos alimentados com dietas contendo silagens de estilosantes cv. Campo Grande (SE) ou de milho (SM) com e sem concentrado (C; 40% da matéria seca (MS)). Foram utilizados quatro ovinos com peso médio inicial de  $41 \pm 2,68$  kg distribuídos em um delineamento em quadrado latino  $4 \times 4$ , em esquema fatorial  $2 \times 2$ . O experimento teve a duração de 60 dias, divididos em quatro períodos de 15 dias, sendo 10 dias para adaptação e cinco dias para coleta de amostras e dados. Na presença de concentrado, a dieta contendo SE apresentou consumos de matéria seca e de nutrientes digestíveis totais semelhantes ( $P > 0,05$ ) aos observados para a dieta com SM, enquanto nas dietas sem concentrado observaram-se menores valores para a dieta com SE ( $P < 0,05$ ). A digestibilidade da matéria orgânica não diferiu entre SE e SM com a inclusão de concentrado ( $P > 0,05$ ). A dieta com SE sem concentrado apresentou maior valor de pH em relação à dieta com SM ( $P < 0,05$ ; 6,74 vs. 6,08). Os valores de eficiência de síntese de proteína microbiana foram semelhantes ( $P > 0,05$ ) para SE e SM nas dietas com concentrado. Recomenda-se a utilização da silagem de estilosantes cv. Campo Grande em dietas para ovinos com 40% de concentrado na MS total. **No segundo capítulo**, foram avaliadas as digestibilidades total e parcial dos nutrientes, os parâmetros ruminais e o desempenho produtivo de bovinos de corte alimentados com dietas contendo silagem de estilosantes e milho. Os tratamentos consistiram de proporções de silagem de Estilosantes Campo Grande (SE): concentrado (C), com base na MS: 80:20 (SE-80:20), 60:40 (SE-60:40), 40:60 (SE-40:60), e um tratamento referência com silagem de milho (SM) e 40% de C (SM-60:40). No experimento 1 foram utilizados quatro bovinos mestiços Holandês  $\times$  Zebu com peso médio inicial de  $429 \pm 15$  kg, fistulados no rúmen e abomaso, distribuídos em um delineamento em quadrado latino  $4 \times 4$ . No segundo experimento, Trinta e dois bovinos Nelore,  $364,28 \pm 2,82$  kg de peso corporal, foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com oito repetições. Os consumos de carboidratos não fibrosos

(CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT) das dietas SE-80:20 e SE-60:40 foram menores em relação à dieta com SM-60:40. Essas mesmas dietas apresentaram menores valores ( $P < 0,05$ ) para a digestibilidade aparente total da MS e PB em relação à dieta referência. Os contrastes entre as dietas não foram significativos para os valores de digestibilidade ruminal e intestinal ( $P > 0,05$ ). A concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) foi afetada apenas pelo tempo de coleta ( $P < 0,05$ ), ajustando-se um modelo cúbico. Quando incluída na mesma proporção que a SM (60:40) a SE resultou em consumo semelhante para os mesmos nutrientes ( $P < 0,05$ ). Entretanto, apenas a dieta com SE-40:60 resultou em consumo semelhante ( $P > 0,05$ ) de NDT em relação à dieta SM-60:40. Observou-se aumento linear ( $P < 0,05$ ) para o consumo e o desempenho produtivo com o aumento do nível de concentrado nas dietas contendo SE. A dieta SE-60:40 resultou em menor média ( $P < 0,05$ ) de ganho médio diário de carcaça (GMDC) em comparação à dieta referência. Entretanto, na dieta com maior proporção de concentrado (SE-40:60) observou-se GMDC semelhante ( $P > 0,05$ ) ao da SM. A silagem de estilosantes apresenta desempenho semelhante à silagem de milho em dietas com 60% de concentrado indicando grande potencial de uso da silagem dessa leguminosa em dietas de bovinos de corte, em condições tropicais. **No terceiro capítulo**, Objetivou-se avaliar o efeito de dois tamanhos de partículas (TP) e dois níveis de concentrado (C) sobre as digestibilidades ruminal e intestinal dos nutrientes, o pH e a concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) e o desempenho produtivo de bovinos de corte alimentados com cana-de-açúcar triturada. Os tratamentos consistiram da cana-de-açúcar triturada em dois TP (Grande e Pequeno) em combinação com dois níveis de concentrado (40 e 60%, com base na MS). No experimento 1 foram utilizados quatro bovinos mestiços Holandês  $\times$  Zebu com peso corporal médio inicial de  $510 \pm 11$  kg distribuídos em um delineamento em quadrado latino  $4 \times 4$ , num esquema fatorial  $2 \times 2$  (2 TP  $\times$  2 C). No segundo experimento, foram utilizados 32 bovinos Nelore, com PC de  $358 \pm 2,67$  kg, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial  $2 \times 2$ , com 8 repetições. As médias geométricas dos tamanhos de partícula pequeno foram 8,30 mm (com percentuais retidos nas peneiras de 19, 8 e 1,18 e base de 13,21; 24,09; 61,68 e 1,02%, respectivamente) e grande de 15,92 mm (com percentuais retidos nas peneiras de 19, 8 e 1,18 e base de 19,07; 61,02; 18,39 e 1,52%, respectivamente). A dieta com TP pequeno e 60% C resultou em menor ( $P < 0,05$ ) valor de pH (5,75). O consumo dos nutrientes foi afetado pelo tamanho de partícula e pelo nível de C ( $P < 0,05$ ). O consumo de matéria seca (MS) e matéria orgânica foi maior para a cana triturada no maior TP ( $P < 0,05$ ). O consumo de nutrientes digestíveis totais foi maior ( $P < 0,05$ ) para as dietas com 60% de

C (5,46 kg/dia). A dieta contendo 60% de C e cana triturada no maior TP apresentou maior MS digerida ( $P < 0.05$ ). Foi observado efeito da interação T×C sobre o ganho médio diário de carcaça, registrando-se maior valor para a cana triturada no maior tamanho ( $P < 0,05$ ), na dieta com 60% de C. O maior tamanho de partícula da cana-de-açúcar ( $X_{gm} = 15,95$  mm) resulta em maior desempenho dos animais em dietas com 60% de concentrado (base da MS). **No quarto capítulo**, foi avaliado o efeito de um aditivo químico na fermentação e estabilidade aeróbia da silagem de grãos úmidos de milho (GUM). O GUM (~ 63% de MS) não passou por tratamento com aditivo (controle), ou foi tratado com 2 L de Safesil (SFE, nitrito de sódio, sorbato de potássio e benzoato de sódio, salinidade Agro, Halmstad, Suécia) / t de GUM, 3 L de SFE / t ou 4 L de SFE / t. Silos de laboratório (7,5 L, 4 silos / tratamento / ponto de tempo) foram preparados (densidade de 672 kg de MS/ m<sup>3</sup>) e ensilado por 21 e 90 dias a  $22 \pm 2$  ° C. Os dados foram analisados segundo um fatorial  $4 \times 2$ , sendo quatro tratamentos com o aditivo SFE e dois períodos de abertura (21 e 90 d). A contagem de leveduras foi semelhante ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos após 21 dias de ensilagem, mas depois de 90 dias os valores foram menores ( $P < 0,05$ ) no GUM tratado com SFE ( $< 2$  log ufc / g para todos os níveis) em relação ao tratamento controle (3,22 log UFC / g). Em comparação com o controle, o tratamento com SFE em todos os níveis não afetou as concentrações de ácidos orgânicos (lático, acético e propiônico) ou pH, em qualquer período de abertura. Em contraste, o tratamento com SFE diminuiu consideravelmente ( $P < 0,01$ ) as concentrações de etanol no GUM após 21 e 90 d ( $< 0,25\%$  de MS para todos os níveis) quando comparado com GUM sem tratamento (1,02 e 0,76% da MS, para os dias 21 e 90, respectivamente). O tratamento com SFE melhorou substancialmente ( $P < 0,01$ ) a estabilidade aeróbia do GUM após 21 dias de ensilagem (84 h para o GUM não tratado vs  $> 500$  h para GUM tratado com SFE) e, após 90 d de ensilagem (73 h para o GUM não tratado vs  $> 500$  h para GUM tratado com SFE). Esta foi a primeira avaliação do Safesil em GUM na América do Norte e mostrou que este aditivo, mesmo quando adicionado a um nível relativamente baixo (2 L / t), efetivamente melhorou a estabilidade aeróbia de GUM e reduziu as concentrações de etanol, sem alterar as concentrações de ácidos orgânicos ou pH.

## ABSTRACT

SILVA, Thiago Carvalho da, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2014. **Stylosanthes silage and fresh sugarcane for ruminant feeding, and the fermentation and aerobic stability of high moisture corn with a chemical additive.** Adviser: Odilon Gomes Pereira. Co-adviser: Sebastião de Campos Valadares Filho and Karina Guimarães Ribeiro.

The present work was developed by conducting five experiments, which generated information that will be presented in the form of four chapters. **In the first chapter**, the objective was to evaluate the intake, apparent digestibility, ruminal ammonia nitrogen, and microbial protein production in sheep fed with *Stylosanthes* spp. cv. Campo Grande (StS) or corn silage (CS). Four mixed breed Santa Inês sheep with an average initial weight of  $41 \pm 2.68$  kg were randomly distributed to a  $4 \times 4$  latin square in a  $2 \times 2$  factorial arrangement of treatments. The experiment lasted 60 days divided into four periods of 15 days (10 days for adaptation and 5 days for collection of samples and data). When concentrate was added to the diets, the intake of dry matter (DM) and of total digestible nutrients (TDN) in the StS diet were similar to those observed in CS ( $P > 0.05$ ). However, the lowest intake of DM and of TDN were observed in the StS diet without concentrate ( $P < 0.05$ ). The DM apparent digestibility did not differ between StS and CS when concentrate was added ( $P > 0.05$ ). The pH value observed in the StS without concentrate was higher than the CS without concentrate ( $P < 0.05$ ; 6.74 vs. 6.08). The efficiency of microbial protein synthesis was similar ( $P > 0.05$ ) between StS and SM diets when concentrate was added ( $P > 0.05$ ). The *Stylosanthes* cv. Campo Grande can be included in diets with 40% of concentrate for sheep. **In the second chapter**, the was to evaluate the ruminal and intestinal digestion, the ruminal fermentation and the performance of beef cattle fed diets with stylosanthes silage (StS) and corn silage (CS). The treatments consisted of diets with ratios of StS: concentrate (C): 80:20 (StS-80:20), 60:40 (StS-60:40), 40:60 (StS-40:60), and a treatment with 60% of CS and 40% C (CS-60:40) used as a reference. Four Holstein  $\times$  Zebu bulls (average body weight of  $429 \pm 15$  kg) were used in the experiment 1, distributed in a  $4 \times 4$  latin square design. In the second experiment, thirty-two Nellore bulls,  $364.28 \pm 2.82$  kg body weight, were distributed in a completely randomized design with eight replicates. The diets StS-80:20 and SE-60:40 showed lower ( $P < 0.05$ ) intake of non-fibrous carbohydrates (NFC) and total digestible nutrients (TDN) compared to the diet CS-60:40. These same diets had lower total digestibility of dry matter (DM), and crude protein (CP) than the reference diet ( $P < 0.05$ ). The concentration of ruminal ammonia-nitrogen was affected by sampling time ( $P < 0.05$ ).

and had a cubic behavior. The diet SE-60:40 had the same intake of nutrients as the diet CS-60:40 ( $P < 0.05$ ). However, only the diet StS-40:60 showed the same intake of TDN of the diet CS-60:40 ( $P < 0.05$ ). The intake and performance increased linearly with increasing concentrate proportions in the diets containing StS. Lower ( $P < 0.05$ ) average daily gain of carcass (ADGC) was observed in those animals fed with the diet StS-60:40. However, the diet StS-40:60 showed similar ADGC to the diet CS-60:40 ( $P > 0.05$ ). Stylosanthes silage presents a productive performance similar to corn silage in diets with a 60% of concentrate and it shows the potential use of this legume in diets for beef cattle, in tropical conditions. **In the third chapter**, The objective of this study was to evaluate the ruminal and intestinal digestion, the ruminal fermentation (experiment 1) and the performance of beef cattle fed sugarcane (SC) chopped in two particle sizes (PS; small and large) and two concentrate levels (C; 40 and 60% in dry matter (DM) basis). The treatments were the combinations between the combination of two PS of chopped SC and two levels of C (40 and 60%, DM basis). Four Holstein  $\times$  Zebu bulls (average body weight of  $510 \pm 11$  kg) were used in the experiment 1, distributed in a  $4 \times 4$  latin square design with a complete factorial  $2 \times 2$  (2 PS  $\times$  2 C). In the second experiment, thirty-two Nellore bulls ( $358 \pm 2.67$  kg initial body weight), with eight replicates. The geometric averages of the PS were 9.30 and 15.92 mm for small and large PS of SC, respectively. The retained percentage on sieves of 19, 8 and 1.18 mm were 13.83, 31.37, and 54.10% for fine-chopped SC and 18.63, 44.53, and 36.41% for coarse-chopped SC. The diet with small PS and 60% C had the lowest pH (5.75;  $P < 0.05$ ). The nutrient intake was affected by PS and C ( $P < 0.05$ ). Sugarcane chopped in the large PS had higher intake of dry matter (DM) and organic matter ( $P < 0.05$ ). Higher intake of total digestible nutrients ( $P < 0.05$ ) was recorded in animals fed diets containing 60% C (5.46 kg/ day). The diet containing 60% C and large-chopped SC had higher amount of digested DM ( $P < 0.05$ ). Interaction effect was observed on the average daily gain of carcass ( $P < 0.05$ ), recording highest value (1.08 kg/day) in the diet with large-chopped SC and 60% C. We concluded that large-chopped sugarcane ( $X_{gm} = 15.95$  mm) increases the performance of Nellore bulls in diets with 60% concentrate (DM basis). **In the fourth chapter**, the objective of this experiment was to evaluate effect of a chemical additive on fermentation and aerobic stability of high moisture corn (HMC). Ground HMC (~63% DM) was untreated, or treated with 2 L of Safesil (SFE, sodium nitrite, potassium sorbate, and sodium benzoate, Salinity Agro, Halmstad, Sweden)/t of fresh HMC, 3 L of SFE/t, or 4 L of SFE/t. Lab silos (7.5 L, 4 silos/treatment/time point) were prepared (density of 672 kg of DM/m<sup>3</sup>) and ensiled for 21 and 90 d at  $22 \pm 2$  °C. Numbers of yeasts were similar among

treatments after 21 d of ensiling but after 90 d they were lower in HMC treated with SFE (< 2 log cfu/g for all levels) compared to untreated HMC (3.22 log cfu/g). Compared to untreated HMC, the addition of SFE to HMC at all levels did not affect the concentrations of organic acids (lactic, acetic, and propionic) or pH at any ensiling time. In contrast, treatment with SFE markedly decreased the concentrations of ethanol in HMC after 21 and 90 d (< 0.25% of DM for all SFE levels) when compared to untreated HMC (1.02 and 0.76 % of DM, respectively at d 21 and 90). Treatment with SFE markedly improved the aerobic stability of HMC after 21 d (84 h for untreated HMC vs. > 500 h for HMC treated with SFE at all levels) and after 90 d of ensiling (73 h for untreated HMC vs. > 500 h for HMC treated with SFE at all levels). Dry matter recovery was also improved by SFE when compared to untreated HMC at both times of ensiling. This was the first evaluation of SFE on HMC in North America, and it showed that this additive, even when added at a relatively low level (2 L/t) effectively reduced the numbers of yeasts, reduced the concentration of ethanol and improved DM recovery and the aerobic stability (even after a short period of ensiling) of HMC.

## 1.1. Introdução geral

A produção animal nos trópicos tem como principal fonte de alimento os volumosos, os quais são fornecidos *in natura* ou conservados. Além disso, pecuária Brasileira apresenta uma característica de sazonalidade na produção de plantas forrageiras ao longo do ano, e isto resulta em períodos de elevada produção seguidos de períodos de escassez. Nesse contexto, a ensilagem é uma alternativa muito empregada nos sistemas de criação animal e consiste na preservação de forragens úmidas, recém-colhidas ou pré-secadas, com elevado valor nutritivo, para serem administradas nas épocas de escassez de alimentos (Evangelista et al., 2004).

Definindo ensilagem basicamente, pode-se dizer que é um método de preservação do valor nutritivo da forragem baseado na fermentação láctica sob condições anaeróbias (Gollop et al., 2005). Woolford (1984) definiu silagem como “o produto formado quando o capim ou outro material com elevado conteúdo de umidade, susceptível à deterioração aeróbica, e preservado anaerobicamente”. O material pode ser a planta inteira ou parte da planta, como os grãos (Wilkinson et al., 2003).

Os princípios básicos da ensilagem são armazenar o excedente de forragem e conservar o seu valor nutritivo de modo que este permaneça estável até a necessidade de fornecimento aos animais. Este processo se dá em condição de anaerobiose, onde ocorre uma metabiose, ou seja, uma sucessão de grupos de microrganismos até atingir um nível de acidez, através da produção de ácido láctico pelas BAL, quando o desenvolvimento de microrganismos deterioradores, os quais são menos tolerantes às condições ácidas, é inibido. Assim, quanto mais rápida for a queda do pH, menores serão as perdas na ensilagem devido à maior conversão dos carboidratos solúveis da planta em ácido láctico (McDonald et al., 1991).

Em 1981, McDonald citou o milho como o cereal mais popular conservado na forma de silagem e que grandes áreas eram cultivadas em diversas partes do mundo. Wilkinson e Toivonen, no ano de 2003, constataram que as culturas mais importantes para ensilagem são o milho e os capins, sendo o milho mais importante na América do Norte e os capins, na Europa. Luther (1986) também afirmou que o milho era uma fonte palatável de nutrientes para ruminantes, com elevada produção.

As culturas de milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) parecem ser as espécies mais adaptadas ao processo de ensilagem, devido ao alto teor de carboidratos solúveis, baixo poder tampão, considerável produtividade de matéria seca

(PMS) e qualidade das silagens produzidas. Recentemente, estudos conduzidos no Brasil comprovaram a possibilidade de ensilagem de capins não convencionais, como aqueles dos gêneros *Cynodon* (Evangelista et al., 2000), *Panicum* (Paziani et al., 2006) e *Brachiaria* (Ribeiro et al., 2008; Santos et al., 2011).

As leguminosas forrageiras, nos últimos anos, têm sido avaliadas na forma de silagem, por apresentarem teores de proteína bruta (PB) e minerais elevados em relação às gramíneas e pelo fato de este método de conservação resultar em menores perdas de nutrientes (McDonald et al., 1991; Peters et al., 2001).

Trabalhos reportam que as leguminosas podem contribuir para a sustentabilidade dos agroecossistemas, e podem aumentar a população de microrganismos solubilizadores de fosfato, melhorando a eficiência de utilização desse nutriente (Albredcht & Beauchemin, 2003; Peters et al., 2001).

Além disso, as leguminosas apresentam a capacidade de fixação biológica do nitrogênio (FBN) através da simbiose com bactérias do grupo dos rizóbios, apresentam tolerância à acidez e tolerância à baixa fertilidade do solo em regiões tropicais e subtropicais. As leguminosas forrageiras tropicais podem fixar de 2 a 183 kg/ha/ano de N, sendo que a FBN responde por 70 a 94 % do N existente na parte aérea (Thomas, 1995). De fato as raízes das leguminosas são mais eficientes na extração de nutrientes de solos de baixa fertilidade (Rao, 2001). O *Stylosanthes guianensis*, por exemplo, além de apresentar elevada tolerância ao alumínio, utiliza melhor o fósforo em condições de solo de baixa fertilidade natural (Du et al., 2009).

No Brasil, são poucas as leguminosas tropicais citadas na literatura com resultados referentes a estágios mais avançados de pesquisas, que sejam objeto de divulgação e que tenham despertado interesse por parte dos produtores ou empresas de sementes. Neste contexto, as leguminosas que no momento tem maior potencial de uso são: *Arachis pintoi* (Belmonte), *S. guianensis* cv. Mineirão, Campo Grande (*S. capitata* e *S. Macrocephala*), *Desmodium ovalifolium* cv. Itabela, *Pueraria phaseoloides*, *Calopogonio muconoides*, e leguminosas arbóreas/arbustivas, como a *Lecaena leucocephala*, *Cajanus cajans*, *Gliricidia serpium*, entre outras. No entanto, mesmo essas leguminosas, têm uso ainda muito restrito, dependendo não só do aperfeiçoamento de técnicas de manejo, como também de maior trabalho de difusão.

Além do tradicional uso em consorcio com gramíneas, as leguminosas podem ser utilizadas para a produção de silagem. Trabalhos recentes com compilados por Pereira et al. (2012) mostraram resultados satisfatórios quanto às características fermentativas e bromatológicas e destacam o potencial de ensilagem das leguminosas tropicais.

Pesquisa recente realizada em Viçosa, MG, (Ribeiro et al. 2011a; Ribeiro et al. 2011b) avaliando composição bromatológica e perfil fermentativo de silagens de estilosantes Campo Grande com proporções de capim-elefante, encontraram para a silagem de estilosantes teor de 23,15% MS, 13,6% PB (% MS), 58,6% FDN, 42,2%. Além de valores aceitáveis para pH (4,74), ácido lático (3,58% MS), ácido propiônico (0,89% MS), ácido butírico (0,18% MS) e bactérias do ácido lático (7,36 log UFC/g de forragem).

Os dados de pesquisa evidenciam que as leguminosas podem ser ensiladas desde que os princípios básicos do processo sejam aplicados e que quando necessários, aditivos apropriados sejam utilizados. Entretanto são necessárias mais avaliações a fim de complementar e interligar as informações geradas pelos resultados de populações microbianas e perfil fermentativo. As perdas na ensilagem possibilitam essa integração por quantificar o que realmente foi perdido no processo e por isso são parâmetros indicadores de eficiência. No entanto, apenas alguns trabalhos têm avaliado esses parâmetros.

Além das perdas das avaliações do valor nutricional das silagens das leguminosas tropicais é necessário entender e avaliar se após todo o período de fermentação as silagens serão consumidas pelos animais e se o desempenho será satisfatório. Essa é a última instância na avaliação de alimentos e diz respeito à qualidade, a qual considera todas as etapas, desde os processos fermentativos até o desempenho animal, passando pelo consumo. No entanto, ainda existe carência de informações sobre avaliação das silagens de leguminosas tropicais na alimentação de ruminantes. Estas podem ser feitas avaliando a associação com outros volumosos ou o fornecimento exclusivo, mas fica evidente o elevado potencial que estas plantas apresentam.

Além da silagem, outro alimento amplamente utilizado em confinamentos é a cana de açúcar, seja na forma *in natura* ou ensilada. Quando utilizada na forma *in natura*, a cana de açúcar pode ser manipulada através do processamento, no que diz respeito ao tamanho de partícula. Esse tema tem sido exaustivamente pesquisado fora do Brasil, entretanto, existe carência de informações geradas a partir de animais zebuínos em condições tropicais. Quando ensilada, a cana apresenta limitações em virtude do seu elevado teor de açúcares que resulta em grande produção de etanol e com isso elevadas perdas no processo de ensilagem.

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), originária da Ásia, foi introduzida no Brasil pelos portugueses. Sua importância como cultura é evidenciada pela história, visto que antes do século XIX o Brasil já era mencionado como o maior produtor mundial

de açúcar. As várias transformações no setor sucroalcooleiro, explicam em parte a grande expansão da cultura pelo cenário brasileiro. O grande interesse mundial pelos biocombustíveis, resultado das preocupações com o aquecimento global e as buscas por alternativas de combustíveis fósseis, colocam o Brasil em destaque no cenário econômico mundial, pois este lidera a produção de cana-de-açúcar no mundo, além de ser maior exportador de etanol e açúcar.

O potencial do uso da cana-de-açúcar como alimento para ruminantes em regiões tropicais e temperadas já foi discutido em uma série de revisões (Chapman et al., 1964; Preston, 1977; Valadares Filho et al., 2008), onde são encontrados relatos reportando o uso da cana-de-açúcar para alimentação de bovinos desde que é cultivada. No Brasil, os primeiros estudos utilizando a cana-de-açúcar como forragem só foram realizados em 1940, por Athanassof (1940), que a associou à mandioca e observou melhores resultados para manutenção do que para a produção de leite.

Rodrigues et al. (2002), ao avaliarem o valor nutritivo de variedades de cana-de-açúcar para novilhas com peso médio inicial de 219 kg e 12 meses de idade, verificaram médias diárias de ganho de peso vivo de 0,65 a 0,89 kg e conversão alimentar de 7,64 a 10,18 kg MS/kg de ganho, sendo que as variedades que proporcionaram maiores ganhos de peso e melhor conversão alimentar foram as que apresentaram maiores valores de digestibilidade *in vitro* da MS e relação FDN: açúcares mais baixas.

Valadares Filho et al. (2008), em pesquisa bibliográfica utilizando 48 trabalhos, compilaram dados sobre desempenho e consumo de matéria seca de bovinos alimentados à base de cana-de-açúcar e perceberam que, o desempenho médio observado foi de 0,78 kg/dia e consumo médio de 2,19% do peso vivo, mostrando que para a maioria das situações presentes no Brasil, a cana-de-açúcar pode ser utilizada de forma satisfatória. O baixo ganho de peso é resultante da redução do consumo, quando se aumentam os teores de cana nas dietas.

Menezes (2010) observou que o armazenamento da cana-de-açúcar por 3 dias antes da alimentação não afetou o consumo dos animais, mas observou menores digestibilidades da MS, MO e CNF e teores de NDT em relação à dieta contendo cana-de-açúcar ofertada na forma *in natura*, possivelmente resultante das perdas de carboidratos solúveis ocorridas durante os 3 dias de armazenamento, reduzindo assim o teor de NDT da dieta.

No cenário atual de exaustão de recursos, o aumento na eficiência de uso destes é o principal ponto em qualquer sistema de produção. Isto decorre do fato de que os sistemas de produção não podem parar ou reduzir o que já é produzido, devido à crescente

demanda por produtos, nesse caso, alimentícios. Assim, estudos que visem de alguma forma aumentar a eficiência de um determinado processo estarão contribuindo para uma melhor utilização e preservação dos recursos disponíveis.

Nesse contexto, foram conduzidos quatro experimentos, visando de alguma forma aumentar a eficiência por parte dos animais e da fermentação em silagens, bem como elucidar alguns dos entraves observados na conservação e avaliação de alimentos para ruminantes. Os objetivos de cada experimento estão listados a seguir:

- avaliar o consumo e a digestibilidade dos nutrientes, a concentração de amônia e o pH ruminal, e a produção de proteína microbiana em ovinos alimentados com dietas contendo silagens de estilosantes cv. Campo Grande ou de milho, com e sem concentrado.

- avaliar o desempenho, a utilização dos nutrientes e parâmetros ruminais em bovinos de corte confinados consumindo dietas a base de silagem de estilosantes e níveis de concentrado.

- avaliar os efeitos do tamanho de partícula da cana-de-açúcar e do nível de concentrado sobre o desempenho, a utilização dos nutrientes e os parâmetros ruminais em bovinos de corte confinados.

- avaliar o efeito de doses de *Safesil* (mistura contendo nitrito de sódio, sorbato de potássio e benzoato de sódio) adicionado aos grãos úmidos de milho durante a ensilagem sobre a melhoria da estabilidade aeróbia das silagens.

Os capítulos I, II, III e IV foram escritos de acordo com as normas das revistas *Small Ruminant Research*, *Animal Production Science*, *Journal of Animal Science* e *Journal of Dairy Science*, respectivamente.

## 2. Referências bibliográficas

ALBRECHT, K.A.; BEAUCHEMIN, K.A. 2003. Alfalfa and other perennial legume silage. Buxton, D.R., Muck, R.E., & Harrison, J.H. **Silage Science and Technology Agron Monogr** 42. ASA, CSSA, and SSSA. Madison, WI: pp. 633–664.

ATHANASSOF, N.A. 1940. A cana na alimentação dos animais domésticos. **Revista Agrícola**, 15:421-427.

- CHAPMAN, H.L.; KIDDER, R.W.; KIRK, W.G. et al. 1964. Sugarcane and its by-products for cattle feeding. **Proceedings of the Soil and Crop Science Society of Florida**, 24:486.
- DU Y.M.; TIAN J.; LIAO H., BAI C.J.; YAN X.L.; LIU G.D. 2009. Aluminum tolerance and high phosphorus efficiency helps *Stylosanthes* better adapt to low-P acid soils. **Annals of Botany**, 103:1239-1247.
- EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A.; BERNARDES, T.F. 2000. Evaluation of Some Characteristics of Star Grass (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst). **Revista Brasileira de Zootecnia**, 29:941-946.
- EVANGELISTA, A.R.; ABREU, J.G.; PEREIRA, R.C. 2004. Perdas na conservação de forragens. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2., 2004, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, p. 75-112.
- GOLLOP, N.; ZAKIN, V.E; WEINBERG, Z.G. 2005. Antibacterial activity of lactic acid bacteria included in inoculants for silage and in silages treated with these inoculants. **Journal of Applied Microbiology**, v.98, pp.662–666, 2005.
- LUTHER, R.M. 1986. Effect of microbial inoculation of whole plant corn silage on chemical characteristics, preservation and utilization by steers. **Journal of Animal Science**, 63:1329-1336.
- McDONALD, P.1981. **The biochemistry of silage**. Chichester: John Wiley & Sons, 218p.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S. 1991. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe, 340p.
- MENEZES, G.C.C. 2010. **Cana-de-açúcar in natura ou ensilada e silagem de milho em dietas para bovinos de corte confinados**. 89p. Tese (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- PAZIANI, S.F; NUSSIO, LG.; LOURES, D.R.S. et al. 2006. Effects of dry matter content and bacterial inoculant on the physical and chemical properties and losses in Tanzânia grass silage. **Acta Scientiarum Animal Science**, 28:265-271.

- PEREIRA, O.G.; Silva, T.C.; RIBEIRO, K.G. 2012. Topical Legume Silages. In: PEREIRA, O.G.; FONSECA, D.M.; RIBEIRO, K.G.; CHIZZOTTI, F.H.M. (Org.). **Anais do VI Simpósio sobre manejo estratégico - VI SIMFOR**. 1ed.: 6:269-284.
- PETERS, M.; HORNE, P.; SCHMIDT, A. et al. 2001. The role of forages in reducing poverty and degradation of natural resources in tropical production systems. **Agricultural Research & Extension Network**, No. 117.
- PRESTON, T.R. 1977. Nutritive value of sugarcane for ruminants. **Tropical Animal Production**, 2:125-142.
- RAO, I. M. 2001. Adapting tropical forages to low-fertility soils. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19, Piracicaba, 2001. **Anais...** Piracicaba: UNESP, p. 247-271.
- RIBEIRO, J.L.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B. et al. 2008. Valor nutritivo de silagens de capim-marandu submetidas aos efeitos de umidade, inoculação bacteriana e estação do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 37:1176-1184.
- RIBEIRO, K.G.; PEREIRA, O.G.; CEZÁRIO, A.S. et al. 2011a. Perfil fermentativo de silagens mistas de estilosantes Campo Grande e capim-elefante. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 48, Belém, 2011. **Anais...** Belém, SBZ (CD ROOM)
- RIBEIRO, K.G.; PEREIRA, O.G.; RIGUEIRA, J.P.S. et al. 2011b. Composição bromatológica de silagens mistas de estilosantes Campo Grande e capim elefante. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 48, Belém, 2011. **Anais...** Belém, SBZ (CD ROOM)
- RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R. et al. 2002. Efeito da qualidade de quatro variedades de cana-de-açúcar no ganho de peso de novilhas canchim. In: reunião da sociedade brasileira de zootecnia, 39, 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ.
- Santos, E.M.; Pereira, O.G.; Garcia R. et al. 2011. Microbial populations, fermentative profile and chemical composition of sinalgrass silages at different regrowth ages. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 40:747-755.
- THOMAS, R.J. 1995. Role of legumes in providing N for sustainable tropical pasture legumes. **Plant and Soil**, 174:103-118.

VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, M.L. et al. 2008. Otimização de dietas à base de cana-de-açúcar. In: VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M.F.; PAULINO, P.V.R. et al. (Ed.). **Anais do VI Simpósio de Produção de Gado de Corte**. 6.ed. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora, p.121-183.

Wilkinson, J.M.; Bolsen, K.K.; Lin, C.J. History of silage. 2003. In: Buston, D.R.; Muck, E.R.; Herrison, J.H. (Eds). **Silage Science and Technology**. Madison, ASA-CSSA-SSSA, Agronomy, 42:1-30.

Woolford, M.K. **The silage fermentation**. New York, Marcel Dekker. 1984, p.23-132.

## Capítulo I

### **Silagem de estilosantes com ou sem concentrado em dietas para ovinos: valor nutritivo e fermentação ruminal**

**Resumo:** Foram avaliados o consumo e a digestibilidade aparente dos nutrientes, a concentração de amônia e o pH ruminal, a síntese de proteína microbiana em ovinos alimentados com dietas contendo silagens de estilosantes cv. Campo Grande (SE) ou de milho (SM) com e sem concentrado (C; 40% da matéria seca (MS)). Foram utilizados quatro ovinos com peso médio inicial de  $41 \pm 2,68$  kg distribuídos em um delineamento em quadrado latino  $4 \times 4$ , em esquema fatorial  $2 \times 2$ . O experimento teve a duração de 60 dias, divididos em quatro períodos de 15 dias, sendo 10 dias para adaptação e cinco dias para coleta de amostras e dados. Na presença de concentrado, a dieta contendo SE apresentou consumos de matéria seca e de nutrientes digestíveis totais semelhantes ( $P > 0,05$ ) aos observados para a dieta com SM, enquanto nas dietas sem concentrado observaram-se menores valores para a dieta com SE ( $P < 0,05$ ). A digestibilidade da matéria orgânica não diferiu entre SE e SM com a inclusão de concentrado ( $P > 0,05$ ). A dieta com SE sem concentrado apresentou maior valor de pH em relação à dieta com SM ( $P < 0,05$ ; 6,74 vs. 6,08). Os valores de eficiência de síntese de proteína microbiana foram semelhantes ( $P > 0,05$ ) para SE e SM nas dietas com concentrado. Recomenda-se a utilização da silagem de estilosantes cv. Campo Grande em dietas para ovinos com 40% de concentrado na MS total.

**Palavras-chave:** consumo, digestibilidade, leguminosas tropicais

**Abstract:** The objective of this study was to evaluate the intake, apparent digestibility, ruminal ammonia nitrogen, and microbial protein production in sheep fed with *Stylosanthes* spp. cv. Campo Grande (StS) or corn silage (CS). Four mixed breed Santa Inês sheep with an average initial weight of  $41 \pm 2.68$  kg were randomly distributed to a  $4 \times 4$  latin square in a  $2 \times 2$  factorial arrangement of treatments. The experiment lasted 60 days divided into four periods of 15 days (10 days for adaptation and 5 days for collection of samples and data). When concentrate was added to the diets, the intake of dry matter (DM) and of total digestible nutrients (TDN) in the StS diet were similar to those observed in CS ( $P > 0.05$ ). However, the lowest intake of DM and of TDN were observed in the StS diet without concentrate ( $P < 0.05$ ). The DM apparent digestibility did not differ between StS and CS when concentrate was added ( $P > 0.05$ ). The pH value observed in the StS without concentrate was higher than the CS without concentrate ( $P < 0.05$ ; 6.74 vs. 6.08). The efficiency of microbial protein synthesis was similar ( $P > 0.05$ ) between StS and SM diets when concentrate was added ( $P > 0.05$ ). The *Stylosanthes* cv. Campo Grande can be included in diets with 40% of concentrate for sheep.

**Keywords:** digestibility, intake, tropical legumes.

## 1. Introdução

As leguminosas forrageiras tropicais são conhecidas por fixar elevadas quantidades de N e por melhorar as propriedades físicas e biológicas do solo (Thomas, 1995). Trabalhos reportam que as leguminosas podem contribuir para a sustentabilidade dos agroecossistemas, e podem aumentar a população de microrganismos solubilizadores de fosfato, melhorando a eficiência de utilização desse nutriente (Peters et al., 2001; Albredcht & Beauchemin, 2003; Carneiro et al., 2004). Além da redução no uso de fertilizantes nitrogenados e melhorias nas propriedades biofísicas do solo, a utilização das leguminosas também pode contribuir para melhorar a qualidade da dieta e o desempenho animal (Paciullo et al., 2003; Carvalho e Pires, 2008; Souza et al., 2014).

As leguminosas têm sido utilizadas na alimentação de caprinos e ovinos nas regiões tropicais principalmente nas formas *in natura* ou conservada como feno (Mupangwa et al., 2000; Bamikole et al., 2009; Foster et al., 2009). Recentemente, o interesse por silagem de leguminosas em sistemas de alimentação animal tem merecido destaque em países de clima tropical (Heinritz et al., 2011), inclusive no Brasil (Pereira et al., 2012; Souza et al., 2014).

Dentre as leguminosas tropicais, as do gênero *Stylosanthes* spp. tem utilização reconhecida na alimentação de ovinos e caprinos (McSweeney e Cross, 1992; Mupangwa et al., 2000; Hue et al., 2008). No Brasil, resultados promissores foram obtidos com a produção de silagem de estilosantes cv. Campo Grande, considerando o perfil de fermentação e o consumo e desempenho de bovinos (Souza et al., 2014). Silva et al. (2012) avaliaram a digestibilidade da silagem de estilosantes na alimentação de ovinos e verificaram que esta foi menor em relação à observada para a silagem de milho em dietas com 50% de concentrado. Portanto, é importante a avaliação do potencial de uso da silagem de estilosantes na alimentação de ovinos, dada a escassez de informações sobre este alimento para essa espécie animal.

Diante do exposto, hipotetizou-se que a silagem de estilosantes apresenta consumo, digestibilidade e fermentação ruminal semelhantes aos da silagem de milho em dietas com 40% de concentrado. Avaliou-se o consumo e a digestibilidade dos nutrientes, a concentração de amônia e o pH ruminal, e a produção de proteína microbiana em ovinos alimentados com dietas contendo silagens de estilosantes cv. Campo Grande ou de milho, com e sem concentrado.

## 2. Material e métodos

### 2.1. Local e condições climáticas

O experimento foi realizado no laboratório de Animais e as análises químicas no laboratório de Forragicultura, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), situada em Viçosa, Minas Gerais, Brasil. A cidade de Viçosa tem altitude média de 648 m, latitude 20°45'14" sul e longitude 42°52'55" oeste. O clima é do tipo Cwa, clima subtropical úmido, com verão chuvoso e secas no inverno.

### 2.2. Dietas experimentais

Os tratamentos consistiram de dietas contendo silagem de estilosantes cv. Campo Grande (SE) e silagem de milho (SM), com ou sem concentrado (C). O concentrado foi incluído na proporção de 40% da matéria seca (MS) das dietas. A formulação das dietas foi feita para atender as exigências de cordeiros com ganho médio diário de 160 g /dia, segundo o NRC (2007). A composição química dos alimentos utilizados encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química dos ingredientes das dietas experimentais.

	Silagem de estilosantes	Silagem de milho	Concentrado
MS, g/kg MN	283,48	230,03	840,99
	Composicao química, g/kg MS		
MO	64,16	49,02	31,19
PB	88,18	73,55	133,57
EE	13,83	26,54	13,54
FDNcp	590,12	474,46	78,15
CNF	243,70	376,42	743,55
CEL	334,80	223,15	6,14
HEM	143,85	210,05	54,58
LIG	111,47	41,26	17,42
FDNi	148,33	354,22	-
N-NH <sub>3</sub> (g/kg NT)	106,01	81,30	-
pH	4,39	3,82	-

MN = matéria natural; MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína; CNF = carboidratos não fibrosos; CEL = celulose; HEM = hemicelulose; LIG = lignina; FDNi = fibra em detergente neutro indigestível; NT = nitrogênio total

A dietas foram isonitrogenadas e a mistura uréia:sulfato de amônio (9:1) foi utilizada para ajustar o teor de proteína bruta (PB) das silagens para 100 g/kg. A

proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais, expressos na base da matéria seca.

	Dietas*			
	SE	SE+C	SM	SM+C
Proporção dos ingredientes, g/kg MS				
Silagem de estilosantes	995,17	597,10	-	-
Silagem de milho	-	-	989,25	593,55
Uréia / SA <sup>1</sup>	4,83	2,90	10,75	6,45
Grão de milho moído	-	395,10	-	395,10
Farelo de soja	-	4,90	-	4,90
Composição química, g/kg MS				
MS, g/kg MN	286,82	508,10	238,04	478,36
MO	936,15	958,16	951,51	958,23
PB	100,76	106,47	101,67	97,95
FDNcp	587,27	383,85	469,36	313,38
EE	13,77	13,72	26,26	21,26
CNF	256,43	478,13	370,37	546,09
CEL	333,18	202,38	220,76	134,95
HEM	143,16	107,89	207,79	146,86
LIG	110,93	73,58	40,82	31,57

\*SE = silagem de estilosantes exclusiva; SE+C = silagem de estilosantes e concentrado; SM = silagem de milho; e SE+C = silagem de milho e concentrado. <sup>1</sup>Uréia e Sulfato de amônio na proporção 9:1. MN = matéria natural; MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína; CNF = carboidratos não fibrosos; CEL = celulose; HEM = hemicelulose; LIG = lignina.

### 2.3. Animais, período experimental, mensuração e coleta das amostras

O manejo e o tratamento dos animais foram realizados de acordo com as orientações e recomendações do Comitê de Ética em Estudos Animais da UFV (processo nº 33/2014).

Foram utilizados quatro ovinos machos não castrados, mestiços com predominância de sangue Santa Inês, com peso médio inicial de 41±2,68 kg, fistulados no rúmen, segundo técnica descrita por Coelho da Silva e Leão (1979). Os animais foram mantidos em gaiolas individuais dotados de comedouro e bebedouro, em galpão coberto.

Cada período experimental teve a duração de 15 dias, sendo 10 para adaptação e cinco dias para as coletas de amostras e dados, sendo os animais pesados ao início e ao final de cada período experimental. Foram realizadas coletas totais de sobras, fezes e urina por quatro dias de cada período para estimativa da digestibilidade dos nutrientes.

A coleta total de fezes foi realizada utilizando bolsas coletoras de couro adaptadas aos animais. Após a coleta e pesagem das fezes, foram retiradas amostras equivalentes a 10% do peso total excretado e pré-seca em estufa de ventilação forçada, a 60°C por 72

horas, moídas em moinho de facas com peneira de 1 mm, sendo então elaborada uma amostra composta por animal em cada período, com base no peso seco de cada dia de coleta.

A coleta de urina foi realizada com auxílio de funis coletores, acoplados às gaiolas, dotados de balde no piso contendo 100 mL de solução de ácido sulfúrico a 20%, para evitar a perda de nitrogênio. Após a coleta, com 24 horas de duração, foram determinados o peso e o volume total excretado, sendo retirada uma alíquota de 5% do volume diário a qual foi armazenada em freezer. Uma amostra composta foi feita para cada animal após os quatro dias de coleta. Posteriormente, essa amostra composta foi homogeneizada e então coletada uma amostra de 10 mL que foi diluída com 40 mL de solução de ácido sulfúrico 0,036 N, para evitar destruição bacteriana dos derivados de purina urinários e precipitação do ácido úrico. As amostras foram armazenadas a -15°C para posteriores análises laboratoriais.

As coletas de líquido ruminal, visando a determinação do pH e das concentrações de N-NH<sub>3</sub>, foram realizadas no último dia de cada período, imediatamente antes do fornecimento das dietas e 2; 4; 6 horas após. Foram coletadas, por intermédio da fístula ruminal, aproximadamente 50 mL de líquido ruminal procedendo-se à imediata determinação do pH em peagâmetro digital. Após a leitura do pH, foi adicionado 1 mL de solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 50% (v./v.) a cada amostra, para posterior determinação das concentrações de N-NH<sub>3</sub>.

#### **2.4. Análises laboratoriais**

Ao final de cada período experimental, as amostras de alimentos fornecidos, sobras, e fezes foram descongeladas e submetidas a uma pré-secagem a 55°C, por 72 h e moídas em moinho de facas tipo Willey, em peneira com malha de 1 mm. Para as de sobras e fezes foram produzidas amostras compostas por animal em cada período, baseadas no peso seco.

Em todas as amostras as análises foram conduzidas de acordo com AOAC (1990) para determinação do teor de matéria seca (MS) pelo método 934,01; matéria orgânica (MO) pelo método 930,05; proteína bruta (PB) pelo método 981,10; e extrato etéreo (EE) pelo método 920,39. A fibra em detergente neutro (FDN) foi determinada com o uso de amilase termoestável e corrigida para cinzas utilizando as técnicas descritas por Mertens (2002). A correção da FDN para os compostos nitrogenados e a estimação dos conteúdos de compostos nitrogenados insolúveis no detergente neutro (NIDN) foram feitos

conforme Licitra et al. (1996). Somente nas amostras dos alimentos ofertados foram realizadas análises de lignina, pelo método de solubilização da celulose com ácido sulfúrico (Gomes et al., 2011), e fibra em detergente ácido (FDA) segundo Goering e Van Soest (1967). A concentração de amônia ruminal nas amostras de fluido ruminal foi determinada segundo a técnica colorimétrica descrita por Chaney e Marbach (1962). O teor de CNF das dietas foi calculado de acordo com Detmann e Valadares Filho (2010).

As análises de alantoína, ácido úrico, xantina e hipoxantina na urina, foram feitas pelo método colorimétrico, descrito por Chen & Gomes (1992). As purinas absorvidas (mmol/dia) foram calculadas a partir da excreção de derivados de purina e a síntese ruminal de compostos nitrogenados (g/dia) foi calculada em função das purinas absorvidas, de acordo com as equações descritas por Chen & Gomes (1992).

## **2.5. Análises estatísticas**

Todos os dados foram analisados por intermédio do procedimento MIXED do SAS, versão 9.3 (SAS Inst. Inc., Cary, NC). Os dados foram analisados segundo um delineamento em quadrado latino  $4 \times 4$ , no qual os efeitos de tipo de silagem (S), concentrado (C) e a interação  $S \times C$  foram considerados fixos, em esquema fatorial  $2 \times 2$  e os efeitos de animal e período, aleatórios. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas por meio do teste t. Para avaliação do pH e NAR, os efeitos fixos considerados foram o tipo de silagem (S), concentrado (C), o horário de coleta (H) e a interação entre esses. Foi utilizado o esquema de medidas repetidas no tempo, sendo os horários de coleta (0, 2, 4 e 6 horas após alimentação) repetidos dentro de cada unidade experimental (animal  $\times$  período). Utilizou-se a matriz de covariância de simetria composta, a qual foi escolhida através do critério de Akaike corrigido (AICC). Assumiu-se a homogeneidade das variâncias entre tratamentos e os graus de liberdade foram estimados pelo método de Kenward-Roger. Os efeitos linear, quadrático e cúbico relativos aos tempos de coleta de pH e amônia ruminal foram obtidas através do PROC REG. Os modelos foram escolhidos de acordo com a significância dos parâmetros da equação. Todos os procedimentos estatísticos foram conduzidos utilizando 0,05 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I.

### 3. Resultados

#### 3.1. Consumo e digestibilidade dos nutrientes

Foi observado efeito da interação  $S \times C$  ( $P < 0,05$ ) sobre os consumos de nutrientes (g/d), exceto para o consumo FDN corrigida para cinzas e proteína (FDNcp; Tabela 3). A adição de concentrado às dietas resultou em aumento nos consumos de MS, MO, CNF e NDT ( $P < 0,05$ ), tanto para SE como para SM. Os consumos de PB e EE apresentaram aumento com a inclusão de concentrado apenas na dieta com SE.

Tabela 3. Valores médios do consumo dos nutrientes (g/dia) em ovinos alimentados com silagem de estilosantes ou silagem de milho, com ou sem concentrado.

	Concentrado		Média	EPM	P valor		
	Sem	Com			S	C	S × C
Silagem	MS			88,79	0,50	<0,01	0,01
Estilosantes	673.54Bb	1409.41Aa	1041,47				
Milho	973.56Ab	1197.67Aa	1085,61				
Média	823,55	1303,54					
	MO			86,72	0,40	<0,01	0,01
Estilosantes	612.43Bb	1337.61Aa	975,02				
Milho	910.30Ab	1144.19Aa	1027,24				
Média	761,36	1240,90					
	PB			8,50	0,02	<0,01	0,01
Estilosantes	98.22Ab	160.36Aa	129,29				
Milho	104.17Aa	115.91Ba	110,04				
Média	101,19	138,14					
	EE			2,15	<0,01	0,09	0,02
Estilosantes	10.34Bb	18.62Ba	14,48				
Milho	28.35Aa	26.38Aa	27,37				
Média	19,34	22,50					
	FDNcp			27,75	0,79	0,52	0,08
Estilosantes	350.5	464.8	407,68				
Milho	424.9	367.4	396,14				
Média	387,70	416,12					
	CNF			55,96	<0,01	<0,01	<0,01
Estilosantes	191.04Bb	693.80Aa	442,42				
Milho	392.86Ab	634.49Ba	513,67				
Média	291,95	664,14					
	NDT			73,90	0,04	<0,01	<0,01
Estilosantes	395.87Bb	1025.45Aa	710,66				
Milho	709.71Ab	930.13Aa	819,92				
Média	552,79	977,79					

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste t ( $P < 0,05$ ). EPM = erro padrão da média; S = efeito de silagem; C = efeito do nível de concentrado; S × C = efeito da interação tipo de silagem × nível de concentrado. MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína; CNF = carboidratos não fibrosos; NDT = nutrientes digestíveis totais.

Na presença de concentrado a dieta com SE apresentou consumos de MS, MO e NDT semelhantes ( $P > 0,05$ ) aos observados para a dieta com SM, enquanto nas dietas sem concentrado observaram-se menores consumos para a dieta com SE ( $P < 0,05$ ).

O consumo de PB nas dietas sem concentrado não diferiu entre SE e SM ( $P > 0,05$ ), mas com a adição de concentrado a dieta com SE apresentou maior consumo de PB ( $P < 0,05$ ). O consumo de EE foi maior para a dieta com SM, independentemente da inclusão de concentrado. A dieta com SE+C apresentou maior consumo de CNF em relação à dieta com SM, entretanto, nas dietas contendo apenas silagem foi observado comportamento inverso.

A digestibilidade aparente dos nutrientes não foi afetada pela interação entre silagem e concentrado ( $P > 0,05$ ), com exceção para a MO ( $P < 0,05$ ; Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios da digestibilidade aparente dos nutrientes (g/kg) em ovinos alimentados com silagem de estilosantes ou silagem de milho, com ou sem concentrado.

	Concentrado		Média	EPM	P valor		
	Sem	Com			S	C	S × C
	MS			25,0	<0,01	<0,01	0,09
Silagem							
Estilosantes	521,1	707,6	614,3B				
Milho	636,4	748,3	692,4A				
Média	578,7b	728,0a					
	MO			23,9	<0,01	<0,01	0,049
Estilosantes	576,4Bb	755,9Aa	666,1				
Milho	699,4Ab	786,8Aa	7433,1				
Média	637,9	771,3					
	PB			14,6	0,20	0,08	0,10
Estilosantes	689,8	692,6	691,2				
Milho	610,5	703,8	657,1				
Média	650,1	698,2					
	EE			45,9	<0,01	0,02	0,06
Estilosantes	489,8	704,1	597,4B				
Milho	863,7	887,2	875,4A				
Média	676,7b	796,2a					
	FDNcp			24,4	0,73	0,60	0,33
Estilosantes	564,4	640,1	602,3				
Milho	631,5	607,5	619,5				
Média	597,9	623,8					
	CNF			30,1	<0,01	<0,01	0,06
Estilosantes	625,8	843,1	734,5B				
Milho	812,6	902,5	857,5A				
Média	719,2b	872,8a					

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste t ( $P < 0,05$ ). EPM = erro padrão da média; S = efeito de tipo de silagem; C = efeito do nível de concentrado; S × C = efeito da interação tipo de silagem × nível de concentrado. MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína; CNF = carboidratos não fibrosos.

Observaram-se efeitos de silagem e de concentrado ( $P < 0,05$ ) sobre as digestibilidades da MS, EE e CNF ( $P < 0,05$ ). Quanto à silagem, a SE apresentou menores médias para digestibilidade desses mesmos nutrientes em relação à SM. Os valores de digestibilidade aparente da MS observados para as dietas com SE e SM foram 614,3 e 692,4 g/kg, respectivamente. A digestibilidade da MO aumentou com a inclusão de concentrado nas dietas, tanto para SE quanto para SM. Nas dietas contendo apenas volumoso, a SM apresentou maior digestibilidade da MO em relação à SE ( $P < 0,05$ ). Entretanto, a digestibilidade da MO não diferiu entre SE e SM com a inclusão de concentrado ( $P > 0,05$ ).

### 3.2. Amônia ruminal e pH

O pH ruminal foi afetado pela interação S×C e pelo tempo de coleta ( $P < 0,05$ ; Tabela 5; Figura 1). As demais interações avaliadas não foram significativas ( $P > 0,05$ ). A adição de concentrado resultou em diminuição do pH ruminal para a dieta com SE, mas não causou alteração nas dietas com SM. A dieta com SE sem concentrado apresentou maior valor de pH em relação à dieta com SM. Entretanto, na presença de concentrado, os valores de pH foram semelhantes para as dietas com SE e SM. O comportamento do pH ruminal em função do tempo foi ajustado a um modelo cúbico ( $P < 0,05$ ).

Tabela 5. Valores médios do pH e amônia ruminal e concentração de ovinos alimentados com silagem de estilosantes ou silagem de milho, com ou sem concentrado.

	Concentrado		Média	EPM	P valor		
	Sem	Com			S	C	S × C
Silagem	pH			0,06	0,07	0,06	0,02
Estilosantes	6,74Aa	6,06Ab	6,39				
Milho	6,08Ba	6,17Aa	6,12				
Média	6,41	6,11					
	Amônia ruminal, mg/dL						
Estilosantes	10,21	13,29	11,75A	0,67	0,049	0,69	0,06
Milho	10,04	7,97	9,00B				
Média	10,12	10,63					

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste t ( $P < 0,05$ ). EPM = erro padrão da média; S = efeito de tipo de silagem; C = efeito do nível de concentrado; S × C = efeito da interação tipo de silagem × nível de concentrado.

A concentração de amônia ruminal foi afetada pelo tipo de silagem e pelo período de coleta ( $P < 0,05$ ) e as demais interações avaliadas não foram significativas ( $P > 0,05$ ).

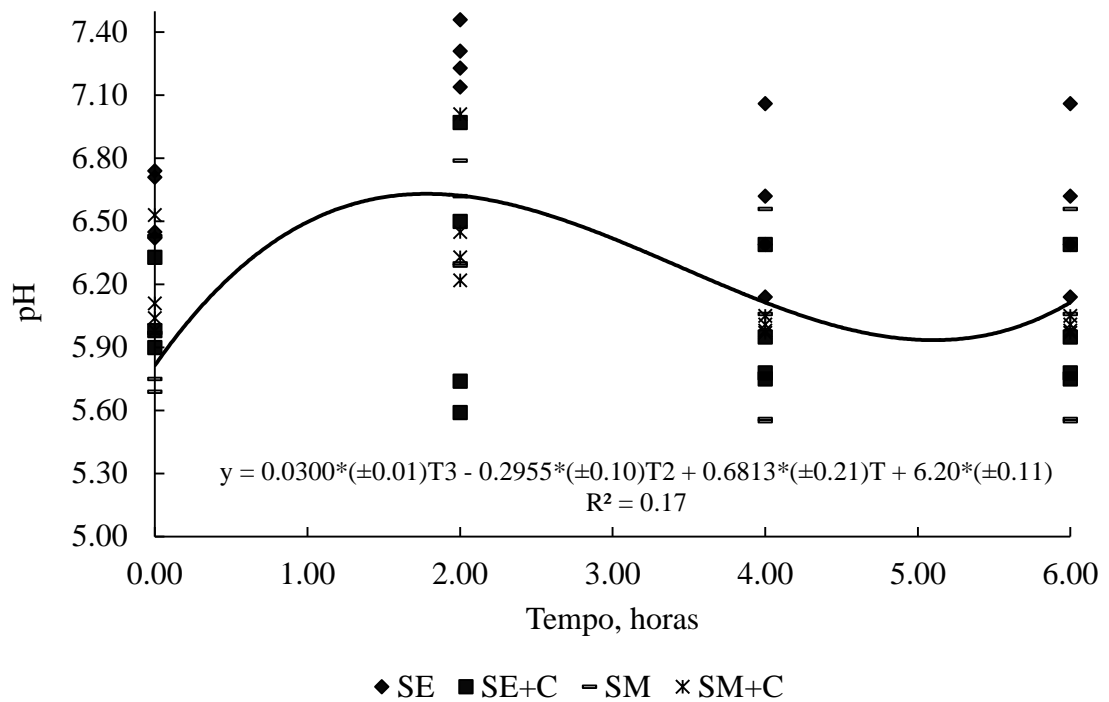


Figura 1. Estimativa do pH ruminal de ovinos alimentados com dietas contendo silagem de estilosantes ou silagem de milho, em função do horário de coleta (T). SE = silagem de estilosantes exclusiva; SE+C = silagem de estilosantes e concentrado; SM = silagem de milho; e SE+C = silagem de milho e concentrado. QMRes = 0.43; \*P < 0,05.

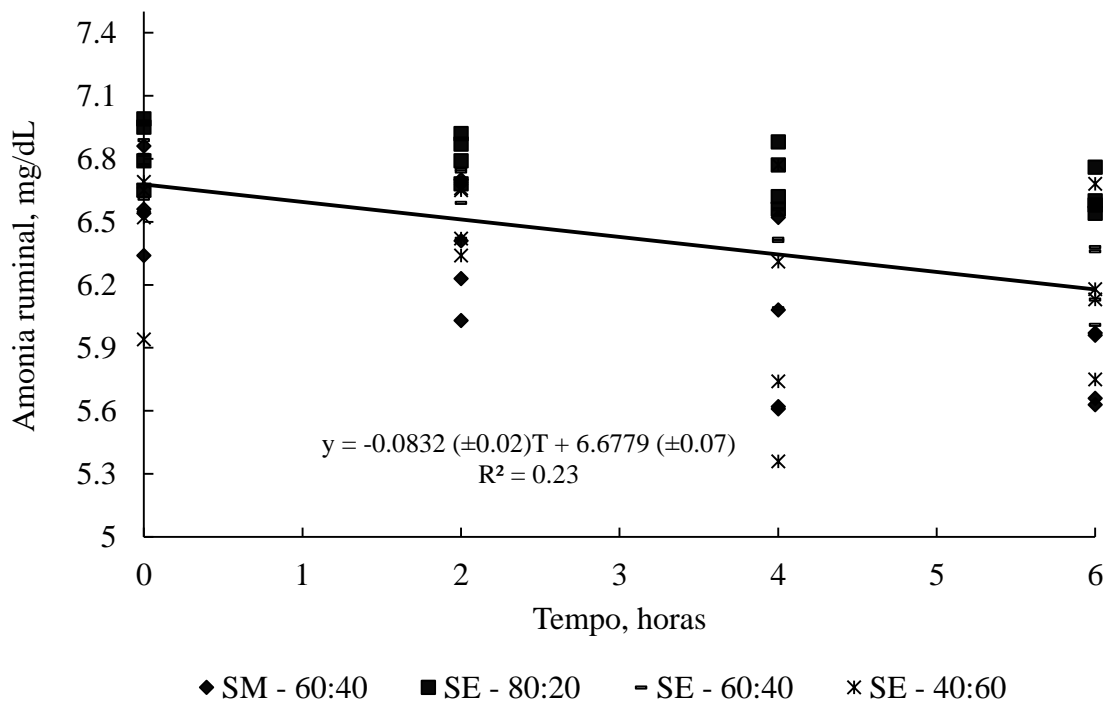


Figura 2. Estimativa do nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) de ovinos alimentados com dietas a base de silagem de estilosantes ou silagem de milho, em função do horário de coleta (T). SE = silagem de estilosantes exclusiva; SE+C = silagem de estilosantes e concentrado; SM = silagem de milho; e SE+C = silagem de milho e concentrado. QMRes = 0.43; \*P < 0,05.

A dieta com SE apresentou maior concentração de amônia ruminal em relação à dieta com SM (11,75 vs. 9 mg/dL). A concentração amônia ruminal decresceu linearmente em função do horário de coleta (Figura 2).

### 3.3. Derivados de purina e síntese de proteína microbiana

Os valores para excreção diária de derivados de purina e de síntese de proteína microbiana (PBmic) são mostrados na Tabela 6. A excreção dos derivados de não foi afetada pelo tipo de silagem, inclusão de concentrado, nem pela sua interação ( $P > 0,05$ ). A PBmic foi afetada apenas pela inclusão de concentrado ( $P < 0,05$ ). Maiores valores para estes parâmetros foram observados nas dietas com concentrado, independentemente do tipo de silagem.

Tabela 6. Valores médios das excreções diárias dos derivados de purina e para a síntese e eficiência de síntese de proteína microbiana obtidas em ovinos alimentados com dietas a base de silagem de estilosantes ou silagem de milho.

	Concentrado		Média	EPM	P valor		
	Sem	Com			S	C	S × C
Silagem	ALA, mmol/d			0,95	0,21	0,06	0,32
Estilosantes	5,59	9,64	7,62				
Milho	8,55	10,20	9,28				
Média	7,07	9,82					
	ACU, mmol/d			0,09	0,45	0,18	0,09
Estilosantes	0,72	1,23	0,97				
Milho	1,13	1,07	1,10				
Média	0,92	1,15					
	X e HPX, mmol/d			0,10	0,34	0,19	0,57
Estilosantes	0,52	0,80	0,66				
Milho	0,45	0,56	0,50				
Média	0,48	0,68					
	PBMic, g/d			6,01	0,25	0,04	0,26
Estilosantes	34,93	62,21	48,57				
Milho	53,56	62,43	58,00				
Média	44,24b	62,32a					
	EfMic, g PB/ kg NDT			5,92	0,18	0,13	0,04
Estilosantes	89,66Aa	59,13Ab	74,39				
Milho	60,74Ba	66,11Aa	63,42				
Média	75,20	62,18					

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste t ( $P < 0,05$ ). EPM = erro padrão da média; S = efeito de tipo de silagem; C = efeito do nível de concentrado; S × C = efeito da interação tipo de silagem × nível de concentrado. ALA – alantofina; ACU – ácido úrico; X e HPX – xantina e hipoxantina; PT – purinas totais; EfMic<sup>1</sup> = eficiência de síntese de proteína bruta (PB) microbiana em função do consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT).

A eficiência de síntese de proteína microbiana foi afetada pela interação S × C ( $P < 0,05$ ). Nas dietas sem concentrado a EfMic para a dieta SE foi maior em relação à dieta

com SM. Entretanto, os valores de EfMic foram semelhantes para SE e SM nas dietas com concentrado. A adição de concentrado à dieta SE resultou em diminuição da EfMic, ao passo que para SM não foi observada alteração com a inclusão do concentrado na dieta.

#### **4. Discussão**

##### **4.1. Consumo e digestibilidade dos nutrientes**

Os menores consumos de MS, MO EE, CNF e NDT na dieta contendo apenas SE em relação à dieta com SM provavelmente se deve ao efeito de enchimento causado pela SE, decorrente da maior concentração de lignina e FDNi, como relatado por Silva et al. (2012). Em geral as leguminosas tropicais apresentam maior concentração de lignina em comparação às gramíneas e também em relação às leguminosas de clima temperado como a alfafa (Mupangwa et al., 2000; Ruppert et al., 2003; Filya et al., 2007; Foster et al., 2014).

Os valores de consumo de MS das dietas com concentrado (33,8 e 31,5 g/100kg de peso corporal, para SM e SE, respectivamente) observados no presente trabalho foram semelhantes aos observados por Moreno et al. (2010) em ovinos alimentados com dietas contendo 40% de concentrado (31,3 kg/100kg de peso corporal). Cardoso et al. (2006) observaram consumo de 31,9 kg/ 100 kg de peso corporal em cordeiros Ile de France alimentados com dietas contendo aproximadamente 40% de concentrado.

No presente trabalho observou-se que os animais apresentaram maior preferência para a dieta com SE + C. Essa observação permite afirmar que provavelmente não houve inibição ou limitação do consumo dos animais por fatores não relacionado às características da fibra, como elevadas concentrações de ácido butírico. Souza et al. (2014) observaram valores de ácido butírico praticamente semelhantes entre SM e SE (1,8 e 1,5 g/kg, respectivamente). Além disso, pode ter ocorrido o efeito associativo proporcionado pela adição de concentrado à dieta com SE.

O consumo de PB semelhante nas dietas sem concentrado e maior para a SE na presença de concentrado, se deve ao fato de que os animais alimentados com SE selecionaram mais folhas nestas dietas, as quais apresentam maior concentração de PB em comparação àquelas com SM. Esta seletividade pode ser comprovada pela elevada proporção de talos nas sobras dos animais alimentados com SE.

Provavelmente, para atingir a mesma demanda energética os animais consumindo silagem de estilosantes em associação com concentrado selecionaram uma dieta mais rica

em energia e consumiram mais MS no total em relação às dietas com silagem de milho, dadas as características nutricionais da silagem de estilosantes, como o elevado teor de FDNi. Dessa forma, na presença de concentrado os valores foram semelhantes para SE e SM, mesmo com menores valores de digestibilidade da MS para a SE. Entretanto, o fato de a silagem de estilosantes apresentar menor digestibilidade não constitui uma limitação, pois o consumo de nutrientes não foi alterado quando as dietas continham concentrado.

A ausência de efeito sobre a digestibilidade da FDNcp para as diferentes silagens pode ser explicada pelo aumento no tempo de retenção ruminal das partículas em dietas com maior participação de volumoso, como observado em outros trabalhos com ovinos (Mupangwa et al., 2000; Silva et al., 2012).

A adição de concentrado à dieta com SE possibilitou que os efeitos da menor digestibilidade da MS ou o menor consumo na dieta contendo apenas SE fossem amenizados, resultando em valores de digestibilidade aparente da MO semelhantes à dieta com SM e concentrado.

#### **4.2. Amônia ruminal e pH**

O maior pH ruminal naqueles animais alimentados com SE sem concentrado em relação àqueles alimentados com SM (6,74 vs. 6,08), provavelmente se deve à maior concentração de sais aniônicos em leguminosas que aumentam a capacidade tamponante destas plantas (Playne e McDonald, 1966; Heinritz et al. (2012). Entretanto, ao adicionar concentrado às dietas o pH ruminal foi o mesmo para as dietas SE e SM. Ladeira et al. (2002) observaram pH ruminal igual a 7 em ovinos alimentados com feno de *Stylosanthes guianensis*. Os valores de pH em função do tempo de coleta foram ajustados ao modelo cúbico pois este engloba todos os tratamentos juntos, por isso o baixo ajuste da equação. Entretanto é possível inferir que a presença da SE ocasionou a elevação dos valores de pH após a alimentação, uma vez que o comportamento geralmente observado para dietas com gramíneas é de decréscimo do pH após a fermentação (Costa et al., 2013; Pereira et al., 2008). Em geral, todas as dietas apresentaram valores de pH ruminal maiores do que 6, o que permite maior desenvolvimento das bactérias celulolíticas e maior degradação da fração fibrosa (Van Soest, 1994; Mouriño et al., 2001).

A maior concentração de amônia ruminal nos animais alimentados com SE (com ou sem concentrado) provavelmente se deve ao maior aporte de nitrogênio no rúmen, devido ao maior consumo de PB, como explicitado anteriormente. A concentração de amônia ruminal observada no presente trabalho foi semelhante à observada por Ladeira

et al. (2002). Detmann et al. (2009) preconizaram que a concentração mínima de amônia ruminal para suprir a demanda de compostos nitrogenados aos microrganismos ruminais é de 8 mg/dL de fluido ruminal, com base em dados de gramíneas tropicais.

#### **4.3. Derivados de purina e síntese de proteína microbiana**

As excreções diárias de derivados de purina foram semelhantes às proporções recomendadas por Chen e Gomes (1992), que são de 60 a 80% para alantoína, 10 a 30% para ácido úrico e de 5 a 10% de xantina e hipoxantina.

O incremento na produção de proteína microbiana com a adição de concentrado a s dieta se deve à maior disponibilidade de energia, devido ao maior consumo de NDT, para o desenvolvimento dos microrganismos ruminais. A ausência de efeito para o tipo de silagem indica que a SE pode substituir a SM sem comprometer o desenvolvimento dos microrganismos ruminais. O aumento na EfMic na dieta SE pode ser justificado pela diminuição no consumo de NDT, uma vez que este parâmetro é uma relação entre o a produção de PBMic e o consumo de NDT. Além disso, é provável que os animais alimentados com SE sem concentrado apresentaram um aumento na reciclagem do nitrogênio, devido ao baixo consumo de MS e NDT.

A utilização das leguminosas, seja na forma conservada ou in natura, ainda não apresenta adoção em escala de propriedade no Brasil, devido à existência de alguns paradigmas como baixa produtividade de MS e a baixa capacidade fermentativa para produção de silagens. No entanto, não se considera que a inclusão das leguminosas no sistema de produção animal pode prover benefícios que vão além de estimativas de produtividade, como a diminuição no uso de adubo nitrogenado e uma possível diminuição no uso de concentrados proteicos. No presente trabalho, as dietas contendo SE necessitaram de menores quantidades de ureia para atingir o teor de PB desejado. Dessa forma, torna-se importante avaliar a utilização das leguminosas considerando aspectos como a redução na quantidade de nitrogênio aplicada via fertilização e principalmente a possível redução no uso de concentrados proteicos de elevado custo.

#### **5. Conclusões**

A silagem de estilosantes fornecida exclusivamente apresenta menor consumo e digestibilidade em relação à silagem de milho. No entanto, em dietas contendo 40% de concentrado na MS total, a silagem de estilosantes mostra elevado potencial para

alimentação de ovinos por apresentar consumo e digestibilidade semelhante ao da silagem de milho, sem comprometer o pH, a concentração de amônia ruminal e a eficiência de síntese de proteína microbiana. Dessa forma recomenda-se a utilização da silagem de estilosantes na alimentação de ovinos.

## 6. Referências Bibliográficas

- ALBRECHT, K.A.; BEAUCHEMIN, K.A. 2003. Alfalfa and other perennial legume silage. Buxton, D.R., Muck, R.E., & Harrison, J.H. **Silage Science and Technology** Agron Monogr 42. ASA, CSSA, and SSSA. Madison, WI: pp. 633–664.
- AOAC, 1997. **Official Methods of Analysis**, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, USA.
- BAMIKOLE, M.A.; EZENWA, I.; AKINSOYINU, A.O. et al. 2001. Performance of West African dwarf goats fed Guinea grass-Verano stylo mixture, N-fertilized and unfertilized Guinea grass. **Small Ruminant Research**, 39:145–152.
- CARDOSO, A.R.; PIRES, C.C.; CARVALHO, S. et al. 2006. Intake of nutrients and performance of lambs fed with diets containing different levels of neutral detergent fiber. **Ciencia Rural**, 36:215-221.
- CARNEIRO, R.G.; MENDES, I.C.; LOVATO, P.E. et al. 2004. Indicadores biológicos associados ao ciclo do fósforo em solos de Cerrado sob plantio direto e plantio convencional. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, 39:661-669.
- Carvalho, G.G.P.; Pires, A.J.V. 2008. Herbaceous tropical legumes associated with pasture. **Archivos de Zootecnia**, 57:103-113.
- CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, 8:130-132.
- CHEN, X.B.; GOMEZ, M.J., 1992. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives an overview of the technical details. International Feed Resource Unit, Rowett Research Institute. Occasional Publication, Aberdeen, pp. 2-20.
- COELHO DA SILVA, J.F., LEÃO, M.I. 1979. **Fundamentos da nutrição de ruminantes**. Piracicaba: Livroceres. 380p.

- COSTA, H.H.A.; ROGÉRIO, M.C.P.; MUIR, J.P. et al. 2013. Nutritional evaluation of lamb diets in a tropical setting formulated according to NRC (1985) and NRC (2007) specifications. **Small Ruminant Research**, 113:20-29.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; MANTOVANI, H.C. et al. 2009. Parameterization of ruminal fibre degradation in low-quality tropical forage using Michaelis–Menten kinetics. **Livestock Science**, 126:136–146.
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. 2010. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 62:980-984.
- FILYA, I.; MUCK, R.E.; CONTRERAS-GOVEA, F.E. 2007. Inoculant effects on alfalfa silage: fermentation products and nutritive value. **Journal of Dairy Science**, 90:5108–5114.
- FOSTER, J.L.; ADESOGAN, A.T.; CARTER, J.N. ET AL. 2009. Intake, digestibility, and nitrogen retention by sheep supplemented with warm-season legume hays or soybean meal. **Journal of Animal Science**, 87:2891–2898.
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. 1975. **Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures and some applications)**. Washington, D.C.: USDA-ARS, 20p. (Agriculture Handbook, 379).
- GOMES, D.I.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. et al. 2011. Evaluation of lignin contents in tropical forages using different analytical methods and their correlations with degradation of insoluble fiber. **Animal Feed Science and Technology**, 168:206-222.
- HEINRITZ, S.N.; MARTENS, S.D.; AVILA, P. et al. 2012. The effect of inoculant and sucrose addition on the silage quality of tropical forage legumes with varying ensilability. **Animal Feed Science and Technology**, 174:201–210.
- HUE, K.T.; VAN, D.T.T.; LEDIN, I. 2008. Effect of supplementing urea treated rice straw and molasses with different forage species on the performance of lambs. **Small Ruminant Research**, 78:134–143.
- LADEIRA, M.M; RODRIGUEZ, N.M.; BORGES, I. et al. 2002. Nitrogen balance, amino acid degradability and volatile fatty acid concentration in the rumen of sheep fed *Stylosanthes guianensis* hay. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 31:2350-2356.

- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, 57:347-358.
- McSWEENEY, C.S.; CROSS, R.B., 1992. Effects of Na intake on Na conservation , digestion and mineral metabolism in growing ruminants fed *Stylosanthes hamata* cv . Verano. **Small Ruminant Research**, 7, 299–313.
- MERTENS, D.R. 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, 85:1217-1240.
- MORENO, G.M.B.; SOBRINHO A.G.S.; LEÃO, A.G. et al. 2010. Performance, digestibility and nitrogen balance of lambs fed corn silage or sugar cane based diets with two levels of concentrate. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 39:853-860.
- MOURIÑO, F.; AKKARAWONGSA, R.; WEIMER, P.J., 2001. Initial pH as a determinant of cellulose digestion rate by mixed ruminal microorganisms *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, 84:848-859.
- MUPANGWA, J.; NGONGONI, N.; TOPPS, J. et al. 2000. Dry matter intake, apparent digestibility and excretion of purine derivatives in sheep fed tropical legume hay. **Small Ruminant Research**, 36: 261–268.
- NRC, 2007. **Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids**, 1st ed. National Academy Press, Washington, DC.
- OLIVEIRA, E.R.; BARROS, N.N.; ROBB, T.W. et al. 1986. Substitution of legume hays for cottonseed cake in rations based on corn crop residues for sheep under confinement. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, 21:555-564.
- PACIULLO, D.S.C.; AROEIRA, L.J.M.; ALVIM, M.J. 2003. Productive and qualitative traits of *Brachiaria decumbens* pasture in monoculture and associated with *Stylosanthes guianensis*. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, 38, 421-426.
- PEREIRA, D.H.; PEREIRA, O.G.; SILVA, B.C. et al. 2008. Nutrient intake and digestibility and ruminal parameters in beef cattle fed diets containing *Brachiaria brizantha* silage and concentrate at different ratios. **Animal Feed Science and Technology**, 140:56-66.

- PEREIRA, O.G.; Silva, T.C.; RIBEIRO, K.G. 2012. Topical Legume Silages. In: PEREIRA, O.G.; FONSECA, D.M.; RIBEIRO, K.G.; CHIZZOTTI, F.H.M. (Org.). **Anais do VI Simpósio sobre manejo estratégico - VI SIMFOR**. 1ed.: 6:269-284.
- PETERS, M.; HORNE, P.; SCHMIDT, A. et al. 2001. The role of forages in reducing poverty and degradation of natural resources in tropical production systems. **Agricultural Research & Extension Network**, No. 117.
- PLAYNE, M.J.; McDONALD, P., 1966. The buffering constituents of herbage and of silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 17, 264-68.
- RUPPERT, L.D., DRACKLEY, J.K., BREMMER, D.R. et al. 2003. Effects of tallow in diets based on corn silage or alfalfa silage on digestion and nutrient use by lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, 86:593–609.
- SILVA, L.D., PEREIRA, O.G., RIBEIRO, K.G. et al. 2012. Intake and total apparent digestibility of nutrients of corn and *Stylosanthes* silages in diets for sheep. In: Joint Annual Meeting ASAS ADSA, 2012, Phoenix. **Journal of Animal Science**, 90:541-541.
- Souza, W.; Pereira, O.G.; Ribeiro, K.G.; Santos, S.A.; and Valadares Filho, S.C. 2014. Intake, digestibility, nitrogen efficiency, and animal performance of growing and finishing beef cattle fed warm-season legume (*Stylosanthes capitata* plus *Stylosanthes macrocephala*) silage replacing corn silage. **Journal of Animal Science**, 92:4099-4107.
- Thomas, R.J. 1995. Role of legumes in providing N for sustainable tropical pasture systems. **Plant and Soil**, 174:103-118.
- Van Soest, P.J., 1994. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. Comstock Publ. Assoc., Ithaca.

## Capítulo II

### **Avaliação da silagem de estilosantes campo grande com níveis de concentrado em dietas para bovinos de corte**

**Resumo:** Foram avaliados as digestibilidades total e parcial dos nutrientes, os parâmetros ruminais e o desempenho produtivo de bovinos de corte alimentados com dietas contendo silagem de estilosantes e milho. Os tratamentos consistiram de proporções de silagem de Estilosantes Campo Grande (SE): concentrado (C), com base na MS: 80:20 (SE-80:20), 60:40 (SE-60:40), 40:60 (SE-40:60), e um tratamento referência com silagem de milho (SM) e 40% de C (SM-60:40). No experimento 1 foram utilizados quatro bovinos mestiços Holandês × Zebu com peso médio inicial de  $429 \pm 15$  kg, fistulados no rúmen e abomaso, distribuídos em um delineamento em quadrado latino  $4 \times 4$ . No segundo experimento, Trinta e dois bovinos Nelore,  $364,28 \pm 2,82$  kg de peso corporal, foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com oito repetições. Os consumos de carboidratos não fibrosos (CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT) das dietas SE-80:20 e SE-60:40 foram menores em relação à dieta com SM-60:40. Essas mesmas dietas apresentaram menores valores ( $P < 0,05$ ) para a digestibilidade aparente total da MS e PB em relação à dieta referência. Os contrastes entre as dietas não foram significativos para os valores de digestibilidade ruminal e intestinal ( $P > 0,05$ ). A concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) foi afetada apenas pelo tempo de coleta ( $P < 0,05$ ), ajustando-se um modelo cúbico. Quando incluída na mesma proporção que a SM (60:40) a SE resultou em consumo semelhante para os mesmos nutrientes ( $P < 0,05$ ). Entretanto, apenas a dieta com SE-40:60 resultou em consumo semelhante ( $P > 0,05$ ) de NDT em relação à dieta SM-60:40. Observou-se aumento linear ( $P < 0,05$ ) para o consumo e o desempenho produtivo com o aumento do nível de concentrado nas dietas contendo SE. A dieta SE-60:40 resultou em menor média ( $P < 0,05$ ) de ganho médio diário de carcaça (GMDC) em comparação à dieta referência. Entretanto, na dieta com maior proporção de concentrado (SE-40:60) observou-se GMDC semelhante ( $P > 0,05$ ) ao da SM. A silagem de estilosantes apresenta desempenho semelhante à silagem de milho em dietas com 60% de concentrado indicando grande potencial de uso da silagem dessa leguminosa em dietas de bovinos de corte, em condições tropicais.

**Palavras-chave:** consumo, ganho médio diário, leguminosas tropicais.

**Abstract:** The objective of this study was to evaluate the ruminal and intestinal digestion, the ruminal fermentation and the performance of beef cattle fed diets with stylosanthes silage (StS) and corn silage (CS). The treatments consisted of diets with ratios of StS: concentrate (C): 80:20 (StS-80:20), 60:40 (StS-60:40), 40:60 (StS-40:60), and a treatment with 60% of CS and 40% C (CS-60:40) used as a reference. Four Holstein × Zebu bulls (average body weight of  $429 \pm 15$  kg) were used in the experiment 1, distributed in a  $4 \times 4$  latin square design. In the second experiment, thirty-two Nellore bulls,  $364.28 \pm 2.82$  kg body weight, were distributed in a completely randomized design with eight replicates. The diets StS-80:20 and SE-60:40 showed lower ( $P < 0.05$ ) intake of non-fibrous carbohydrates (NFC) and total digestible nutrients (TDN) compared to the diet CS-60:40. These same diets had lower total digestibility of dry matter (DM), and crude protein (CP) than the reference diet ( $P < 0.05$ ). The concentration of ruminal ammonia-nitrogen was affected by sampling time ( $P < 0.05$ ) and had a cubic behavior. The diet SE-60:40 had the same intake of nutrients as the diet CS-60:40 ( $P < 0.05$ ). However, only the diet StS-40:60 showed the same intake of TDN of the diet CS-60:40 ( $P < 0.05$ ). The intake and performance increased linearly with increasing concentrate proportions in the diets containing StS. Lower ( $P < 0.05$ ) average daily gain of carcass (ADGC) was observed in those animals fed with the diet StS-60:40. However, the diet StS-40:60 showed similar ADGC to the diet CS-60:40 ( $P > 0.05$ ). Stylosanthes silage presents a productive performance similar to corn silage in diets with a 60% of concentrate and it shows the potential use of this legume in diets for beef cattle, in tropical conditions.

**Keywords:** average daily gain, intake, tropical legumes.

## 1. Introdução

A pecuária no Brasil caracteriza-se por apresentar baixos índices zootécnicos devido ao avançado estágio de degradação das pastagens, que representa aproximadamente 70 a 80% da área total (Dias-Filho, 2011; Dias-Filho, 2014). Assim, o uso das leguminosas, além da redução no uso de fertilizantes nitrogenados, também pode contribuir para melhorar a qualidade da dieta e o desempenho animal (Paciullo et al., 2003; Carvalho e Pires, 2008a; Souza et al., 2012).

Em solos arenosos do Cerrado brasileiro, trabalhos de recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens* com o uso de estilosantes Campo Grande (*Stylosantes capitata* + *Stylosantes macrocephala*) mostraram resultados de grande expressão. Naquelas condições, pastagens recuperadas com essa leguminosa permitiram que os animais ganhassem aproximadamente três arrobas a mais por ano que os animais nos pastos recuperados sem o uso da leguminosa (Valle et al., 2001).

Quanto ao uso para produção de silagens, historicamente, as leguminosas sempre foram consideradas inadequadas para ensilagem, em função destas apresentarem elevada capacidade tamponante, baixas concentrações de carboidratos solúveis em água e de matéria seca (MS). Essas características indesejáveis ao processo fermentativo podem ser superadas pelo uso de aditivos ou emurchecimento da forragem antes da ensilagem, ou até mesmo sem a utilização de aditivo, como observado na silagem de estilosantes (Pereira et al., 2012).

Pesquisas recentes têm mostrado que é possível a obtenção de silagens de qualidade utilizando leguminosas tropicais (Heinritz et al., 2012; Pereira et al., 2012). Souza et al. (2014) concluíram que a silagem de estilosantes cv. Campo Grande na proporção de 50% da matéria seca da dieta pode substituir a silagem de milho em dietas para bovinos de corte em confinamento sem alterar o consumo e o desempenho produtivo. Entretanto não se conhece a proporção ideal de concentrado a ser incluída em dietas contendo a silagem de estilosantes como fonte exclusiva de forragem.

A hipótese testada foi de que a silagem de estilosantes como fonte exclusiva de forragem proporciona desempenho animal semelhante ao da silagem de milho. Nesse contexto, o presente trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar as digestibilidades total e parcial dos nutrientes, o pH e a concentração de amônia ruminal e o desempenho produtivo de bovinos de corte alimentados com dietas contendo silagem de estilosantes e milho.

## **2. Material e métodos**

### **2.1. Local e condições climáticas**

O experimento foi realizado na Central de Experimentação, Pesquisa e Extensão do Triângulo Mineiro (CEPET), da Universidade Federal de Viçosa. A CEPET localiza-se no município de Capinópolis, o qual se situa na Região do Pontal do Triângulo Mineiro do Estado de Minas Gerais, com altitude média de 620,2 m, latitude 18°40'55" sul e longitude 49°34'11" oeste. O clima é do tipo Aw, quente e úmido, com temperatura mínima do mês mais frio acima de 18 °C; apresentando precipitações médias anuais entre 1400 a 1600 mm, com estação chuvosa no verão e seca no inverno.

### **2.2. Semeadura, colheita e ensilagem do estilosantes e milho**

Foram semeados 8 ha de milho e 5 ha de estilosantes cv. Campo Grande destinados à produção da silagem. Na semeadura do estilosantes foram aplicados 100 kg de superfosfato simples e a colheita foi efetuada aproximadamente 150 dias após a semeadura utilizando-se uma colhedora de forragem modelo JF-92 Z10 (JF Maquinas Agrícolas, Itapira, São Paulo), adaptada com uma plataforma de colheita, modelo FAHARA-100, sendo armazenada também em silos tipo superfície. Na semeadura do milho foram aplicados 300 kg/ha de fertilizante, sob fórmula 8-28-16 (N-P-K) sendo posteriormente realizada adubação de cobertura com 300 kg/ha de sulfato de amônio (SA) 30 dias após a semeadura. A colheita do milho foi realizada aproximadamente aos 120 dias após a semeadura, quando os grãos atingiram o estágio farináceo-duro. A forragem colhida foi triturada em partículas de aproximadamente 3 cm, utilizando-se uma colhedora de forragem modelo JF-92 Z10 e armazenada em silo tipo superfície.

### **2.3. Dietas experimentais**

Os tratamentos consistiram de proporções de silagem de Estilosantes Campo Grande (SE): concentrado (C), com base na MS: 80:20 (SE-80:20), 60:40 (SE-60:40), 40:60 (SE-40:60), e um tratamento referência com 60% de silagem de milho (SM) e 40% de concentrado (SM-60:40). A formulação das dietas foi feita para atender as exigências de bovinos nelore de 400 kg, para 1,250 kg de ganho médio diário com base no sistema brasileiro de exigências para zebuínos BR-CORTE (Valadares Filho et al., 2010).

Tabela 1 – Composição química dos ingredientes das dietas experimentais.

	Silagem de milho	Silagem de estilosantes	Concentrado
MS, g/kg	345,0	292,1	864,2
	Composição química, g/kg		
MO	968,0	928,6	952,4
PB,	61,7	115,8	127,8
EE	24,3	13,9	42,2
FDNcp	500,5	598,2	118,6
CNF	381,5	200,7	663,8
CEL	255,9	367,7	29,0
HEM	218,2	129,4	77,5
FDNi	26,4	101,1	12,1
LIG	147,9	347,9	14,8
pH	3,76	4,81	-

MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína; CNF = carboidratos não fibrosos; FDA = fibra em detergente ácido; CEL = celulose; HEM = hemicelulose; FDNi = fibra em detergente neutro indigestível; LIG = lignina.

Tabela 2. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais, expressos na base da matéria seca.

	SM		SE	
Relação V:C	60:40	80:20	60:40	40:60
	Proporção dos ingredientes (%MS)			
Silagem de estilosantes	-	-	-	-
Silagem de milho	589,2	589,2	589,2	589,2
Uréia / SA <sup>1</sup>	10,8	10,8	10,8	10,8
Grão de milho moído	358,0	358,0	358,0	358,0
Farelo de soja	32,0	32,0	32,0	32,0
Mistura mineral <sup>2</sup>	10,0	10,0	10,0	10,0
	Composição química, g/kg MS			
MS, g/kg	548,9	548,9	548,9	548,9
MO	928,0	928,0	928,0	928,0
PB	118,5	118,5	118,5	118,5
FDNcp	31,2	31,2	31,2	31,2
EE	342,3	342,3	342,3	342,3
CNF	453,8	453,8	453,8	453,8
LIG	162,4	162,4	162,4	162,4
CEL	159,5	159,5	159,5	159,5
HEM	20,4	20,4	20,4	20,4
FDNi	93,1	93,1	93,1	93,1

<sup>1</sup>Uréia e Sulfato de amônio na proporção 9:1; <sup>2</sup>Calcário = 14,79%, fosfato bicálcico = 56,58%, sal comum = 25,19%, sulfato de cobre = 0,77%, sulfato de zinco = 2,59%, iodato de potássio = 0,02%, sulfato de cobalto = 0,06% e selenito de sódio = 0,01%. MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína; CNF = carboidratos não fibrosos; CEL = celulose; HEM = hemicelulose; FDNi = fibra em detergente neutro indigestível; LIG = lignina.

As dietas foram isonitrogenadas com 12% de proteína bruta (PB). O teor de PB da SM foi corrigido para 12% adicionando-se ureia:sulfato de amônio (9:1) durante a

alimentação dos animais. A proporção dos ingredientes e a composição química e a composição química dos alimentos são apresentados Tabelas 1 e 2, respectivamente.

#### **2.4. Animais, período experimental, mensuração e coleta das amostras**

O manejo e o tratamento dos animais foram realizados de acordo com as orientações e recomendações do Comitê de Ética em Estudos Animais da UFV (processo nº 33/2014).

Foram conduzidos dois experimentos simultaneamente. Para avaliação da digestibilidade foram utilizados quatro bovinos mestiços Holandês x Zebu (H × Z) com peso médio inicial de  $429 \pm 15$  kg, não castrados (Experimento 1). Os bovinos foram cirurgicamente fistulados no rúmen e abomaso, segundo procedimentos descritos por Leão e Coelho da Silva (1980).

Os animais foram alojados em baias individuais de 10 m<sup>2</sup>, com comedouros e bebedouros, foram alimentados duas vezes ao dia, às 8 e 15 horas, permitindo-se sobras máximas de 10%. Cada período experimental, num total de quatro, teve duração de 16 dias, sendo 10 dias para adaptação dos animais às dietas e 6 dias para coleta de dados, sendo cinco dias para coletas de digesta abomasal e fezes, alimentos fornecidos e sobras, e um dia para a coleta de líquido ruminal, para as estimativas de pH e amônia ruminal.

Foram coletadas diariamente amostras dos alimentos fornecidos e das sobras do 11º ao 16º dia de cada período experimental, acondicionadas em sacos plásticos previamente etiquetados e guardadas em freezer à temperatura de -15°C. As amostras de fezes e digesta abomasal foram coletadas a cada 26 horas começando a partir das 8:00 do 11º ao 15º dia do período de coleta (Souza et al., 2014). As amostras de fezes foram coletadas diretamente no reto, acondicionadas em sacos plásticos e posteriormente, refrigeradas. Paralelamente à coleta de fezes, foram coletadas as amostras de aproximadamente 500 mL de digesta abomasal, utilizando-se o mesmo processo de armazenamento das fezes. Para estimativa da excreção fecal e do fluxo de MS abomasal utilizou-se a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), obtida nas amostras de digesta abomasal, fezes, alimentos fornecidos e sobras.

As coletas de fluido ruminal, para estimativa do pH e análise da concentração de amônia, foram realizadas antes e 2, 4 e 6 horas após o fornecimento da alimentação matinal, no 17º dia de cada período experimental. Para estimativa do pH, foram coletados aproximadamente 50 mL do líquido ruminal, sendo o mesmo medido imediatamente após a coleta com auxílio de um peagâmetro digital. Em seguida, adicionou-se 1 mL de solução

de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 50% v./v.) a cada amostra, que foram armazenadas em freezer a -18°C, para posterior análise da concentração de amônia ruminal.

Para avaliação do consumo de nutrientes e desempenho foram utilizados 32 bovinos da raça nelore, machos, inteiros, com peso vivo médio de 364 ± 2,82 kg (Experimento 2). Após a pesagem, os animais foram vermifugados e distribuídos nos respectivos tratamentos por sorteio em baias individuais de 10 m<sup>2</sup>, com comedouro coberto e bebedouros cilíndricos de alvenaria que serviram a duas baias simultaneamente.

O experimento teve a duração de 56 dias, divididos em dois períodos de 28 dias, após 15 dias de adaptação. Inicialmente os animais foram pesados no turno da tarde, sem jejum prévio, e em seguida, distribuídos nos respectivos blocos e tratamentos, utilizando o peso corporal inicial como critério. Os animais foram pesados no final do período de adaptação e no final do terceiro período, após 16 horas em jejum de sólidos.

Ao final do período de adaptação foram abatidos quatro animais referência para estimativa do rendimento de carcaça inicial do lote dos animais confinados.

A alimentação foi realizada duas vezes ao dia, às 8 h e às 14 h, de modo a proporcionar 10% de sobras. O consumo foi mensurado diariamente, por meio da diferença de peso entre o alimento fornecido e as sobras. Nesta ocasião, foram realizadas amostras compostas dos alimentos fornecidos e das sobras, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e guardadas em congelador para análises posteriores. Ao final de cada período de avaliação, as amostras de silagem e concentrado, bem como as amostras de sobras de cada animal, foram descongeladas em temperatura ambiente e homogeneizadas manualmente, fazendo-se uma amostra composta por animal após a pré-secagem em estufa.

Ao final do terceiro período experimental, todos os animais foram abatidos para determinação do rendimento de carcaça (RC), que foi calculado pela razão percentual entre o peso da carcaça quente e o peso corporal final em jejum. O ganho médio diário de carcaça (GMDC), expresso em kg/dia, foi calculado através da do peso final da carcaça descontado o peso inicial da carcaça em relação ao número de dias do experimento. As eficiências alimentares (EA), para GMDC em função do consumo de MS e NDT foram calculadas as com base nas relações GMDC/CMS e GMDC/CNDT, respectivamente.

## **2.5. Análises laboratoriais**

Ao final de cada período experimental, as amostras de alimentos fornecidos, sobras, fezes e digesta abomasal foram descongeladas e submetidas a uma pré-secagem a 55°C,

por 72 h e moídas em moinho de facas tipo Willey, em peneira com malha de 1 mm. Para as amostras de fezes, sobras e digesta abomasal foram produzidas amostras compostas por animal em cada período, baseada no peso seco. As amostras secas e moídas foram transportadas para os Laboratórios de Forragicultura e Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa para realização das análises químicas.

Em todas as amostras, as análises foram conduzidas de acordo com AOAC (1990) para determinação do teor de matéria seca (MS) pelo método 934,01; matéria orgânica (MO) pelo método 930,05; proteína bruta (PB) pelo método 981,10; e extrato etéreo (EE) pelo método 920,39. A fibra em detergente neutro (FDN) foi determinada com o uso de amilase termoestável e corrigida para cinzas utilizando as técnicas descritas por Mertens (2002). A correção da FDN para os compostos nitrogenados e a estimação dos conteúdos de compostos nitrogenados insolúveis no detergente neutro (NIDN) foram feitos conforme Licitra et al. (1996). Somente nas amostras dos alimentos ofertados foram realizadas análises de lignina, pelo método de solubilização da celulose com ácido sulfúrico (Gomes et al., 2011), e fibra em detergente ácido (FDA) segundo Goering e Van Soest (1967). A concentração de amônia ruminal nas amostras de fluido ruminal foi determinada segundo a técnica colorimétrica descrita por Chaney e Marbach (1962). O teor de CNF das dietas foi calculado de acordo com Detmann e Valadares Filho (2010). As amostras de digesta abomasal, fezes, alimentos e sobras, referentes à estimativa de digestibilidade foram incubadas no rúmen de um bovino, via fístula ruminal, em sacos de Ankom® (filter bags F57), por um período de 240 horas (Casali et al., 2008). No material remanescente da incubação foi realizada a determinação do teor de FDN, que corresponde ao FDN<sub>i</sub>.

## **2.6. Análises estatísticas**

Todos os dados foram analisados por intermédio do procedimento MIXED do SAS (versão 9.3). Os dados de digestibilidade parcial foram analisados segundo um delineamento em quadrado latino  $4 \times 4$ , no qual o efeito de tratamento foi considerado fixo e os efeitos de animal e período, aleatórios. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas por meio de contrastes. Os contrastes avaliados foram: 1- SE - 80:20 vs. SM - 60:40; 2- SE - 60:40 vs. SM - 60:40; 3- SE - 40:60 vs. SM - 60:40. Para avaliação do pH e NAR (Exp1), os efeitos fixos considerados foram o tratamento (T), o horário de coleta (H) e a interação entre esses ( $T \times H$ ). Foi utilizado o esquema de medidas repetidas no tempo, sendo os horários de coleta (0, 2, 4 e 6 horas

após alimentação) repetidos dentro de cada unidade experimental (animal × período). Utilizou-se a matriz de covariância não estruturada (UN), a qual foi escolhida através do critério de Akaike corrigido (AICC). Os efeitos linear, quadrático e cúbico relativos aos tempos de coleta de pH e nitrogênio amoniacal ruminal foram obtidas através do PROC REG. Os dados de consumo e desempenho foram analisados segundo um delineamento inteiramente casualizado, utilizando-se o peso vivo inicial como variável concomitante, assumindo-se os requisitos para utilização deste. Assumiu-se a homogeneidade das variâncias entre tratamentos e os graus de liberdade foram estimados pelo método de Kenward-Roger. Todos os procedimentos estatísticos foram conduzidos utilizando 0,05 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I.

### **3. Resultados**

#### **3.1. Digestibilidade dos nutrientes, pH e amônia ruminal (Exp1)**

Na Tabela 3 encontram-se os valores médios de digestibilidade total, ruminal e intestinal dos nutrientes. Observou-se que as dietas SE-80:20 e SE-60:40 apresentaram menores valores ( $P < 0,05$ ) para a digestibilidade aparente total da MS, MO e PB em relação à dieta controle. Apenas a dieta contendo 80% de SE apresentou menor ( $P < 0,05$ ) digestibilidade total do FDNcp em relação à dieta a base de SM. Os valores de digestibilidade total dos nutrientes da dieta SE-40:60 não diferiram daqueles observados para a dieta controle. Os contrastes entre as dietas não foram significativos para os valores de digestibilidade ruminal e intestinal ( $P > 0,05$ ).

Os valores de pH ruminal foram afetados pelas dietas e tempo de coleta ( $P < 0,05$ ), mas a interação entre estes dois fatores não foi significativa ( $P > 0,05$ ). O pH ruminal dos animais alimentados com a dieta SE-80:20 foi maior ( $P < 0,05$ ) que o observado para a dieta contendo silagem de milho (6.75 vs. 6.17; Tabela4). As demais dietas contendo SE resultaram em valores semelhantes aos da SM ( $P > 0,05$ ). A concentração de amônia ruminal foi semelhante entre as dietas contendo SE e SM ( $P > 0,05$ ).

Foi ajustado um modelo linear decrescente para os dados de pH em função dos tempos de coleta (Figura 1). A concentração de NAR foi afetada apenas pelo tempo de coleta ( $P < 0,05$ ), ajustando-se um modelo cúbico (Figura 2).

Tabela 3. Valores médios da digestibilidade aparente (DA) total, ruminal e intestinal em bovinos alimentados com dietas contendo silagem de estilosantes (SE) ou silagem de milho (SM).

Itens	SM		SE		EPM	Contrastes*		
	60:40	80:20	60:40	40:60		1	2	3
DA total, %								
MS	675,5	573,9	589,7	654,7	15,4	0,01	0,03	0,54
MO	689,8	603,1	615,8	677,6	14,3	0,02	0,04	0,70
PB	626,9	506,4	455,4	555,4	21,5	0,02	<0,01	0,13
EE	708,0	687,4	675,9	682,2	24,0	0,73	0,60	0,67
FDNcp	568,2	473,6	514,3	512,7	17,3	0,04	0,20	0,19
CNF	790,7	776,2	724,5	780,1	13,1	0,67	0,07	0,75
DA ruminal, %								
MS	691,1	693,0	712,7	684,2	25,5	0,97	0,64	0,88
MO	740,7	721,6	749,7	714,3	13,8	0,53	0,76	0,39
PB	328,1	270,6	298,2	310,0	14,2	0,15	0,44	0,64
EE	217,4	191,3	171,0	152,9	22,5	0,63	0,49	0,34
FDNcp	836,4	728,9	801,3	830,6	15,8	0,01	0,35	0,87
CNF	798,4	689,1	753,7	790,1	20,1	0,04	0,36	0,86
DA intestinal, %								
MS	309,0	307,0	287,3	315,8	25,5	0,97	0,64	0,88
MO	259,3	278,4	250,3	285,8	13,8	0,53	0,76	0,39
PB	671,9	729,5	701,8	690,0	14,2	0,15	0,44	0,64
EE	782,6	808,7	829,0	849,0	22,5	0,69	0,49	0,34
FDNcp	163,6	271,2	198,8	169,4	15,8	0,01	0,35	0,87
CNF	201,6	310,9	246,3	209,9	20,1	0,04	0,36	0,86

MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína; CNF = carboidratos não fibrosos. \*Contrastes: 1- SE - 80:20 vs. SM - 60:40; 2- SE - 60:40 vs. SM - 60:40; 3- SE - 40:60 vs. SM - 60:40.

Tabela 4. Valores médios de pH e concentração de amônia (mg/dL) de bovinos alimentados com dietas contendo silagem de estilosantes (SE) ou silagem de milho (SM).

Itens	SM		SE		EPM	Contrastes*		
	60:40	80:20	60:40	40:60		1	2	3
pH	6,17	6,75	6,45	6,30	0,05	<0,01	0,06	0,42
Amônia ruminal	10,95	10,36	10,45	10,48	0,49	0,69	0,73	0,74

\*Contrastes: 1- SE - 80:20 vs. SM - 60:40; 2- SE - 60:40 vs. SM - 60:40; 3- SE - 40:60 vs. SM - 60:40.

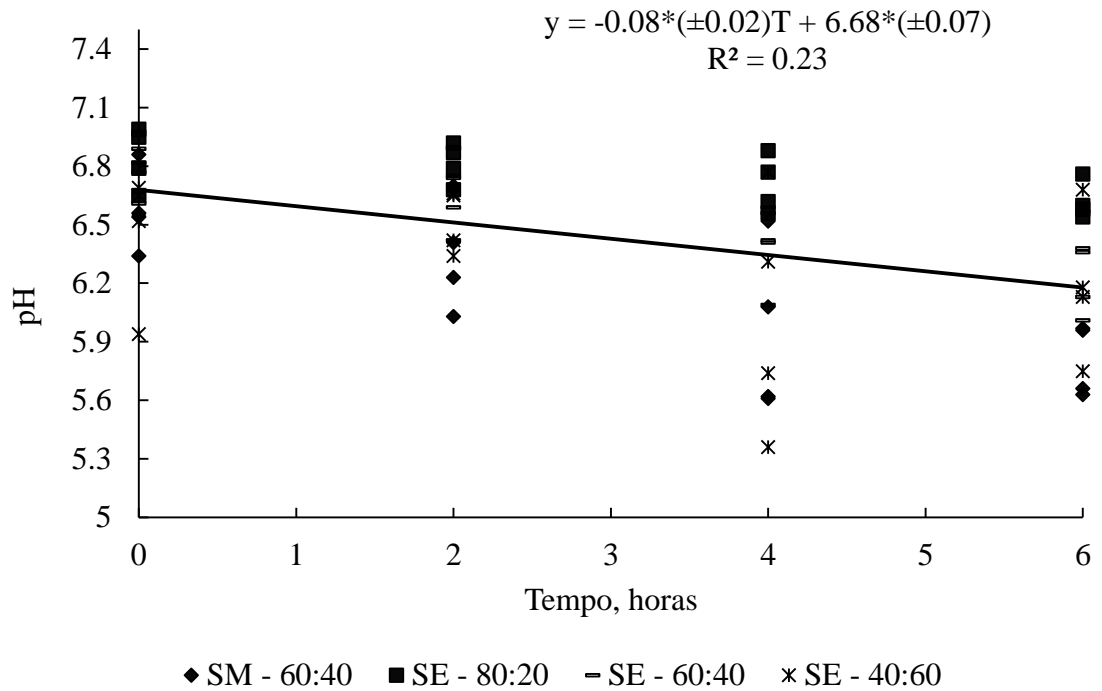


Figura 1. Estimativa do pH ruminal de bovinos de corte alimentados com dietas contendo silagem de estilosantes (SE) ou silagem de milho (SM). QMRes = 0.35; \*P < 0,05.

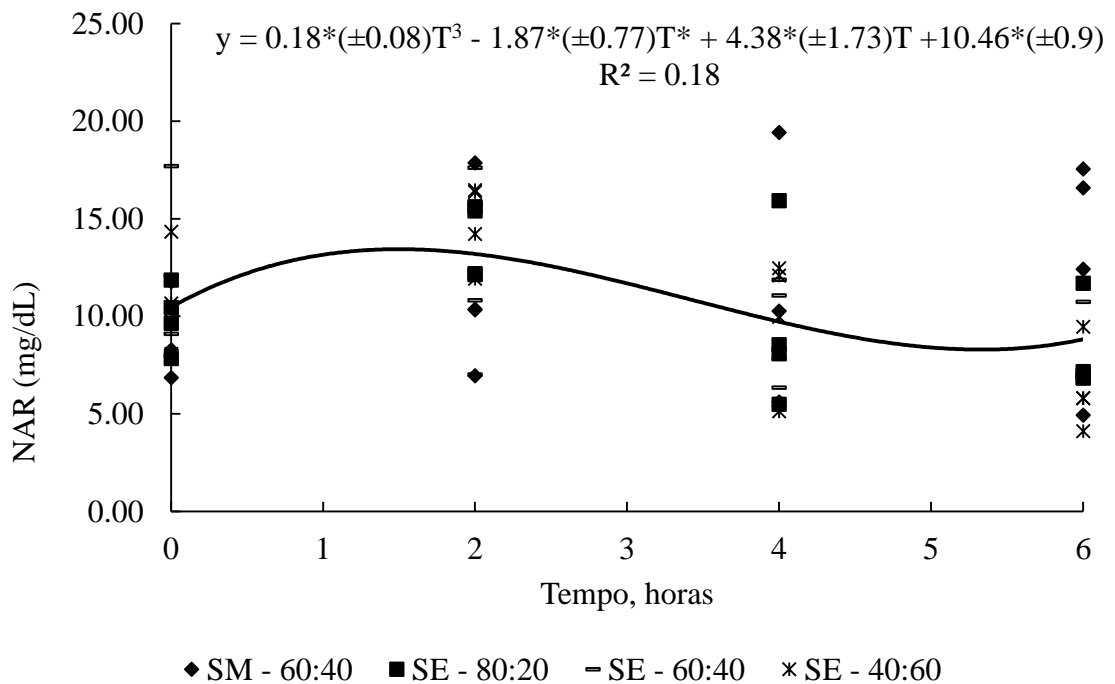


Figura 2. Estimativa do nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) de bovinos de corte alimentados com dietas contendo silagem de estilosantes (SE) ou silagem de milho (SM). QMRes = 3.61; \*P < 0,05.

### 3.2. Consumo de nutrientes e desempenho animal (Exp 2)

A dieta SE-80:20 apresentou menores ( $P < 0,05$ ) consumos de MS, MO, PB, EE e CNF em relação à dieta SM (Tabela 6). Por outro lado, aquela com 40% de SE apresentou maior ( $P < 0,05$ ) consumo desses nutrientes em relação à dieta controle (SM). Quando incluída na mesma proporção que a SM (60:40) a SE resultou em consumo semelhante para os mesmos nutrientes ( $P > 0,05$ ). Quando expressos em percentual do peso vivo, os consumos de MS e MO apresentaram o mesmo comportamento previamente descrito.

O consumo de FDNcp não diferiu entre as dietas contendo SE e a dieta controle contendo SM ( $P > 0,05$ ). Entretanto, quando expresso em percentual do peso corporal, o consumo de FDNcp foi maior na dieta contendo 80% de SE em relação à SM ( $P < 0,05$ ). Apenas a dieta SE-40:60 resultou em consumo semelhante ( $P > 0,05$ ) de NDT em relação à dieta contendo SM.

Tabela 6. Valores médios do consumo de nutrientes em bovinos alimentados com dietas contendo silagem de estilosantes (SE) ou silagem de milho (SM).

Itens	SM		SE		EPM	Contrastes*		
	60:40	80:20	60:40	40:60		1	2	3
	kg/dia							
MS	8,55	6,86	8,88	9,81	0,27	<0,01	0,52	0,02
MO	8,11	6,40	8,33	9,24	0,26	<0,01	0,65	0,03
FDNcp	3,07	3,28	3,39	2,91	0,07	0,30	0,12	0,42
PB	1,03	0,83	1,09	1,21	0,03	<0,01	0,35	0,01
EE	0,20	0,14	0,21	0,31	0,01	<0,01	0,41	<0,01
CNF	4,07	2,15	3,62	4,79	0,20	<0,01	0,07	0,01
NDT	5,98	3,60	4,98	6,01	0,21	<0,01	<0,01	0,93
	kg/100 kg peso corporal							
MS	2,14	1,81	2,26	2,44	0,06	0,01	0,31	0,02
MO	2,03	1,68	2,12	2,30	0,30	0,01	0,41	0,03
FDNcp	0,77	0,87	0,86	0,73	0,02	0,04	0,05	0,43

MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína; CNF = carboidratos não fibrosos; NDT = nutrientes digestíveis totais. \*Contrastes: 1- SE - 80:20 vs. SM - 60:40; 2- SE - 60:40 vs. SM - 60:40; 3- SE - 40:60 vs. SM - 60:40.

Foram observados menores ( $P < 0,05$ ) ganho médio diário (GMD) e RC naqueles animais alimentados com a dieta SE-80:20 (Tabela 8). As demais dietas contendo SE resultaram em GMD e RC semelhantes ( $P > 0,05$ ) à dieta controle. O GMDC apresentou comportamento diferente, pois a dieta contendo SE-60:40 resultou em menor valor ( $P < 0,05$ ) em comparação à dieta controle. Entretanto na dieta SE-40:60 observou-se GMDC semelhante ( $P > 0,05$ ) ao da dieta com SM.

Tabela 8. Valores médios do desempenho produtivo e eficiência alimentar de bovinos alimentados com dietas silagem de estilosantes (SE) ou silagem de milho (SM).

Itens	SM		SE		EPM	Contrastes*		
	60:40	80:20	60:40	40:60		1	2	3
GMD	1,24	0,50	1,03	1,32	0,07	<0,01	0,08	0,45
RC	56,11	54,26	54,74	56,09	0,31	0,04	0,12	0,98
GMDC	0,64	0,23	0,49	0,65	0,04	<0,01	0,01	0,80
EA-CMS	69,92	31,73	55,73	69,23	3,42	<0,01	0,02	0,91
EA-NDT	106,87	60,00	99,79	111,28	5,02	<0,01	0,48	0,68

GMD = ganho médio diário (kg/dia); GMDC = ganho médio diário de carcaça (kg/dia); RC = rendimento de carcaça (%); EA-CMS (g/kg) = eficiência alimentar em para GMDC em função do consumo de matéria seca; EA-CNDT (g/kg) = eficiência alimentar em para GMDC em função do consumo de nutrientes digestíveis totais. \*Contrastes: 1- SE - 80:20 vs. SM - 60:40; 2- SE - 60:40 vs. SM - 60:40; 3- SE - 40:60 vs. SM - 60:40.

Os animais alimentados com a dieta SE-40:60 apresentaram eficiência alimentar em relação ao consumo de MS (EA-CMS) semelhante ( $P > 0,05$ ) aos animais alimentados com SM. As demais dietas apresentaram menores médias ( $P < 0,05$ ) de EA-CMS em relação à dieta controle. Quando a eficiência para o ganho de carcaça foi calculada em relação ao consumo de NDT (EA-NDT), a dieta SE6-60:40 resultou em valores semelhantes ( $P > 0,05$ ) à dieta SM-60:40.

## 4. Discussão

### 4.1. Digestibilidade dos nutrientes, pH e amônia ruminal (Exp1)

Em experimento prévio, Souza et al. (2014) avaliaram o efeito de níveis de substituição de SM por SE em dietas contendo 50% de concentrado para bovinos de corte confinados. Os autores concluíram que a SE poderia substituir a SM, sem causar alteração no consumo e desempenho animal. Com base nisso, todas as comparações do presente estudo foram realizadas no intuito de definir o nível ideal de concentrado em dietas contendo SE como fonte de forragem tendo como controle a SE na relação V:C de 40:60.

Os valores de digestibilidade aparente ruminal foram semelhantes entre as dietas experimentais, provavelmente pelo aumento no tempo de retenção do alimento naqueles animais que apresentaram menor consumo. Apenas a digestibilidade aparente ruminal da FDNcp foi menor nos animais alimentados com a dieta SE-80:20 provavelmente pela menor fração potencialmente degradável da fibra. No presente estudo a utilização de 60% de C na dieta contendo SE não resultou em diminuição dos valores de digestibilidades aparentes parcial e total do FDNcp. Diversos estudos relatam que dietas com elevado teor

de carboidratos não fibrosos (CNF), principalmente na forma de amido, podem apresentar redução na taxa de degradação da fibra (Gonçalves et al., 2001; Costa et al., 2008), principalmente pela redução do pH ruminal (Haddad e Grant, 2000; Mouriño et al., 2001), ou ainda pela inibição da atividade de enzimas fibrolíticas, fato que parece estar associado à liberação de compostos pelas bactérias que degradam o amido, os quais parecem ser de natureza protética (bacteriocinas) (Piwonka e Firkins, 1993; Kalmokoff et al., 1996).

Além disso, a concentração de lignina é conhecida por limitar a digestão dos carboidratos fibrosos no rúmen, pois esta exerce um papel de proteção sobre os componentes da parede celular, tornando-a hidrofóbica e impermeável (Van Soest, 1994; Jung e Allen, 1995). Provavelmente a dieta SE-80:20 apresentou menores valores de digestibilidade da MO e FDNcp, devido ao elevado teor de lignina desta forrageira. A composição da lignina das leguminosas difere em relação às gramíneas. Segundo Carvalho e Pires (2008b) as gramíneas apresentam baixos teores de lignina em relação às leguminosas, mas as correlações negativas com a digestibilidade são mais fortes em gramíneas. A explicação, segundo esses autores, pode estar na maior concentração de hemicelulose em gramíneas. De acordo com Van Soest (1994) a lignina se liga covalentemente à hemicelulose o que torna a redução da digestibilidade mais significativa em gramíneas do que leguminosas. Este comportamento não foi observado no presente estudo, uma vez que o valor de digestibilidade da FDNcp foi menor nos animais alimentados com a dieta contendo maior proporção de estilosantes.

O maior valor de pH ruminal na dieta SE-80:20 em relação à dieta com SM provavelmente se deve a sua menor proporção de C. Os resultados observados para as dietas SE - 60:40 e SE - 40:60 não diferiram da dieta SM - 60:40 devido à maior participação da ração concentrada nessas dietas. Esse comportamento também foi observado por Souza et al. (2014), que não observaram diferenças nos valores de pH ruminal quando a SM foi substituída por SE em dietas com 50% de concentrado na MS. Além disso, não foram observados valores de pH abaixo de 6 que pode ser considerado um limiar para diminuição da degradação da fração fibrosa (Van Soest, 1994; Mouriño et al., 2001).

#### **4.2. Consumo de nutrientes e desempenho animal (Exp 2)**

No presente trabalho, a dieta com maior proporção de SE (80%) apresentou menor consumo de MS provavelmente pelo efeito de enchimento, o qual reduz a capacidade de consumo. Por outro lado, a dieta com 60% de concentrado apresentou maior consumo de

MS, indicando que não houve limitação de consumo pelo excesso de energia na dieta e os animais ingeriram uma quantidade maior para obter a mesma quantidade em relação à dieta contendo SM. Isso se deve provavelmente, às características de fibra potencialmente degradável, que na SM é maior em relação à SE, por conta do maior teor de FDNi observado na SE. A composição das dietas comprova este fato (Tabela 2), pois as dietas SE-80:20 e SE-60:40 apresentaram valores de FDNi aproximadamente 4 e 3 vezes maior do que a dieta com SM, respectivamente. Ademais, todas essas características influenciaram no consumo de NDT, pelo fato de os animais alimentados com SE +40% C apresentaram menor valor em comparação à dieta com SM. A dieta contendo SE + 60% de C foi a única que resultou em consumo de NDT semelhante à dieta controle, provavelmente pelo fato de o aumento na proporção de concentrado corrigir as diferenças na composição química e no valor nutritivo dos volumosos utilizados.

O efeito de níveis de concentrado sobre o consumo de nutrientes e o desempenho de bovinos de corte são bem conhecidos da literatura, apresentando efeito linear (Costa et al., 2005) ou quadrático (Pereira et al., 2006). Essas respostas são atribuídas ao aumento do nível de energia da dieta devido à maior participação de grãos. Estas observações corroboram os dados de consumo de MS e ganho de peso do experimento 2 deste trabalho. Ao considerar o GMD, por exemplo, observou-se que a dieta contendo SE + 40% C resultou em valor semelhante à dieta com SM (Tabela 7). Entretanto, observou-se que apenas a dieta SE-60:40 apresentou GMDC semelhante à dieta controle indicando que esta variável deve ser avaliada em ensaios de confinamento pois reflete melhor o ganho dos animais em termos de carcaça. Dessa forma, como discutido anteriormente, os animais que consumiram as dietas com 40% de SE necessitaram de maior aporte energético oriundo do concentrado para atingir o GMDC semelhante ao da dieta com SM.

Recentemente, Detmann et al. (2014a, b) mostraram que existe um desbalanço entre energia e proteína nas dietas para bovinos em condições tropicais, o qual pode afetar a eficiência do uso do nitrogênio, o consumo de MS e conseqüentemente o desempenho produtivo. Entretanto, no presente trabalho não foi observada diminuição na relação entre consumo de proteína e consumo de matéria orgânica digestível ou NDT, mesmo na dieta com 40% de SE. Isso indica que as exigências de proteína metabolizável (PM) também foram atendidas com essa dieta, reforçando o fato de que uma menor quantidade de energia foi obtida pela FDN. Além disso, ao estimar os valores de consumo de PM de acordo com Marcondes et al. (2010) observou-se que as dietas contendo 40% ou mais de concentrado apresentaram valor semelhante ao recomendado para animais de 400 kg e GMD de 1,25 kg/dia. Comportamento semelhante foi relatado por Foster et al. (2009),

que observaram aumento no consumo e digestibilidade do nitrogênio em ovinos através da suplementação com feno de leguminosas.

Segundo o BR-CORTE (Valadares Filho et al., 2010) as exigências de NDT para bovinos nelore com 400 kg de PC e GMD de 1,25 kg/dia são de 5.58 kg/dia. No presente trabalho, os animais alimentados com as dietas SM-60:40 e SE - 40:60 apresentaram consumo de NDT de 5.98 e 6.01 kg/dia, respectivamente, indicando que nessas dietas as exigências de NDT foram atendidas. Ressalta-se ainda a acurácia do sistema de exigências formulado com base em estudos com bovinos em condições tropicais.

## 5. Conclusões

A utilização da silagem de estilosantes constituindo 40% da MS total da dieta para bovinos de corte em fase de terminação apresenta desempenho animal semelhante aquele da silagem de milho, sem comprometer o pH e a concentração de amônia ruminal dos animais.

## 6. Referências Bibliográficas

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). 1990. **Official Methods of Analysis**, 15th edition. AOAC, Arlington, VA, USA.
- CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V. 2008a. Leguminosas tropicais herbáceas em associação com pastagens. **Archivos de Zootecnia**, 57:103-113.
- CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V. 2008b. Organização dos tecidos de plantas forrageiras e suas implicações para os ruminantes. **Archivos de Zootecnia**, 57:13-28.
- CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. et al. 2008. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos in situ. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 37:335-342.
- CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, 8:130-132.
- COSTA, M.A.L.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M.F. et al. 2005. Desempenho, digestibilidade e características de carcaça de novilhos zebuínos

- alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 34:268-279.
- COSTA, V.A.C.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. et al. 2008. Degradação in vitro da fibra em detergente neutro de forragem tropical de baixa qualidade em função de suplementação com proteína e/ou carboidratos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 37:494-503.
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. 2010. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 62:980-984.
- DETMANN, E.; VALENTE, E.E.L.; BATISTA, E.D. et al. 2014a. An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. **Livestock Science (Print)**. 162:141-153.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. et al. 2014b. Aspectos nutricionais aplicados a bovinos em pastejo nos trópicos. In: S.C. Valadares Filho; M.F. Paulino; M.L. Chizzotti et al.. (Org.). **Anais do IX Simpósio de Produção de Gado de Corte e V Simpósio Internacional de Produção de Gado de Corte**. 1ed.Viçosa: DZO-UFV. p. 239-267.
- DIAS-FILHO, M. B. 2011. Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 40:243-252.
- DIAS-FILHO, M.B. 2014. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Embrapa Amazônia Oriental. Documentos. 402. 36p.
- FOSTER, J.L.; ADESOGAN, A.T.; CARTER, J.N. et al. 2009. Intake, digestibility, and nitrogen retention by sheep supplemented with warm-season legume hays or soybean meal. **Journal of Animal Science**, 87:2891-2898.
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. 1975. **Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures and some applications)**. Washington, D.C.: USDA-ARS. 20p. (Agriculture Handbook, 379).
- GOMES, D.I.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. et al. A.C. 2011. Evaluation of lignin contents in tropical forages using different analytical methods and their correlations with degradation of insoluble fiber. **Animal Feed Science and Technology**, 168:206-222.

- GONÇALVES, A.L.; LANA, R.P.; RODRIGUES, M.T. et al. 2001. Degradabilidade Ruminal da Matéria Seca e da Fibra em Detergente Neutro de Alguns Volumosos Utilizados na Alimentação de Cabras Leiteiras, Submetidas a Dietas com Diferentes Relações Volumoso:Concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 30:1893-1903.
- HADDAD, S.G.; GRANT, R.J. 2000. Influence of nonfibre carbohydrate concentration on forage fibre digestion in vitro. **Animal Feed Science and Technology**, 86:107-115.
- HEINRITZ, S.N., MARTENS, S.D., AVILA, P. et al. 2012. The effect of inoculant and sucrose addition on the silage quality of tropical forage legumes with varying ensilability. **Animal Feed Science and Technology**, 174:201-210.
- JUNG, H.G.; ALLEN, M.S. 1995. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility forages by ruminants. **Journal of Animal Science**, 73:2774-2790.
- KALMOKOFF, M.L., BARTLETT, F., TEARHER, R.M. 1996. Are ruminal bacteria armed with bacteriocins? **Journal of Animal Science**, 79:2297-2306.
- LEÃO, M.I., COELHO DA SILVA, J.F. 1980. Técnicas de fistulação de abomaso em bezerros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 1. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 17. Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBZ. p.37.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, 57: 347-358.
- MARCONDES, M.I.; GIONBELLI, M.P.; VALADARES FILHO, S.C. et al. 2010. Exigências de proteína para bovinos Nelore e cruzados. In: VALADARES FILHO, S.C., MARCONDES, M.I., CHIZZOTTI, M.L. et al. (Eds). **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados: BR-CORTE**. 2.ed. Viçosa: UFV, 193p.
- MERTENS, D. R. 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC Technology**, 85:1217-1240.
- MOURIÑO, F.; AKKARAWONGSA, R.; WEIMER, P.J. 2001. Initial pH as a determinant of cellulose digestion rate by mixed ruminal microorganisms in vitro. **Journal of Dairy Science**, 84:848-859.

- PACIULLO, D.S.C., AROEIRA, L.J.M., ALVIM, M.J. et al. 2003. Características produtivas e qualitativas de pastagem de braquiária em monocultivo e associada com estilosantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 38:421-426.
- PEREIRA, D.H.; PEREIRA, O.G.; SILVA, B.C. et al. 2008. Nutrient intake and digestibility and ruminal parameters in beef cattle fed diets containing *Brachiaria brizantha* silage and concentrate at different ratios. **Animal Feed Science and Technology**, 140:52-66.
- PEREIRA, O. G.; Silva, T. C.; RIBEIRO, K. G. 2012. Topical Legume Silages. In: Odilon Gomes Pereira; Dilermando Miranda da Fonseca; Karina Guimarães Ribeiro; Fernanda Helena Martins Chizzotti. (Org.). **Anais do VI Simpósio sobre manejo estratégico - VI SIMFOR**. 6:269-284.
- PIWONKA, E.J.; FIRKINS, J.L. 1993. Effect of glucose fermentation on fiber digestion by rumen microorganisms in vitro. **Journal of Dairy Science**, 79:1196-2206.
- SOUZA, W., PEREIRA, O.G., RIBEIRO, K.G. et al. 2014. Intake, digestibility, nitrogen efficiency, and animal performance of growing and finishing beef cattle fed warm-season legume (*Stylosanthes capitata* plus *Stylosanthes macrocephala*) silage replacing corn silage. **Journal of Animal Science**, 92:4099-4107.
- VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, M.L. et al. 2010. **Nutritional Requirements of Zebu Beef Cattle-BR CORTE**. 2ed. 193p.
- VALLE, L.C.S.; SILVA, J.M.; SCHUNKE, R.M. 2001. Ganho de peso de bovinos em pastagens de *Brachiaria decumbens* pura e consorciada com *Stylosanthes* spp. cv. Campo Grande. In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia. 38. Piracicaba. **Anais... FEALQ**. p. 175-176.
- VAN SOEST, P.J. 1994. **Nutritional Ecology of Ruminants**. 2 ed. Ithaca. Cornell Univ. 476p.

### Capítulo III

#### **Avaliação do tamanho de partícula da cana-de-açúcar e níveis de concentrado em dietas para bovinos de corte**

**Resumo:** Objetivou-se avaliar o efeito de dois tamanhos de partículas (TP) e dois níveis de concentrado (C) sobre as digestibilidades ruminal e intestinal dos nutrientes, o pH e a concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) e o desempenho produtivo de bovinos de corte alimentados com cana-de-açúcar triturada. Os tratamentos consistiram da cana-de-açúcar triturada em dois TP (Grande e Pequeno) em combinação com dois níveis de concentrado (40 e 60%, com base na MS). No experimento 1 foram utilizados quatro bovinos mestiços Holandês × Zebu com peso corporal médio inicial de  $510 \pm 11$  kg distribuídos em um delineamento em quadrado latino  $4 \times 4$ , num esquema fatorial  $2 \times 2$  (2 TP  $\times$  2 C). No segundo experimento, foram utilizados 32 bovinos Nelore, com PC de  $358 \pm 2,67$  kg, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial  $2 \times 2$ , com 8 repetições. As médias geométricas dos tamanhos de partícula pequeno foram 8,30 mm (com percentuais retidos nas peneiras de 19, 8 e 1,18 e base de 13,21; 24,09; 61,68 e 1,02%, respectivamente) e grande de 15,92 mm (com percentuais retidos nas peneiras de 19, 8 e 1,18 e base de 19,07; 61,02; 18,39 e 1,52%, respectivamente). A dieta com TP pequeno e 60% C resultou em menor ( $P < 0,05$ ) valor de pH (5,75). O consumo dos nutrientes foi afetado pelo tamanho de partícula e pelo nível de C ( $P < 0,05$ ). O consumo de matéria seca (MS) e matéria orgânica foi maior para a cana triturada no maior TP ( $P < 0,05$ ). O consumo de nutrientes digestíveis totais foi maior ( $P < 0,05$ ) para as dietas com 60% de C (5,46 kg/dia). A dieta contendo 60% de C e cana triturada no maior TP apresentou maior MS digerida ( $P < 0,05$ ). Foi observado efeito da interação T $\times$ C sobre o ganho médio diário de carcaça, registrando-se maior valor para a cana triturada no maior tamanho ( $P < 0,05$ ), na dieta com 60% de C. O maior tamanho de partícula da cana-de-açúcar ( $X_{gm} = 15,95$  mm) resulta em maior desempenho dos animais em dietas com 60% de concentrado (base da MS).

**Palavras-chave:** confinamento, consumo de matéria seca, fibra fisicamente efetiva, grau de processamento

**Abstract:** The objective of this study was to evaluate the ruminal and intestinal digestion, the ruminal fermentation (experiment 1) and the performance of beef cattle fed sugarcane (SC) chopped in two particle sizes (PS; small and large) and two concentrate levels (C; 40 and 60% in dry matter (DM) basis). The treatments were the combinations between the combination of two PS of chopped SC and two levels of C (40 and 60%, DM basis). Four Holstein × Zebu bulls (average body weight of  $510 \pm 11$  kg) were used in the experiment 1, distributed in a  $4 \times 4$  latin square design with a complete factorial  $2 \times 2$  ( $2$  PS  $\times$   $2$  C). In the second experiment, thirty-two Nellore bulls ( $358 \pm 2.67$  kg initial body weight), with eight replicates. The geometric averages of the PS were 9.30 and 15.92 mm for small and large PS of SC, respectively. The retained percentage on sieves of 19, 8 and 1.18 mm were 13.83, 31.37, and 54.10% for fine-chopped SC and 18.63, 44.53, and 36.41% for coarse-chopped SC. The diet with small PS and 60% C had the lowest pH (5.75;  $P < 0.05$ ). The nutrient intake was affected by PS and C ( $P < 0.05$ ). Sugarcane chopped in the large PS had higher intake of dry matter (DM) and organic matter ( $P < 0.05$ ). Higher intake of total digestible nutrients ( $P < 0.05$ ) was recorded in animals fed diets containing 60% C (5.46 kg/ day). The diet containing 60% C and large-chopped SC had higher amount of digested DM ( $P < 0.05$ ). Interaction effect was observed on the average daily gain of carcass ( $P < 0.05$ ), recording highest value (1.08 kg/day) in the diet with large-chopped SC and 60% C. We concluded that large-chopped sugarcane (Xgm = 15.95 mm) increases the performance of Nellore bulls in diets with 60% concentrate (DM basis).

**Keywords:** dry matter intake, feedlots, physically effective fiber, processing degree

## **1. Introdução**

A cana de açúcar representa uma importante fonte de volumoso para utilização em confinamentos de bovinos de corte, mesmo apresentando características como baixa digestibilidade da fibra (Valadares Filho et al., 2002). Nesse contexto, destacam-se suas características como elevada produtividade, maior disponibilidade na época de escassez de forragem e certa flexibilidade no manejo. Segundo Millen et al. (2009) a cana-de-açúcar *in natura* representa a principal fonte de forragem utilizada em confinamentos no Brasil, seguida pelas silagens de milho e sorgo. Valadares Filho et al. (2008) compilaram dados de 48 trabalhos sobre desempenho e consumo de matéria seca de bovinos alimentados à base de cana-de-açúcar e verificaram ganho médio de 0,78 kg/dia e consumo de 21,9 g/kg do peso vivo.

O aumento do nível de concentrado é a principal medida utilizada no intuito de manter o elevado desempenho de bovinos alimentados com dietas a base de cana-de-açúcar. No entanto, é sabido que o grau de processamento das forragens (tamanho de partícula) e a efetividade física da fibra são parâmetros importantes, os quais podem exercer influência sobre características relacionadas ao consumo e tamponamento ruminal (Zebeli et al., 2012).

Dessa forma, hipotetizou-se que diminuição moderada no tamanho de partícula poderia resultar em aumento da degradação pelo aumento da área disponível para as bactérias fibrolíticas e protozoários sem afetar negativamente a atividade celulolítica e os processos fermentativos no rúmen, resultando em melhor desempenho. Nesse contexto, objetivou-se avaliar os efeitos do tamanho de partícula da cana-de-açúcar e do nível de concentrado sobre o desempenho, a utilização dos nutrientes e os parâmetros ruminiais em bovinos de corte confinados.

## **2. Material e métodos**

### **2.1. Local e condições climáticas**

O experimento foi realizado na Central de Experimentação, Pesquisa e Extensão do Triângulo Mineiro (CEPET), da Universidade Federal de Viçosa. A CEPET localiza-se no município de Capinópolis, o qual se situa na Região do Pontal do Triângulo Mineiro do Estado de Minas Gerais, com altitude média de 620,2 m, latitude 18°40'55" sul e longitude 49°34'11" oeste. O clima é do tipo Aw, quente e úmido, com temperatura

mínima do mês mais frio acima de 18 °C; apresentando precipitações médias anuais entre 1400 a 1600 mm, com estação chuvosa no verão e seca no inverno.

## **2.2. Colheita e picagem da cana-de-açúcar**

Uma área cultivada com a variedade RB 867515 com 4 anos de implantação foi utilizada. Durante os três primeiros anos foram efetuadas três adubações com 200 kg/ha da mistura 20-0-20. A colheita da cana foi realizada com colhedora de forragem modelo PREMIUM FLEX (Menta Máquinas Agrícolas, Cajuru, SP) acoplada a um trator. As operações de colheita foram realizadas em dias intercalados, de modo que a cana triturada na parte da tarde fosse utilizada na alimentação dos dois dias seguintes, baseado na informação do trabalho de Menezes et al. (2011).

O tamanho de partícula (TP) da cana foi determinado por duas regulagens da máquina colhedora de cana, equipada com seis facas, segundo o manual do fabricante. Estes foram determinados pelo tamanho da engrenagem da frente colhedora. Para o menor tamanho foi utilizada uma engrenagem de 14 dentes e para o maior tamanho foi usada uma engrenagem de 23 dentes.

## **2.3. Dietas experimentais**

Os tratamentos consistiram da cana-de-açúcar triturada em dois TP em combinação com dois níveis de concentrado (C; 40 e 60% da MS).

O grau Brix da cana-de-açúcar foi avaliado no início de cada período experimental, num total de quatro. Amostras tomadas aleatoriamente de 10 plantas inteiras foram utilizadas, sendo divididas em três partes; parte distal, medial e apical. Para a extração do sulco, cada parte foi moída separadamente utilizando-se engenho operado manualmente. Para a avaliação do grau Brix, foi utilizado um refratômetro portátil, modelo RT-30ATC - 03134 (Instrutherm, São Paulo, SP). A média para a planta inteira durante o experimento foi de  $23,7 \pm 0,8$  de grau brix.

A composição química da cana-de-açúcar nos diferentes tamanhos e do concentrado utilizado encontra-se na Tabela 1. A proporção dos ingredientes e a composição química das dietas são mostradas na Tabela 2.

Tabela 1 – Composição química dos ingredientes das dietas experimentais.

Item	Tamanho de partícula da cana-de-açúcar		Concentrado
	Menor	Maior	
MS, g/kg MN	351,3	355,7	868,6
	Composição química, g/kg MS		
MO	972,1	971,3	959,2
PB	17,2	16,4	127,6
EE	5,7	7,3	24,49
FDNcp	488,4	492,8	118,2
CNF	460,9	454,9	688,9
CEL	264,8	261,9	35,8
HEM	183,1	183,8	74,3
LIG	40,5	47,1	8,2
FDNi	265,5	276,9	11,6

MN = matéria natural; MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína; CNF = carboidratos não fibrosos; CEL = celulose; HEM = hemicelulose; FDNi = fibra em detergente neutro indigestível; LIG = lignina.

Tabela 2. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais, expressos na base da matéria seca.

Item	Nível de concentrado, % MS	
	40	60
	Proporção dos ingredientes (g/kg MS)	
Cana-de-açúcar	578,9	385,9
Uréia / SA <sup>1</sup>	21,1	14,1
Grão de milho moído	364,4	546,6
Farelo de soja	30,9	46,3
Mistura mineral <sup>2</sup>	4,8	7,1
	Composição química (g/kg MS)	
MS, g/kg MN	571,5	672,2
MO	967,6	964,5
PB	117,7	120,7
EE	13,1	17,5
FDNcp	330,0	261,1
CNF	512,5	577,9
CEL	167,6	122,6
HEM	135,7	115,5
LIG	26,7	23,1
FDNi	158,4	113,8

<sup>1</sup>Uréia e Sulfato de amônio na proporção 9:1; <sup>2</sup>Calcário = 38,45%, fosfato bicálcico = 40,84%, sal comum = 17,55%, sulfato de cobre = 0,71%, sulfato de zinco = 2,38%, iodato de potássio = 0,02%, sulfato de cobalto = 0,05% e selenito de sódio = 0,01%. MN = matéria natural; MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína; CNF = carboidratos não fibrosos; CEL = celulose; HEM = hemicelulose; FDNi = fibra em detergente neutro indigestível; LIG = lignina.

As dietas isotróficas, com 120 g/kg de proteína bruta (PB), foram formuladas para atender as exigências de bovinos Nelore de 400 kg, para 1,250 kg de ganho médio diário com base no sistema brasileiro de exigências para zebuínos BR-CORTE (Valadares Filho

et al., 2010). Foi formulada somente uma ração concentrada e a mistura uréia/sulfato de amônio (9:1) foi utilizada para elevar o teor de PB das dietas para 120 g/kg.

#### **2.4. Animais, período experimental, mensuração e coleta das amostras**

O manejo e o tratamento dos animais foram realizados de acordo com as orientações e recomendações do Comitê de Ética em Estudos Animais da UFV (processo nº 33/2014).

Foram conduzidos dois experimentos simultaneamente. Para avaliação da digestibilidade dos nutrientes, pH e amônia ruminal foram utilizados quatro bovinos mestiços Holandês × Zebu (H × Z) com peso médio inicial de  $510 \pm 11$  kg, não castrados (Experimento 1). Os bovinos foram cirurgicamente fistulados no rúmen e abomaso, segundo procedimentos descritos por Leão e Coelho da Silva (1980).

Os animais foram alojados em baias individuais de  $10\text{m}^2$ , com comedouros e bebedouros e foram alimentados duas vezes ao dia, às 8 e 15 horas, permitindo-se sobras máximas de 10%. Cada período experimental, num total de quatro, teve duração de 16 dias, sendo 10 dias para adaptação dos animais às dietas e 6 dias para coleta de dados, sendo cinco dias para coletas de digesta abomasal e fezes, alimentos fornecidos e sobras, e um dia para a coleta de líquido ruminal, para as estimativas de pH e amônia ruminal.

Foram coletadas diariamente amostras dos alimentos fornecidos e das sobras do 11º ao 16º dia de cada período experimental, acondicionadas em sacos plásticos previamente etiquetados e guardadas em freezer à temperatura de  $-15^\circ\text{C}$ .

Para estimativa da excreção fecal e do fluxo de MS abomasal utilizou-se a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), obtida nas amostras de digesta abomasal, fezes, alimentos fornecidos e sobras.

As coletas de fezes e digesta abomasal foram realizadas do 11 ao 15 quinto dia do período de coleta, às 8, 10, 12, 14 e 16 h, respectivamente. As amostras de fezes foram coletadas diretamente no reto, acondicionadas em sacos plásticos e posteriormente, refrigeradas. Paralelamente à coleta de fezes, foram coletadas as amostras de aproximadamente 500 mL de digesta abomasal, utilizando-se o mesmo processo de armazenamento das fezes.

As coletas de fluido ruminal, para estimativa do pH e análise da concentração de amônia, foram realizadas antes e 2, 4 e 6 horas após o fornecimento da alimentação matinal, no 16º dia de cada período experimental. Para estimativa do pH, foram coletados aproximadamente 50 mL do líquido ruminal, sendo o mesmo medido imediatamente após a coleta com auxílio de um peagâmetro digital. Em seguida, adicionou-se 1 mL de solução

de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 50% v./v.) a cada amostra, que foram armazenadas em freezer à -18°C, para posterior análise da concentração de amônia ruminal.

Para avaliação do consumo de nutrientes e desempenho foram utilizados 32 bovinos da raça nelore, machos, inteiros, com peso vivo médio de 358 ± 2,67 kg (Experimento 2). Após a pesagem, os animais foram vermifugados e distribuídos nos respectivos tratamentos por sorteio em baias individuais de 10 m<sup>2</sup>, com comedouro coberto e bebedouros cilíndricos de alvenaria que serviram a duas baias simultaneamente.

O experimento teve a duração de 84 dias, divididos em três períodos de 28 dias, após 15 dias de adaptação. Inicialmente os animais foram pesados no turno da tarde, sem jejum prévio, e em seguida, distribuídos nos respectivos blocos e tratamentos, utilizando o peso corporal inicial como critério. Os animais foram pesados no final do período de adaptação e no final do terceiro período, após 16 horas em jejum de sólidos.

Ao final do período de adaptação foram abatidos quatro animais referência para estimativa do rendimento de carcaça inicial do lote dos animais confinados.

A alimentação foi realizada duas vezes ao dia, às 8 h e às 14 h, de modo a proporcionar 10% de sobras. O consumo foi mensurado diariamente, por meio da diferença de peso entre o alimento fornecido e as sobras. Nesta ocasião, foram realizadas amostras compostas dos alimentos fornecidos e das sobras, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e guardadas em congelador para análises posteriores.

Ao final de cada período de avaliação, as amostras de cana e concentrado, bem como as amostras de sobras de cada animal, foram descongeladas em temperatura ambiente e homogeneizadas manualmente, fazendo-se uma amostra composta por animal após a pré-secagem em estufa.

O ensaio de digestibilidade foi realizado no terceiro período de avaliação, do 8º ao 12º dia, através da coleta de amostras de fezes de todos os animais, diretamente do piso. Para estimativa da produção fecal, utilizou-se a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) como indicador.

Ao final do terceiro período experimental, todos os animais foram abatidos para determinação do rendimento de carcaça (RC), que foi calculado pela razão percentual entre o peso da carcaça quente e o peso corporal final em jejum. O ganho médio diário de carcaça (GMDC), expresso em kg/dia, foi calculado através da do peso final da carcaça descontado o peso inicial da carcaça em relação ao número de dias do experimento. As eficiências alimentares (EA), para GMDC em função do consumo de MS e NDT foram calculadas as com base nas relações GMDC/CMS e GMDC/CNDT, respectivamente.

## 2.5. Análises laboratoriais

Ao final de cada período experimental, as amostras de alimentos fornecidos, sobras, fezes e digesta abomasal foram descongeladas e submetidas a uma pré-secagem a 55°C, por 72 h e moídas em moinho de facas tipo Willey, em peneira com malha de 1 mm. Para as amostras de fezes, sobras e digesta abomasal foram produzidas amostras compostas por animal em cada período, baseada no peso seco. As amostras secas e moídas foram transportadas para os Laboratórios de Forragicultura e Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa para realização das análises químicas.

Amostras da cana-de-açúcar ofertada nos dois tamanhos de partícula foram coletadas em duplicatas no início de cada período experimental. A caracterização do tamanho de partícula foi realizada pelo método de estratificação de partículas em peneiras utilizando o “Penn State Particle Separator - PSPS”, desenvolvido por Lammers et al. (1996) e modificado por Kononoff et al. (2003). O fator de efetividade física da fibra (pef) foi calculado de duas formas: pef<sub>8</sub>, a partir da soma das porcentagens das partículas maiores que 8 mm (Lammers et al., 1996) e pef<sub>1,18</sub>, a partir da soma das porcentagens das partículas maiores que 1,18 mm (Mertens, 1997; Kononoff et al., 2003). A fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (FDN<sub>fe</sub>) foi calculada multiplicando-se o teor de fibra em detergente neutro da amostra pelo pef<sub>PS</sub> previamente determinado. O tamanho de partícula foi calculado através da média geométrica ( $X_{gm}$ ) dos percentuais retidos em cada peneira e do tamanho médio das mesmas (ANSI, 2001; Kononoff et al., 2003).

Em todas as amostras, as análises foram conduzidas de acordo com AOAC (1990) para determinação do teor de matéria seca (MS) pelo método 934,01; matéria orgânica (MO) pelo método 930,05; proteína bruta (PB) pelo método 981,10; e extrato etéreo (EE) pelo método 920,39. A fibra em detergente neutro (FDN) foi determinada com o uso de amilase termoestável e corrigida para cinzas utilizando as técnicas descritas por Mertens (2002). A correção da FDN para os compostos nitrogenados e a estimação dos conteúdos de compostos nitrogenados insolúveis no detergente neutro (NIDN) foram feitos conforme Licitra et al. (1996). Somente nas amostras dos alimentos ofertados foram realizadas análises de lignina, pelo método de solubilização da celulose com ácido sulfúrico (Gomes et al., 2011), e fibra em detergente ácido (FDA) segundo Goering e Van Soest (1967). A concentração de amônia ruminal nas amostras de fluido ruminal foi determinada segundo a técnica colorimétrica descrita por Chaney e Marbach (1962). O teor de CNF das dietas foi calculado de acordo com Detmann e Valadares Filho (2010).

As amostras de digesta abomasal, fezes, alimentos e sobras, referentes à estimativa de digestibilidade foram incubadas no rúmen de um bovino, via fístula ruminal, em sacos de Ankom® (filter bags F57), por um período de 240 horas (Casali et al., 2008). No material remanescente da incubação foi realizada a determinação do teor de FDN, que corresponde ao FDNi.

## **2.6. Análises estatísticas**

Para o consumo e digestibilidade foram considerados apenas os resultados do Exp. 2. Todos os dados foram analisados por intermédio do procedimento MIXED do SAS (versão 9.3). Os dados foram analisados segundo um delineamento em quadrado latino  $4 \times 4$ , em esquema fatorial  $2 \times 2$ , com dois tamanhos de partícula e dois níveis de concentrado (40 e 60%). Os efeitos de tamanho de partícula (T), nível de concentrado (C) e a sua interação (T  $\times$  C) foram considerados fixos e os efeitos de animal e período, aleatórios. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste t. Para avaliação do pH e do NAR (Exp. 1), os efeitos fixos considerados foram T, C, o horário de coleta (H) e a interação entre esses, e animal e período, aleatórios. Foi utilizado o esquema de medidas repetidas no tempo, sendo os horários de coleta (0, 2, 4 e 6 horas após alimentação) repetidos dentro de cada unidade experimental (animal  $\times$  período). Utilizou-se a matriz de covariância não estruturada (UN), a qual foi escolhida através do critério de Akaike corrigido (AICC). Os efeitos linear, quadrático e cúbico relativos aos tempos de coleta de pH e nitrogênio amoniacal ruminal foram obtidas através do PROC REG. O peso vivo inicial foi utilizado como variável concomitante, assumindo-se os requisitos para utilização deste parâmetro (Exp. 2). Assumiu-se a homogeneidade das variâncias entre tratamentos e os graus de liberdade foram estimados pelo método de Kenward-Roger. Todos os procedimentos estatísticos foram conduzidos utilizando 0,05 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I.

## **3.3. Resultados**

### **3.1. Tamanho de partícula e fibra efetiva**

A caracterização do tamanho de partícula da máquina colhedora de forragem, pelo método PSPS é mostrada na Tabela 3.

As formas de regulagem da máquina colhedora resultaram em diferentes distribuições das partículas retidas nas peneiras de 19, 8 e 1,18 mm, bem como no tamanho de partícula, calculado pela média geométrica. Os percentuais retidos nas peneiras de 19, 8 e 1,18 e base foram 13,21; 24,09; 61,68 e 1,02%, e 19,07; 61,02; 18,39 e 1,52% para a cana triturada no menor e no maior tamanho de partícula, respectivamente.

Tabela 3. Caracterização física e efetividade da fibra da cana-de-açúcar triturada em dois tamanhos de partícula segundo regulagem de corte da colhedora de forragem.

	Tamanho de partícula		EPM
	Menor	Maior	
% de MS retida nas peneiras <sup>1</sup>			
19 mm	13,21	19,07	1,70
8 mm	24,09	61,02	10,94
1.18 mm	61,68	18,39	12,78
Base	1,02	1,52	0,21
Efetividade da fibra			
pef <sub>8</sub> <sup>2</sup>	0,37	0,80	0,13
pef <sub>1.18</sub> <sup>2</sup>	0,99	0,98	0,00
FDNfe <sub>8</sub> <sup>3</sup> , g/kg MS	182,2	394,7	62,6
FDNfe <sub>1.18</sub> <sup>3</sup> , g/kg MS	483,4	485,3	0,90
Média geométrica do tamanho de partícula			
X <sub>gm</sub> <sup>4</sup>	8,30	15,92	2,21

<sup>1</sup>Percentual de partículas retidas nas peneiras do “Penn State Particle Separator (PSPS)” (Kononoff et al., 2003); <sup>2</sup>pef<sub>8</sub> e pef<sub>1.18</sub> = Fator de efetividade física da fibra em detergente neutro (FDN) determinado como a soma das partículas retidas acima da peneira de 8 mm (Lammers et al., 1996) e acima da peneira de 1,18 mm (Kononoff et al., 2003); <sup>3</sup>FDNfe<sub>8</sub> e FDNfe<sub>1.18</sub> = FDN fisicamente efetiva, determinada pelo produto entre a concentração de FDN da cana-de-açúcar pelo pef<sub>8</sub> e pef<sub>1.18</sub>, respectivamente. <sup>4</sup>Média geométrica do tamanho de partícula (ANSI, 2001; Kononoff et al., 2003).

### 3.2. Amônia ruminal e pH (Exp1)

O pH ruminal foi afetado pelas interações T × C e C × P ( $P < 0,05$ ), enquanto as demais interações não foram significativas ( $P > 0,05$ ). Quando fornecida com 40% de C a cana resultou em maiores ( $P < 0,05$ ) valores de pH em relação às dietas com 60% de C (Tabela 4). Nas dietas contendo 60% de C, a cana triturada no menor TP resultou em menor ( $P < 0,05$ ) valor de pH.

Não houve ajuste de modelo para o pH ruminal das dietas contendo 60% ( $P > 0,05$ ). Para o nível de concentrado 40% observou-se um comportamento linear decrescente em função do horário de coleta (Figura 1).

Tabela 4. Médias de mínimos quadrados para o pH ruminal de bovinos alimentados com dietas a base de cana-de-açúcar com dois tamanhos de partícula e dois níveis de concentrado.

TP	Concentrado		Média	EPM	P valor		
	40	60			T	C	T × C
	pH						
Menor <sup>1</sup>	6,37Aa	5,75Bb	6,06	0,04	0,02	<0,01	<0,01
Maior <sup>2</sup>	6,32Aa	6,01Ab	6,19				
Média	6,34	5,91					
	Amônia ruminal						
Menor	10,94	13,89	12,42	0,66	0,22	0,45	0,18
Maior	14,59	13,71	14,15				
Média	12,77	13,80					

<sup>1</sup>cana-de-açúcar finamente triturada ( $X_{gm} = 8,30$  mm); <sup>2</sup>cana-de-açúcar grosseiramente triturada ( $X_{gm} = 15,92$  mm). T = efeito do tamanho de partícula; C = efeito do nível de concentrado; T × C = efeito da interação tamanho de partícula × nível de concentrado. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste t ( $P < 0,05$ ).

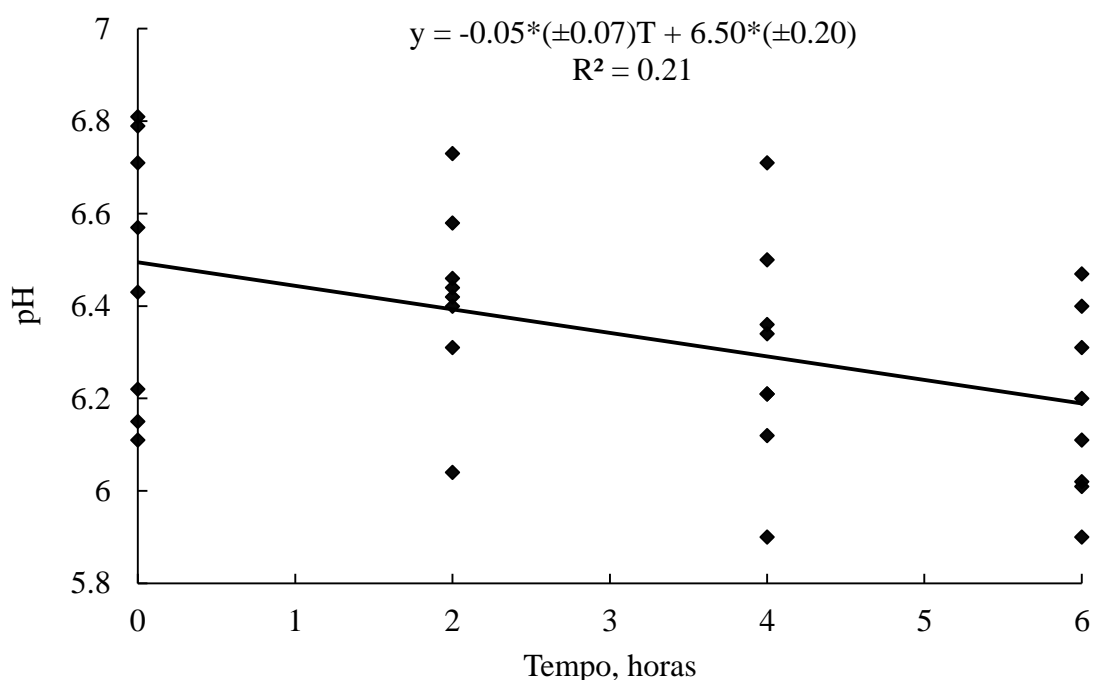


Figura 1. Estimativa do pH ruminal de bovinos de corte alimentados com dietas contendo cana de açúcar e 40% de concentrado. QMRes = 0.23; \* $P < 0,05$ .

A concentração de amônia ruminal foi afetada apenas pelo horário de coleta ( $P < 0,05$ ), ajustando-se um modelo quadrático (Figura 2). Os efeitos das demais interações não foram significativos para a amônia ruminal ( $P < 0,05$ ).

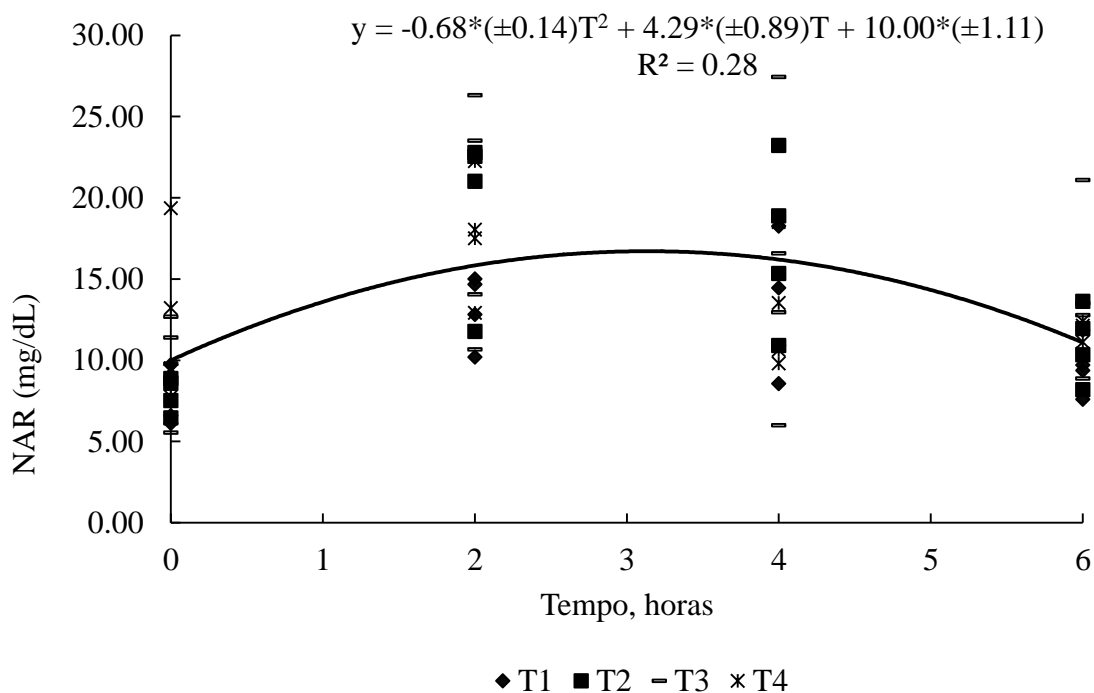


Figura 2. Estimativa do nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) de bovinos de corte alimentados com dietas a base de cana-de-açúcar com dois tamanhos de partícula (TP) e dois níveis de concentrado (C). T1 = Cana-de-açúcar no menor TP + 40 %C; T2 = Cana-de-açúcar no menor TP + 60% C; T3 = Cana-de-açúcar no maior TP + 40% C T4 = Cana-de-açúcar no maior TP + 60% C. QMRes = 4.57; \* $P < 0,05$ .

### 3.3. Consumo, digestibilidade de nutrientes e desempenho animal (Exp 2)

Não houve efeito de interação sobre o consumo dos nutrientes ( $P > 0,05$ ; Tabela 5). Os consumos de MS, MO e FDNcp foram maiores para as dietas com cana-de-açúcar no maior TP (15,92 mm), enquanto as demais variáveis de consumo não apresentaram diferenças em relação ao TP ( $P > 0,05$ ).

As dietas com maior proporção de concentrado (60%) apresentaram maiores ( $P < 0,05$ ) médias de consumo dos nutrientes, com exceção para o consumo de FDNcp ( $P > 0,05$ ). O consumo de NDT foi maior ( $P < 0,05$ ) para a dieta com 60% de C em relação à dieta com 40% de C (5,46 vs. 4,57 kg/dia). As variáveis de consumo expressas em percentual do peso corporal apresentaram o mesmo comportamento quando expressas em kg/dia.

Os valores médios das quantidades dos nutrientes digeridas (kg/dia) encontram-se na Tabela 6. Apenas a MS digerida foi afetada pela interação  $T \times C$  ( $P < 0,05$ ). Nas dietas com 40% de C a MS digerida foi semelhante entre os TP. Entretanto nas dietas contendo 60% de C observou-se maior MS digerida para a cana triturada no maior TP. O aumento do nível de C da dieta resultou em aumento na MS digerida apenas na cana triturada no maior TP. A quantidade de MO digerida foi maior nas dietas com cana triturada no

maior TP ( $P < 0.05$ ). As dietas com 60% de C apresentaram maior PB e CNF digeridos em relação às dietas com 40% de C ( $P < 0.05$ ). A quantidade de FDN digerida foi semelhante para todas as dietas ( $P > 0.05$ ).

Tabela 5. Médias de mínimos quadrados para o consumo de nutrientes em bovinos alimentados com dietas a base de cana-de-açúcar com dois tamanhos de partícula e dois níveis de concentrado.

TP	Concentrado		Média	EPM	P valor		
	40	60			T	C	T × C
		MS		0,19	0,04	<0,01	0,27
Menor	6,34	7,40	6,87B				
Maior	6,59	8,16	7,37A				
Média	6,47b	7,78a					
		MO		0,18	0,04	<0,01	0,27
Menor	6,00	7,01	6,50B				
Maior	6,23	7,73	6,98A				
Média	6,11b	7,37a					
		PB		0,03	0,08	<0,01	0,08
Menor	0,71	0,88	0,80				
Maior	0,71	0,98	0,84				
Média	0,71b	0,93a					
		FDNcp		0,04	0,02	0,18	0,16
Menor	2,01	2,01	2,01B				
Maior	2,09	2,28	2,18A				
Média	2,05	2,15					
		CNF		0,12	0,08	<0,01	0,41
Menor	3,55	4,38	3,97				
Maior	3,69	4,76	4,22				
Média	3,62b	4,57a					
		NDT		0,15	0,71	<0,01	0,15
Menor	4,70	5,25	4,98				
Maior	4,45	5,67	5,06				
Média	4,57b	5,46a					

MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína; CNF = carboidrato não fibroso; NDT = nutrientes digestíveis totais. <sup>1</sup>cana-de-açúcar finamente triturada ( $X_{gm} = 8,30$  mm); <sup>2</sup>cana-de-açúcar grosseiramente triturada ( $X_{gm} = 15,92$  mm). T = efeito do tamanho de partícula; C = efeito do nível de concentrado; T × C = efeito da interação tamanho de partícula × nível de concentrado. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste t ( $P < 0,05$ ).

Tabela 6. Valores médios das quantidades de nutrientes digeridas (kg/dia) em bovinos alimentados com dietas a base de cana-de-açúcar com dois tamanhos de partícula e dois níveis de concentrado.

TP	Concentrado		Média	EPM	P valor		
	40	60			T	C	T × C
	MS			0,17	0,01	<0,01	0,03
Menor	3,78Aa	4,22Ba	4,00				
Maior	3,89Ab	5,43Aa	4,66				
Média	3,84	4,83					
	MO			0,16	0,04	0,20	0,06
Menor	3,65	3,34	3,49B				
Maior	3,73	5,18	4,54A				
Média	3,69	4,26					
	PB			0,02	0,34	0,01	0,09
Menor	0,44	0,49	0,47				
Maior	0,41	0,62	0,51				
Média	0,43b	0,55a					
	FDNcp			0,05	0,83	0,89	0,41
Menor	0,89	1,40	1,14				
Maior	1,00	1,20	1,10				
Média	0,95	1,30					
	CNF			0,10	0,15	<0,01	0,72
Menor	2,91	3,66	3,28				
Maior	3,06	3,90	3,48				
Média	2,98b	3,78a					

MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína; CNF = carboidrato não fibroso; NDT = nutrientes digestíveis totais. <sup>1</sup>cana-de-açúcar finamente triturada ( $X_{gm} = 9,30$  mm); <sup>2</sup>cana-de-açúcar grosseiramente triturada ( $X_{gm} = 15,92$  mm). T = efeito do tamanho de partícula; C = efeito do nível de concentrado; T × C = efeito da interação tamanho de partícula × nível de concentrado. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste t ( $P < 0,05$ ).

Observou-se efeito de interação ( $P < 0,05$ ) sobre as variáveis de desempenho e eficiência alimentar, com exceção para o RC ( $P > 0,05$ ; Tabela 7). Nas dietas com a cana triturada no menor TP, não foi observada diferença com aumento do nível de C para o PVF, GMD e GMDC. Os valores de PVF e GMD observados para a cana triturada no maior tamanho (440,44 kg e 1,08 kg/dia, respectivamente) não diferiram ( $P > 0,05$ ) dos observados para a cana triturada no menor tamanho (421,69 kg e 0,86 kg/dia, respectivamente), nas dietas contendo 60% de C. Entretanto, a cana triturada no maior TP apresentou maior GMDC nas dietas com 60% de C. A variável RC não foi afetada pelo TP, nível de C ou pela sua interação ( $P > 0,05$ ). Os valores de EA-CMS e EA-NDT apresentaram aumento em função do aumento do nível de C da dieta apenas quando a cana foi triturada no maior TP. Os valores de EA-CMS e EA-NDT foram semelhantes para os dois TP, independentemente do nível de C.

Tabela 7. Médias de mínimos quadrados para o desempenho produtivo, rendimento de carcaça (RC) e eficiência alimentar (EA) de bovinos alimentados com dietas a base de cana-de-açúcar com diferentes tamanhos de partícula (TP) e níveis de concentrado.

TP	Concentrado, %MS		EPM	P valor		
	40	60		T	C	T × C
	PVF		5,00	0,32	<0,01	0,04
Menor	407,60Aa	421,69Aa	414,6			
Maior	401,02Ab	440,44Aa	420,7			
	404,31	431,07				
	GMD		0,05	0,31	<0,01	0,04
Menor	0,70Aa	0,86Aa	0,78			
Maior	0,62Ab	1,08Aa	0,85			
	0,66	0,97				
	RC		0,24	0,05	0,13	0,15
Menor	53,45	54,55	53,48			
Maior	53,70	54,33	54,55			
	53,69	54,33				
	GMDC		0,03	0,07	<0,01	0,03
Menor	0,31Aa	0,40Ba	0,36			
Maior	0,29Ab	0,61Aa	0,45			
	0,3	0,51				
	EA-CMS		3,49	0,20	<0,01	0,04
Menor	48,23Aa	53,62Aa	50,93			
Maior	43,12Ab	74,50Aa	58,81			
	45,68	64,06				
	EA-NDT		5,15	0,16	<0,01	0,03
Menor	71,14Aa	76,27Aa	73,71			
Maior	63,85Ab	107,96Aa	85,91			
	67,49	92,12				

PVF (kg) = peso vivo final; GMD (kg/dia) = ganho médio diário; GMDC (kg/dia) = ganho médio diário de carcaça; EA-CMS (g carcaça/ kg MS) = eficiência alimentar do ganho médio de carcaça em relação ao consumo de matéria seca (CMS). EA-CNDT (g carcaça/ kg NDT) = eficiência alimentar do ganho médio de carcaça em relação ao consumo de nutrientes digestíveis totais (CNDT). <sup>1</sup>cana-de-açúcar finamente triturada ( $X_{gm} = 8,30$  mm); <sup>2</sup>cana-de-açúcar grosseiramente triturada ( $X_{gm} = 15,92$  mm). T = efeito do tamanho de partícula; C = efeito do nível de concentrado; T × C = efeito da interação tamanho de partícula × nível de concentrado. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste t ( $P < 0,05$ ).

## 4. Discussão

### 4.1. Tamanho de partícula e fibra efetiva

As mudanças nas engrenagens da colhedora de forragem utilizada no presente trabalho resultaram em valores próximos daqueles recomendados pelo fabricante. Segundo o mesmo, a utilização da engrenagem de 14 dentes, com 6 facas, resultaria em tamanho de partícula de 7,0 mm. No presente trabalho observou-se 8,3 mm. Quando a engrenagem de 14 dentes foi substituída pela de 23 dentes o tamanho de partícula aumentou para 15,92 mm. Entretanto, não se deve considerar apenas o valor absoluto do

tamanho de partícula, pois este apresenta inúmeras inconsistências, em sua maioria provenientes dos diferentes métodos de determinação, como relatado por Zebeli et al. (2012). Essa inconsistência nas estimativas do TP de alimentos foi observada por Murphy e Zhu (1997) quando compararam nove métodos de avaliação do TP. No presente trabalho utilizou-se a média geométrica ( $X_{gm}$ ), recomendada como a mais completa e acurada (ANSI, 2001; Kononoff et al., 2003; Zebeli et al., 2012).

Visando superar esta limitação foi criado o sistema de fracionamento das partículas através do sistema de peneiras desenvolvido por Lammers et al. (1996) e modificado por Kononoff et al. (2003), denominado PSPS. A estratificação das partículas em diferentes tamanhos permite a inferência de parâmetros de relevância nutricional como a  $FDN_{fe}$ . No presente trabalho foi possível observar diferenças nos fatores de efetividade física da fibra, os quais estão relacionados diretamente com o consumo (Mertens, 1997; Zebeli et al., 2012).

A cana triturada no maior TP resultou em maiores valores de  $FDN_{fe8}$ , porém, ao considerar o  $FDN_{fe1,18}$  os valores foram semelhantes. A utilização do percentual de partículas retidas acima da peneira de 1,18 para cálculo do  $p_{ef}$  sugerido por Mertens (1997) assume como pressuposto de que a atividade de mastigação é igual para todas as partículas retidas em uma peneira de 1,18 mm de porosidade, mas como demonstrado por Zebeli et al. (2012) o comportamento das partículas de diferentes tamanhos no rúmen apresenta diferenças e as partículas menores que 8 mm têm maior escape ruminal. Além disso, as partículas maiores que 8 mm apresentam maior contribuição para a formação do “mat” ruminal, tornando o  $FDN_{fe8}$  um melhor preditor do enchimento físico no retículo rúmen, mensurado pelas atividades de mastigação, ruminação e consumo de MS (Zebeli et al., 2008a; 2010; 2012). Os teores de  $FDN_{fe8}$  provenientes da cana-de-açúcar para as dietas com menor TP e 40% de C, menor TP e 60% de C, maior TP e 40% de C, e maior TP e 60% de C foram 10,93; 7,29; 23,68 e 19,41%, respectivamente.

#### **4.2. Amônia ruminal e pH (Exp1)**

Os dados do presente trabalho evidenciam que os animais alimentados com cana no menor TP e 60% de C apresentaram menor pH ruminal em relação aos demais nos tempos específicos de coleta. É possível que esta redução no pH ruminal tenha resultado em redução no consumo nesta dieta, devido a ocorrência de acidose subclínica. Embora existam divergências sobre a definição do limiar para consideração de acidose ruminal subclínica, são recomendados valores de 5,6 (Keunen et al., 2002), 5,8 (Beauchemin et

al., 2003) ou 6,0 (Plaizer, 2004). Mesmo assim, é possível afirmar que a acidose subclínica é caracterizada por períodos de baixo pH ruminal, independente do considerado, os quais podem durar alguns minutos ou até horas (Beauchemin e Penner, 2009). Estes períodos ocorrem devido à baixa proporção de FDN<sub>fe</sub> na dieta total e podem afetar negativamente a degradação da fibra, o consumo de nutrientes e principalmente no desempenho animal (Krause e Oetzel, 2005; Enemark, 2008; Zebeli et al., 2008a, 2010).

#### **4.3. Consumo, digestibilidade de nutrientes e desempenho animal (Exp 2)**

Maiores valores de consumo de MS e NDT foram observados para as dietas com maior proporção de concentrado, independentemente do tamanho de partícula. O aumento na proporção de concentrado possibilitou aumento no consumo de nutrientes e de energia, como efeito esperado do aumento de CNF da dieta total. Resultado semelhante foi observado por Rotta et al. (2014). Silva et al. (2006), trabalhando com novilhos mestiços da raça Nelore confinados, avaliaram diferentes níveis de inclusão de concentrado em dietas com cana-de-açúcar (40, 60 e 80%) e observaram que o de concentrado na dieta promoveu incremento energético na matéria seca, além de proporcionar maior consumo de matéria seca e maior ganho em peso total.

A influência do grau de processamento no presente trabalho mostrou que houve diminuição do consumo dos nutrientes para a cana no menor TP provavelmente pela redução da quantidade de FDN<sub>fe</sub> da dieta. Os valores de FDN<sub>fe</sub> observados para as dietas com a cana de menor TP com 40 e 60% de C foram de 10,2 e 7,8%, respectivamente. É possível que essa redução na efetividade da fibra tenha influenciado as atividades de mastigação e ruminação e conseqüentemente o tamponamento ruminal, levando a quadros de acidose ruminal subclínica, principalmente na dieta com cana no menor TP e 60% de C. Recentemente, Zebeli et al. (2012) resumiram resultados de 20 anos de pesquisa sobre efetividade da fibra e propuseram um modelo pontuando os níveis críticos de FDN<sub>fe</sub> das dietas, no qual afirmaram que dietas com menos de 15% de FDN<sub>fe</sub> poderiam apresentar comprometimento no tamponamento ruminal e elevação dos riscos de acidose ruminal subclínica.

A utilização dos requerimentos de FDN<sub>fe</sub> ainda não é uma realidade na formulação de dietas por diversos fatores, provavelmente pelos diferentes métodos de determinação deste parâmetro e se estes podem ser interconvertíveis (Einarson et al., 2004; Yang e Beauchemin, 2006a, b). Segundo Millen et al. (2009) apenas 9,7% dos confinamentos no Brasil avaliam o teor de FDN<sub>fe</sub> dos alimentos utilizados. Além disso, os fatores

relacionados à forma de preparo e mistura da dieta total, bem como os tipos de grãos e subprodutos utilizados podem implicar em variações na FDN<sub>fe</sub>, dificultando a criação de um sistema consistente fundamentado nesse parâmetro (Heinrichs et al., 1999; Zebeli et al., 2012).

Menezes et al. (2011b) observaram valores de consumos de MS, FDN<sub>cp</sub> e NDT iguais a 8,86; 3,16 e 6,31 kg/dia em bovinos cruzados (Europeu×Zebu) alimentados com cana-de-açúcar triturada e armazenada por 72 horas (relação V:C de 60:40). Os valores observados por Rotta et al. (2014) para os mesmos parâmetros supracitados foram 8,96; 1,97 e 6,92 kg/dia para animais cruzados (Holandês×Zebu) alimentados com cana-de-açúcar *in natura* (relação V:C de 40:60). Os maiores valores observados em relação ao presente estudo se devem as diferenças dos animais utilizados e provavelmente à maior digestibilidade dos nutrientes observada por esses autores, com valores entre 68 e 78% para a digestibilidade da MS. Os valores observados para a digestibilidade da MS no presente trabalho foram inferiores a 62%.

De forma geral, o aumento do nível de concentrado das dietas resultou em aumento na digestibilidade dos nutrientes, como observado por Rotta et al. (2014). O aumento nas quantidades de MS e MO digeridas nas dietas com cana triturada no maior TP não era esperado, uma vez que diminuição no TP poderia resultar em aumento da degradação dos nutrientes pelo aumento da área disponível para colonização as bactérias fibrolíticas e protozoários sem afetar negativamente a atividade celulolítica e os processos fermentativos no rumem (Kozloski, 2009; Zebeli et al., 2008a,b). No entanto, se a redução no TP for acentuada, o requerimento mínimo de FDN<sub>fe</sub> da dieta para o adequado funcionamento ruminal pode não ser suprido e o resultado pode ser uma redução na degradação dos nutrientes por conta de possíveis distúrbios ruminais (Zebeli et al., 2012), como observado no presente trabalho.

As razões previamente discutidas para os comportamentos das variáveis de consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais podem ser confirmados ao observar as variáveis de desempenho produtivo. Os resultados mostraram que o ganho de peso foi maior para as dietas com maior nível de concentrado (60%), e também observado por Rotta et al. (2014). Entretanto, nas dietas com 60% de C, o maior GMDC foi observado nos animais alimentados com a cana processada no maior TP. Este resultado corrobora com o maior consumo de NDT em relação a dieta com a cana no menor TP com 60% de C, e por todos os fatores previamente discutidos. Valadares Filho et al. (2008) observaram elevada variação nos resultados de trabalhos avaliando a cana-de-açúcar na alimentação de bovinos. Em média, o consumo de MS foi de 2,19 kg/ 100 kg de peso corporal e o

GMD de 0,78 kg/dia, sendo o percentual médio de cana de açúcar na dieta de 59,63%. Entretanto, as respostas no ganho de peso apresentaram variação de 0,17 a 1,65 kg/dia, evidenciando o potencial de utilização da cana-de-açúcar para na alimentação de bovinos de corte.

A dieta com cana no menor TP e 60% de C não preencheu o requerimento mínimo de  $FDN_{fe}$  recomendado por Zebeli et al. (2012), que foi de 15%. Segundo estes autores, dietas com teores de  $FDN_{fe}$  abaixo de 15% apresentariam maiores riscos de problemas com acidose subclínica, fato que pode ter ocorrido no presente estudo com a cana triturada no menor tamanho.

Com base na literatura atual, quando as dietas são balanceadas corretamente nos experimentos com cana de açúcar, os resultados sobre o desempenho animal são semelhantes àqueles com silagem de milho. Entretanto, como consequência disso, tem-se uma maior utilização de concentrado nas dietas contendo cana-de-açúcar, que por apresentar produtividade de MS consideravelmente maior do que o milho, pode resultar em menor custo por tonelada de MS. Sendo assim, a cana pode fazer parte de um determinado sistema de alimentação ponderando-se o aumento nos custos com o concentrado e a redução no custo da MS produzida, de forma que se obtenha um equilíbrio nestes dois componentes objetivando a diminuição do custo da dieta total e maior eficiência alimentar.

## 5. Conclusões

A utilização da cana-de-açúcar triturada em maior tamanho de partícula ( $X_{gm} = 15,95$  mm e  $FDN_{fe} = 39,58\%$ ) em associação com 60% de concentrado na matéria seca total da dieta resulta em maior desempenho e eficiência alimentar de bovinos de corte em fase de terminação.

## 6. Referências Bibliográficas

ALLEN, M. S. 1997. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **Journal of Dairy Science**, 80:1447–1462.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. 2001. **American National Standards Institute, Method of Determining and Expressing Particle Size of**

- Chopped Forage Materials by Sieving**, Standards. Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, MI.
- ANDRADE, J.B.; FERRARI JUNIOR, E.; POSSENTI, R. A. et al. 2003. Seleção de 39 variedades de cana-de-açúcar para a alimentação animal, **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, 40:287–296.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 1990. **Official Methods of Analysis**, 15th edition. AOAC, Arlington, VA, USA.
- AZEVÊDO, J.A.G.; PEREIRA, J.C.; CARNEIRO, P.C.S. et al. 2003. Avaliação da Divergência Nutricional de Variedades de Cana-de-Açúcar (*Saccharum* spp.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, 6:1431–1442.
- BEAUCHEMIN, K. A., W. Z. YANG, AND M. L. RODE. 2003. Effects of particle size of alfalfa-based dairy cow diets on chewing activity, rumen fermentation, and milk production. **Journal of Dairy Science**, 86:630–643.
- BEAUCHEMIN, K.; PENNER, G. 2009. New Developments in Understanding Ruminant Acidosis in Dairy Cows, Tri-State Dairy Nutrition Conference, 403:1–12.
- CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.335-342, 2008.
- CHANEY, A.L., MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, 1962. 8:130-132.
- COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos da nutrição de ruminantes**. Piracicaba: Livroceres, 1979. 380p.
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. 2010. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 62:980-984.
- EINARSON, M.S.; PLAIZIER, J.C.; WITTENBERG, K. M. 2004. Effects of barley silage chop length on productivity and rumen conditions of lactating dairy cows fed total mixed ration. **Journal of Dairy Science**, 87:2987–2996.

- ENEMARK, J.M.D. 2008. The monitoring, prevention and treatment of sub-acute ruminal acidosis (SARA): A review. **The Veterinary Journal**, 176:32-43.
- FAOSTAT. 2014. FAOSTAT data 2014. <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor> Accessed Mar. 18, 2014.
- FIRKINS, J.L. Optimizing Rumen Fermentation In: PROCEEDINGS TRI-STATE DAIRY NUTRITION CONFERENCE. In: Proceedings: Ohio State University April 16 and 17, p. 39-53, 2002.
- GOERING, H.K.; Van SOEST, P.J. **Forage fiber analyses** (apparatus, reagents, procedures and some applications). Washington, D.C.: USDA-ARS, 1975. 20p. (Agriculture Handbook, 379).
- GOMES, D.I.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Evaluation of lignin contents in tropical forages using different analytical methods and their correlations with degradation of insoluble fiber **Animal Feed Science and Technology**, 168:206-222, 2011.
- HEINRICHS, A.J.; BUCKMASTER, D.R. AND B. P. LAMMERS. 1999. Processing, mixing, and particle size reduction of forages for dairy cattle. **Journal of Animal Science**, 77:180–186.
- KEUNEN, J.E.; PLAIZIER, J.C.; KYRIAZAKIS, I. et al. 2002. Effects of a subacute ruminal acidosis model on the diet selection of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, 85:3304–3313.
- KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. 2 ed. - Santa Maria: Ed. UFSM, 2009, 216p.
- KONONOFF, P. J.; HEINRICHS, A.J.; BUCKMASTER D. A. 2003. Modification of the Penn State forage and total mixed ration particle separator and the effects of moisture content on its measurements. **Journal of Dairy Science**, 86:1858–1863.
- KRAUSE, K.M., OETZEL, G.R., 2005. Inducing subacute ruminal acidosis in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, 88:3633–3639.

- LAMMERS, B.P.; BUCKMASTER, D.R.; HEINRICHS, A.J. 1996. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. **Journal of Dairy Science**, 79:922-928.
- MARIZ, L.D. **Avaliação do desempenho e digestibilidade de animais alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar**. 84p. 2012. Tese (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- MARIZ, L.D.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. et al. 2013. Intake and ruminal digestion determined using omasal and reticular digesta samples in cattle fed diets containing sugar cane in natura or ensiled sugar cane compared with maize silage. **Livestock Science**, 155:71-76.
- MENEZES, G.C.C.; MAGALHÃES, F.A.; VALADARES FILHO, S.C. et al. 2011a. Total and partial digestibility, rates of digestion obtained with rumen evacuation and microbial protein synthesis in bovines fed fresh or ensiled sugar cane and corn silage. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 40:1104-1113.
- MENEZES, G.C.C.; VALADARES FILHO, MAGALHÃES, F.A. et al. 2011b. Intake and performance of confined bovine fed fresh or ensilaged sugar cane based diets and corn silage. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 40:1095-1103.
- MERTENS, D.R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, 80:1463–81.
- MILLEN, D.D., PACHECO, R.D.L., ARRIGONI, M.D.B. et al. 2009. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **Journal of Animal Science**, 87:3427–3439.
- MONTPELLIER, F.A.; PRESTON, T.R. 1977. Digestibility and voluntary intake on sugar cane diets: effects of chopping the cane stalk in particles of different sizes: **Tropical Animal Production**, 3:40–43.
- MOURIÑO, F.; AKKARAWONGSA, R.; WEIMER, P.J. 2001. Initial pH as a determinant of cellulose digestion rate by mixed ruminal microorganisms in vitro. **Journal of Dairy Science**, 84:848–59.

- MURPHY, M.R.; ZHU, J.S. 1997. A Comparison of Methods to Analyze Particle Size as Applied to Alfalfa Haylage, Corn Silage, and Concentrate Mix. **Journal of Dairy Science**, 80:2932–2938.
- PINA, S.; VALADARES FILHO, S.C.; TEDESCHI, L.O. et al. 2011. Níveis de inclusão e tempo de exposição da cana-de-açúcar ao óxido de cálcio sobre parâmetros digestivos e o desempenho de novilhas Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 40:648–656.
- PINTO, A.P.; NASCIMENTO, W.G.; ABRAHÃO, J.J.S. et al. 2009. Digestibilidade, consumo, desempenho e características de carcaça de tourinhos mestiços confinados com cana-de-açúcar ou silagem de sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 38:2258-2263.
- PLAIZIER, J.C. 2004. Alfalfa as chopped hay or silage in alfalfa based total mixed rations for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, 87:2495–2505.
- RODRIGUES, A.A.; PRIMAVERESI, O.; ESTEVES, S.N. 1997. Efeito da qualidade de variedades de cana-de-açúcar sobre seu valor como alimento para bovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 32:1333-1338.
- ROTTA, P. P., VALADARES FILHO, S. C., ENGLE, T. E. et al. 2014. The impact of dietary sugar cane addition to finishing diets on performance, apparent digestibility, and fatty acid composition of Holstein x Zebu bulls. **Journal of Animal Science**, 92:2641–2653.
- RUSSELL, J.B.; WILSON, D.B. 1996. Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH? **Journal of Dairy Science**, 79:1503–1509.
- SILVA, R.M.; PADUA, J.T.; PACHECO, P.S. et al. Desempenho de novilhos mestiços Nelore confinados com cana-de-açúcar e diferentes níveis de energia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., João Pessoa, 2006. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006
- VALADARES FILHO, S. C.; ROCHA JR., V. R.; CAPELLE, E. R. 2002. **Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para bovinos**. Viçosa, M.G: Universidade Federal de Viçosa, 297p.

- VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, M.L. et al. Otimização de dietas à base de cana-de-açúcar. In: VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M.F.; PAULINO, P.V.R. et al. (Ed.). Simpósio de Produção de Gado de Corte. 6.ed. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora, 2008. p.121-183.
- YANG, W.Z.; BEAUCHEMIN, K.A. 2006. Increasing the Physically Effective Fiber Content of Dairy Cow Diets May Lower Efficiency of Feed Use. **Journal of Dairy Science**, 89:2694–2704.
- YANG, W.Z.; BEAUCHEMIN, K.A. 2006a. Increasing the physically effective fiber content of dairy cow diets may lower efficiency of feed use. **Journal of Dairy Science**, 89:2694–2704.
- YANG, W.Z.; BEAUCHEMIN, K.A. 2006b. Physically effective fiber: Method of determination and effects on chewing, ruminal acidosis, and digestion by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, 89:2618–2633.
- ZEBELI, Q.; ASCHENBACH, J.R.; TAJAJ, M. et al. 2012. Invited review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, 95:1041–1056.
- ZEBELI, Q.; MANSMANN, D.B.N.; AMETAJ, H. et al. 2010. A statistical model to optimize the requirements of lactating dairy cows for physically effective neutral detergent fibre. **Archives of Animal Nutrition**, 64:265–278.
- ZEBELI, Q.; DIJKSTRA, J.; TAJAJ, M. et al. 2008a. Modeling the adequacy of dietary fiber in dairy cows based on the responses of ruminal pH and milk fat production to composition of the diet. **Journal of Dairy Science**, 91:2046–2066.
- ZEBELI, Q.; TAJAJ, M.; JUNCK, B. et al. 2008b. Evaluation of the response of ruminal fermentation and activities of non-starch polysaccharide-degrading enzymes to particle length of corn silage in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, 91:2388–2398.

## Capítulo IV

### **Evaluating a chemical additive on the fermentation and aerobic stability of high moisture corn**

**Abstract:** The objective of this experiment was to evaluate effect of a chemical additive on fermentation and aerobic stability of high moisture corn (HMC). Ground HMC (~63% DM) was untreated, or treated with 2 L of Safesil (SFE, sodium nitrite, potassium sorbate, and sodium benzoate, Salinity Agro, Halmstad, Sweden)/t of fresh HMC, 3 L of SFE/t, or 4 L of SFE/t. Lab silos (7.5 L, 4 silos/treatment/time point) were prepared (density of 672 kg of DM/m<sup>3</sup>) and ensiled for 21 and 90 d at 22 ± 2 °C. Data was analyzed as a 4 × 3 factorial arrangement of treatments with main effects of SFE (4 levels) and days of ensiling (0, 21 and 90 d), and their interaction. Numbers of yeasts were similar among treatments in fresh HMC (log 6.9 to 7.1 log cfu/g) but decreased substantially after ensiling (< 3.3 log cfu/g). Numbers of yeasts were similar among treatments after 21 d of ensiling but after 90 d they were lower in HMC treated with SFE (< 2 log cfu/g for all levels) compared to untreated HMC (3.22 log cfu/g). Compared to untreated HMC, the addition of SFE to HMC at all levels did not affect the concentrations of organic acids (lactic, acetic, and propionic) or pH at any ensiling time. In contrast, treatment with SFE markedly decreased the concentrations of ethanol in HMC after 21 and 90 d (< 0.25% of DM for all SFE levels) when compared to untreated HMC (1.02 and 0.76 % of DM, respectively at d 21 and 90). Treatment with SFE markedly improved the aerobic stability of HMC after 21 d (84 h for untreated HMC vs. > 500 h for HMC treated with SFE at all levels) and after 90 d of ensiling (73 h for untreated HMC vs. > 500 h for HMC treated with SFE at all levels). Dry matter recovery was also improved by SFE when compared to untreated HMC at both times of ensiling. This was the first evaluation of SFE on HMC in North America, and it showed that this additive, even when added at a relatively low level (2 L/t) effectively reduced the numbers of yeasts, reduced the concentration of ethanol and improved DM recovery and the aerobic stability (even after a short period of ensiling) of HMC.

**Keywords:** silage, high moisture corn, fermentation

## 1. Introduction

High moisture corn (HMC) is a common type of feed on dairy farms and feedlots in the northern states of the U.S. and in eastern Canada (Buchanan-Smith et al., 2003). However, HMC often has a high number of epiphytic yeasts and its aerobic stability can be very poor, especially when the ambient temperatures are warm (Taylor and Kung, 2002; Kung et al., 2004). The aerobic deterioration of silages is a constant concern because of the increase in the numbers of undesirable microorganisms (Lindgren et al., 2002; Borreani et al., 2013), which produce toxic substances harmful to animals and humans (Ivanek et al., 2006; Alonso et al., 2013). In addition, feeding spoiled silages can result in depressions in nutrient intake (Gerlach et al., 2013, Whitlock et al., 2000) and production (Hoffman and Ocker, 1997).

Several kinds of additives have been used to improve the aerobic stability of HMC. For example, *Lactobacillus buchneri* has been added to HMC as it converts moderate amounts of lactic acid to acetic acid, which has good antifungal attributes (Taylor and Kung, 2002). One drawback of using *L. buchneri* is that it has a slow growth rate (Schmidt et al., 2009) and improvements in aerobic stability requires about 50-60 d (or longer) (Taylor and Kung, 2002; Kleinschmit et al., 2006). Various additives based on active chemical ingredients have also been used to improve the stability of HMC because of their antifungal attributes. Propionic acid is a common active ingredient in these additives because it has good antifungal activity (Fellner et al., 2001; Sebastian et al., 1996). These additives allow for the potential of an early improvement in aerobic stability because they are not dependent on the growth of added microorganisms. In contrast, few additives containing the antifungal compounds potassium sorbate and sodium benzoate as their primary ingredients have been evaluated for HMC (Yasin et al., 1992). One such additive in particular (containing a mixture of sodium nitrite, potassium sorbate, and sodium benzoate) has been shown to be extremely effective in improving the aerobic stability of a variety of silages in Europe (Knicky and Spörndly, 2011). However, that additive has not been evaluated on HMC in the North America.

The objective of this study was to evaluate several doses of a chemical-based additive (a mixture of sodium nitrite, potassium sorbate, and sodium benzoate) added to HMC to improve aerobic stability and to establish the effectiveness after short and prolonged periods of ensiling.

## 2. Materials and Methods

Shelled corn, from a commercial dairy farm, was harvested at about 63% DM and ground prior to ensiling. Freshly ground corn was treated with 1) Control– untreated, 2) 2.0 L of Safesil (Salinity/Agro, Halmstad, Sweden)/t of fresh forage, **S2**, 3) 3.0 L Safesil/t, **S3**, and 4) 4.0 L Safesil/t, **S4**. The active ingredients in Safesil include sodium nitrite, potassium sorbate, and sodium benzoate. A total of 4 replicated piles (each pile treated individually) containing about 20 kg of ground HMC was prepared for each treatment (total of 16 piles). Each pile was treated with a total volume of 200 mL of liquid to ensure good treatment coverage (water alone for the control treatment or water mixed with appropriate amounts of SFE to obtain the targeted application rate). Treatments were applied with a hand sprayer while mixing them into the HMC.

High moisture corn from each pile was packed in 7.5-L laboratory silos and sealed with plastic lids with O-ring seals. Targeted packing density was approximately 672 kg of DM/m<sup>3</sup>. Weights of empty and full buckets were recorded.

Bucket silos were stored at 22 ± 2°C before opening at 21 and 90 d. Weights of full and empty buckets were weighed at silo opening. Apparent DM recovery was determined. Representative samples were collected for nutrient and microbial analyses (described later). After silo opening, approximately 2 ± 0.01 kg of representative samples from each silo were returned to clean buckets. A thermocouple wire was placed in the geometric center of each forage mass and temperatures were recorded every 30 min using a data logger DataTaker DT85 (Thermo Fisher Scientific Australia, Pty). Buckets were covered with 2 layers of cheesecloth and exposed to air in the laboratory (22 ± 2°C). Aerobic stability was calculated as the number of h before the temperature of the forage mass rose 2°C above baseline temperature.

Fresh, treated forage from each pile from d 0 was sampled and analyzed for DM, NDF, ADF, CP, soluble protein, starch, pH, lactic acid bacteria (**LAB**), yeasts and molds, NH<sub>3</sub>-N, water-soluble carbohydrates (**WSC**) and buffering capacity.

The DM content of the samples was determined in a 60°C forced-air oven for 48 h. A portion of each dried sample was ground using an Udy Cyclone Sample Mill (Udy Corp., Fort Collins, CO) to pass through a 1-mm screen and analyzed for NDF via the procedures of Van Soest et al. (1991). Acid detergent fiber was quantified on dried ground samples according to procedures described by Goering and Van Soest (1970), with the modification that that the fiber residue from the ADF was recovered on a 1.5µm particle retention 7 cm Whatman filter in a California Buchner Funnel (934-AH Whatman

Inc., Clifton, NJ) instead of a Gooch crucible, to allow for better filtration. Total N was determined by combustion of the sample (LECO CNS 2000 Analyzer, LECO Corporation, St. Joseph, MI) and CP was calculated by multiplying the resulting total N by 6.25. Soluble protein (% of CP) was determined by the method of Krishnamoorthy et al. (1982). A separate portion of the dried samples was ground to pass through a 3-mm screen and analyzed for starch (Hall, 2009).

Representative samples of wet forage and silage were mixed with sterile quarter strength Ringer's solution (Oxoid BR0052G, Oxoid, Unipath, Ltd., Basingstoke, UK) and homogenized for 1 min in a Proctor-Silex 57171 blender (Hamilton Beach/Proctor-Silex Inc., Washington, NC, USA). The homogenate was filtered through 4 layers of cheesecloth and a Whatman 54 filter paper (Whatman Inc., Clifton, NJ). The pH and microbial populations were determined on fresh water extracts. The numbers of LAB were determined by pour-plating 10-fold serial dilutions on de Man, Rogosa, and Sharpe agar (CM3651, Oxoid, Unipath, Basingstoke, UK). Plates were incubated aerobically at 32°C for 48 to 72 h. Yeasts and molds were determined using malt extract agar (CM0059, Oxoid, Unipath, Basingstoke, UK). These plates were also incubated at 32°C for 48 to 72 h prior to enumeration. Portions of the water extracts were frozen prior to analyses of organic acids and ethanol. Lactic, propionic and acetic acids and ethanol were determined on the water extracts via HPLC (Muck and Dickerson, 1988). The concentration of NH<sub>3</sub>-N was determined on the water extracts by a phenol-hypochlorite method of Weatherburn (1967). The WSC were quantified by a colorimetric procedure (Nelson, 1944). The buffering capacity was determined in the fresh samples, according to Playne and McDonald (1966).

The data from day 0 opening was analyzed separately as a completely randomized design. Data from the silo openings was analyzed as a 2 × 4 factorial arrangement of treatments. The effects of the model were the treatment with Safesil, the length of storage, their interaction, and the residual error. Data was analyzed using the Fit Model procedure of JMP (SAS Institute Inc., Cary, NC) and differences were reported as significant when  $P \leq 0.05$ . Means were separated by Tukey's test ( $P \leq 0.05$ ; Snedecor and Cochran, 1980).

### **3. Results and Discussion**

The chemical and microbial compositions of fresh HMC are shown in Table 1. The DM content was similar among treatments (average of 62.84%). Overall the DM content of HMC was slightly lower than values observed in other studies with HMC

(around 70-75%, Taylor and Kung, 2002; Kung et al., 2004) but it was within the range of what can be normally found in the field (Ferraretto et al., 2014). Overall, the chemical composition and nutrient composition of HMC was similar for all treatments at the start of the study and typical of this feed with the exception of a low concentration of CP. The average number of yeasts in the fresh HMC was 6.93 log cfu/g and did not differ among treatments.

The nutrient composition of HMC after 21 and 90 d of ensiling is shown in Table 2. We found interactions between treatment with SAFE  $\times$  day of ensiling for DM content but this difference was very small (61.1 to 63.18%). We also found an interaction for the concentration of CP because at 21 d opening in HMC treated with S4 had less CP than did untreated silage (5.6 vs. 6.03% DM) but at the 90 d opening the concentration of CP did not differ among the treatments. The concentration of SP increased from 21 to 90 d of ensiling, as expected, because of the proteolysis that occurs during the fermentation period, as observed in other studies with HMC (Der Bedrosian et al., 2014; Ferraretto et al., 2014). Overall treatment with S4 resulted in a lower SP than all other treatments after 90 d of ensiling. There was an interaction between storage length and treatment with SFE for NH<sub>3</sub>-N with lower values for HMC treated with S3 and S4 in comparison with the untreated silages at 21 d opening. Knicky and Spörndly (2011) also found lower concentrations of NH<sub>3</sub>-N and soluble N in forage crops ensiled with SFE but attributed those findings to inhibition of clostridia by the active ingredients in the additive. In contrast, concentrations of NH<sub>3</sub>-N were not affected benzoate or sorbate additions in the studies by Teller et al. (2012) and Kleinschmit et al (2005) but those studies used corn silages whose environment are not conducive to the growth of clostridia. However, Alli et al. (1985) also reported lower volatile N in corn and alfalfa silages treated with sorbic acid and potassium sorbate. Saleem and El-Said (2009) reported that potassium sorbate and sodium benzoate reduced proteolytic activity from several fungal isolates. The concentrations of ADF and starch were not affected by treatment with SFE or days of ensiling. Small differences among means were detected for NDF and ash but these differences were small not related to increasing dose of SFE.

We found an interaction between treatment with SFE and day of ensiling for concentrations of WSC. The highest value, after 21 d of ensiling, was observed in S4 (1.05%), followed by the treatments with S2 and S3 which were not different between themselves (1.43 and 1.47%, respectively) but were higher than untreated HMC. However, at the 90 d opening, the concentration of WSC was similar among untreated HMC, S2 and 3, which were all lower than S4.

The microbial composition, fermentation characteristics, and DM recovery of silages after 21 and 90 d of ensiling are shown in Table 3. High moisture corn treated with S4 had fewer LAB than the untreated HMC after 21 of ensiling. The number of LAB decreased from 21 to 90 d of ensiling with S3 and S4 having less LAB than untreated HMC. Numbers of yeasts were relatively low in all fermented samples ( $< 4 \log \text{ cfu/g}$ ) and were similar among treatments after 21 d but lower in SFE-treated HMC ( $< 2 \log \text{ cfu/g}$ ) than in untreated HMC ( $3.22 \log \text{ cfu/g}$ ). Marked reductions in numbers of yeasts have also been reported in corn silage treated when it was treated with potassium sorbate (Teller et al., 2012) and sodium benzoate (Da Silva et al., 2014). We observed that all HMC samples ensiled well in the current study with only insignificant amounts of visual surface molding when the silo lids were removed and all samples obtained a low pH of about 3.7. This low pH was beneficial because potassium sorbate has a pka value of 3.75 and thus is mostly in its active and undissociated form. Compared to untreated HMC, addition of SFE did not affect the concentrations of organic acids (lactic, acetic, propionic and butyric) at any ensiling time. This finding was as expected because sorbate and benzoate, although antifungal in nature, are not very active against LAB at the concentrations used in this study. Addition of sodium benzoate or potassium sorbate also did not affect the concentrations of lactic or acetic acids in corn silage (Kleinschmit et al., 2005). In contrast, additions of all levels of SFE markedly reduced the concentrations of ethanol after 21 and 90 d when compared to untreated HMC in the current study. Similar results were reported by Kleinschmit et al. (2005) and Teller et al. (2012) in corn silage and are most likely due to the decrease in numbers of yeasts as a result of the additives.

Fewer yeasts in SFE treated HMC may also explain why there were higher concentrations of WSC in these silages. Alli et al. (1985) also reported higher WSC in silages treated with sorbic acid and sorbate and suggested that this finding was due to a sparing of fermentable WSC due to the reductions in numbers of yeasts. In that study and the current study, bacteria did not make use of the residual WSC to form more acids.

Treatment with SFE markedly improved the aerobic stability (Figure 2) of HMC after 21 d (89 h for untreated HMC vs.  $> 500 \text{ h}$  for HMC treated with SFE at all levels) and after 90 d of ensiling (77 h for untreated HMC vs.  $> 500 \text{ h}$  for HMC treated with SFE at all levels). Lactate-assimilating yeasts are usually the first to start the aerobic deterioration. These organisms become active when exposed to air leading to an increase in silage temperature and the production of  $\text{CO}_2$  (Li and Nishino 2011; Borreani et al., 2013). Metabolism of acids causes an increase in the pH, which allows for the development of other groups of microorganisms like molds and *Bacillus* (Lindgren et al.,

2012; Borreani et al., 2013). The key effect of the weak-acids is the inhibition of the growth of undesirable microorganisms (eg. yeasts) by the rapid diffusion of undissociated molecules through the plasma membrane. When the pH is low, the concentration of undissociated acids increases and the dissociation of these acids within the cells liberates protons and acidifies the cytoplasm, thus preventing growth (Lambert and Stratford, 1999).

In the US, one of the most successful microbial inoculants used to improve the aerobic stability of HMC is base *L. buchneri* 40788. One drawback of this additive is the fact that improvements in aerobic stability usually require 60 or more d. The fact that treatment with SFE improved aerobic stability of HMC after 21 d may be important to producers wanting to feed this material soon after ensiling but still wanting good aerobic stability.

#### **4. Conclusions**

Our evaluation of SFE on HMC was the first that we know of in North America. The addition of this additive reduced the growth of yeasts and thus the formation ethanol during silage fermentation. Because ethanol is the major volatile organic compound (VOC) that is released into the atmosphere from fermented feeds, a reduction in this compound would be beneficial specifically in California where VOC emissions from silages are regulated. Treatment with SFE also resulted in higher DM recovered after ensiling and better stability when HMC was exposed to air. Both of these outcomes have the potential to improve net farm income. Importantly, the addition of this additive improved aerobic stability even when HMC was ensiled for only 21 d.

#### **5. References**

- Alli, I., S. Pabari, R. Fairbairn, and B. E. Baker. 1985. The effects of sorbates on the ensilage of chopped whole-plant maize and lucerne. *J. Sci. Food Agric.* 36: 63–70.
- Alonso, V.A., C. M. Pereyra, L. A. M. Keller, A. M. Dalcero, C. A. R. Rosa, S. M. Chiacchiera, and L. R. Cavaglieri. 2013. Fungi and mycotoxins in silage: an overview. *J. Appl. Microbiol.* 115:637-346.

- Borreani, G., P. Dolci, E. Tabacco, and L. Cocolin. 2013. Aerobic deterioration stimulates outgrowth of spore-forming *Paenibacillus* in corn silage stored under oxygen –barrier or polyethylene films. *J. Dairy Sci.* 96:5206-5216.
- Buchanan-Smith, J., T. K. Smith, and J. R. Morris. 2003. High Moisture Grain and By-products. Pages 825-854 in *Silage Science and Technology*. D. R. Buxton, R. E. Muck, and J. H. Harrison, eds. American Society of Agronomy. Madison, WI.
- Da Silva, N. C., J. P. dos Santos, C. L. S. Avila, A. R. Evangelista, D. R. Casagrande, T. F. Bernardes. 2014. Evaluation of the effects of two *Lactobacillus buchneri* strains and sodium benzoate on the characteristics of corn silage in a hot-climate environment. *Grassland Sci.* Accessed Jul. 15, 2014. <http://dx.doi.org/10.1111/grs.12053>.
- Fellner, V., L.E. Phillip, S. Sebastian, and E. S. Idziak, 2001. Effects of a bacterial inoculant and propionic acid on preservation of high-moisture ear corn, and on rumen fermentation, digestion and growth performance of beef cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 81: 273–280.
- Ferrareto, L. F., K. Taysom, D. M. Taysom, D. R. Shaver, and P. C. Hoffman. 2014. Relationships between dry matter content, ensiling, ammonia-nitrogen, and ruminal in vitro starch digestibility in high-moisture corn samples. *J. Dairy Sci.* 97:3221-3227.
- Gerlach, K., K. Weiß, F. Roß, W. Büscher, and K. -H. Südekum. 2013. Changes in maize silage fermentation products during aerobic deterioration and its impact on feed intake by goats. *Agri. Fd. Sci.*, 22:168–181.
- Goering, H. K., and P. J. Van Soest. 1970. *Forage Fiber Analyses (Apparatus, Reagents, Procedures, and Some Applications)*. Agric. Handbook. No 379. ARS-USDA, Washington, DC.
- Hall, M. B. 2009. Analysis of starch, including maltooligosaccharides; in animal feeds: Comparison of methods and a recommended method for AOAC Collaborative Study. *J AOAC Int.* 92:42-49.
- Hoffman, P. C., and S. M. Ocker. 1997. Quantification of milk yield losses associated with feeding aerobically unstable high moisture corn. *J. Dairy Sci.* 80 (Suppl. 1):234 (Abstr.).

- Ivaneck, R., Y Gröhn, and M. Wiedmann. 2006. *Listeria monocytogenes* in multiple habitats and host populations: review of available data for mathematical modeling. *Foodborne Pathog. Dis.* 3:319-336.
- Knicky, M., and R. Spörndly. 2011. The ensiling capability of a mixture of sodium benzoate, potassium sorbate, and sodium nitrite. *J. Dairy Sci.* 94: 824-831.
- Kleinschmit, D. H., and L. Kung, Jr. 2006. The effects of *Lactobacillus buchneri* 40788 and *Pediococcus pentosaceus* R1094 on the fermentation of corn silage. *J. Dairy Sci.* 89:3999-4004.
- Kleinschmit, D. H., L., R. J. Schmidt, and L. Kung, Jr. 2005. The effects of various antifungal additives on the fermentation and aerobic stability of corn silage. *J. Dairy Sci.* 88:2130:2139.
- Krishnamoorthy, U., T. V. Muscato, C. J. Sniffen, and P. J. Van Soest. 1982. Borate phosphate procedure as detailed in nitrogen fractions in selected feedstuffs. *J. Dairy Sci.* 65:217-225.
- Kung, L., Jr., C. L. Meyers, J. M. Neylon, C. C. Taylor, J. A. Lazartic, J. A. Mills, and A. G. Whiter. 2004. The effects of buffered propionic acid-based additives alone or combined with microbial inoculation on the fermentation of high moisture corn and whole-crop barley. *J. Dairy Sci.* 87:1310-1316.
- Lambert, R.J., and M. Stratford. 1999. Weak acid preservatives: Modeling microbial inhibition and response. *J. Appl. Microbiol.* 86:157–164.
- Li, Y., and N. Nishino. 2011. Bacterial and fungal communities of wilted Italian ryegrass silage inoculated with and without *Lactobacillus rhamnosus* or *Lactobacillus buchneri*. *Letters in Applied Microbiology.* 52:314-321.
- Lindgren, S., G. Pahlow, and E. Oldenburg. 2002. Influence of microbes and their metabolites on feed and food quality. Pages 503-511 in J. L. Durand, J. C. Emile, C. Huyghe, and G. Lemaire (eds.) *Multi-function grasslands*. Proc. 19th General Meeting of the European Grassland Federation. La Rochelle, France.
- Muck, R. E., and J. T. Dickerson. 1988. Storage temperature effects on proteolysis in alfalfa silage. *Trans. ASAE* 31:1005-1009.

- Nelson, N. 1944. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. *J. Biol. Chem.* 153:375-380.
- Playne, M. J., and P. McDonald. 1966. The buffering constituents of herbage and of silage. *J. Sci. Food Agric.* 17:264-68.
- Saleem, A., and A.El-Said, A. H. M. 2009. Proteolytic activity of beef luncheon fungi as affected by incorporation of some food preservatives. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica.* 56:417-426.
- Sebastian, S., L. E. Phillip, V. Fellner, and E. S. Idziak. 1996. Comparative assessment of bacterial inoculation and propionic acid treatment on aerobic stability and microbial populations of ensiled high-moisture ear corn. *J. Anim. Sci.* 74:447-456.
- Schmidt, R. J., W. Hu, J. A. Mills, and L. Kung, Jr. 2009. The development of lactic acid bacteria and *Lactobacillus buchneri* and their effects on the fermentation of alfalfa silage. *J. Dairy Sci.* 92:5005-5010.
- Snedecor, G. W., and W. G. Cochran. 1980. *Statistical Methods.* 6th ed. Iowa State Univ. Press, Ames, IA.
- Taylor, C. C., and L. Kung, Jr. 2002. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation and aerobic stability of high moisture corn in laboratory silos. *J. Dairy Sci.* 85:1526-1532.
- Teller, R. S., R. J. Schmidt, L. W. Whitlow, and L. Kung, Jr., 2012. Effect of physical damage to ears of corn before harvest and treatment with various additives on the concentration of mycotoxins, silage fermentation, and aerobic stability of corn silage. *J. Dairy Sci.* 95, 1428-1436.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.
- Weatherburn, M. W. 1967. Phenol-hypochlorite reaction for determinations of ammonia. *Anal. Chem.* 39:971-974.

Whitlock, L. A., T. J. Wistuba, M. K. Seifers, R. V. Pope, and K. K. Bolsen. 2000. Effect of level of surface-spoiled silage on the nutritive value of corn silage diets. *J. Dairy Sci.* 83(Suppl. 1):110. (Abstr.)

Yasin, M. M. A. Hanna, and L. B. Bullerman. 1992. Potassium sorbate inhibition of mold in high moisture corn. *Trans. ASAE.* 35:1229-1233.

Table 1. The dry matter content, chemical composition (DM basis), pH, microbial composition (fresh weight basis), and buffering capacity (meq NaOH/ 100 g DM) of fresh high moisture corn treated with Safesil before ensiling

Item	Additive <sup>1</sup>				SEM	P-value
	Control	S2	S3	S4		
DM, % <sup>1</sup>	62.40	63.37	62.67	62.95	0.15	0.08
CP	5.93	5.88	5.83	5.98	0.02	0.08
Soluble protein, % CP	21.45	20.60	21.08	20.92	0.34	0.87
ADF	4.08	4.35	3.90	3.68	0.13	0.31
NDF	9.85	10.35	10.23	10.43	0.13	0.43
Starch	74.55	74.63	74.55	73.88	0.20	0.53
Ash	1.46	1.53	1.37	1.67	0.06	0.39
NH <sub>3</sub> -N <sup>6</sup> , %N	1.04	1.16	1.33	1.17	0.05	0.21
WSC <sup>7</sup>	3.00	3.11	2.92	2.77	0.08	0.52
pH	5.13	5.14	5.04	5.05	0.02	0.32
Buffering capacity	7.84	7.75	7.72	8.02	0.07	0.51
LAB <sup>8</sup> , log cfu/g	9.12 <sup>c</sup>	9.18 <sup>ab</sup>	9.14 <sup>bc</sup>	9.23 <sup>a</sup>	0.01	<0.01
Yeasts, log cfu/g	6.69	7.04	7.10	6.90	0.03	0.33

<sup>a-c</sup>Means in rows with unlike superscripts differ ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup>Control = untreated, S2 = 2 L Safesil/t, S3 = 3 L Safesil/t, and S4 = 4 L Safesil/t.

<sup>2</sup>Water soluble carbohydrates.

<sup>3</sup>Lactic acid bacteria.

Table 2. The dry matter content, chemical composition (DM basis), pH, fermentation characteristics, microbial composition (fresh weight basis), aerobic stability and dry matter recovery of high moisture corn silage treated with levels of Safesil after 21 and 90 days of ensiling

Item	Day 21				Day 90				SEM	P-value		
	Control <sup>1</sup>	S2 <sup>2</sup>	S3 <sup>3</sup>	S4 <sup>4</sup>	Control	S2	S3	S4		SFE <sup>5</sup>	Day <sup>6</sup>	SFE × Day <sup>7</sup>
DM, %	61.10 <sup>d</sup>	62.56 <sup>bc</sup>	62.23 <sup>bc</sup>	62.18 <sup>cd</sup>	61.80 <sup>d</sup>	63.18 <sup>a</sup>	62.45 <sup>bc</sup>	62.65 <sup>b</sup>	0.11	<0.01	<0.01	0.05
CP	6.03 <sup>a</sup>	5.75 <sup>ab</sup>	5.87 <sup>ab</sup>	5.60 <sup>b</sup>	5.75 <sup>ab</sup>	5.80 <sup>ab</sup>	5.77 <sup>ab</sup>	5.90 <sup>ab</sup>	0.03	0.25	0.86	<0.01
SP, % CP	40.03 <sup>c</sup>	38.70 <sup>c</sup>	39.10 <sup>c</sup>	36.93 <sup>c</sup>	53.00 <sup>a</sup>	51.47 <sup>a</sup>	52.83 <sup>a</sup>	46.73 <sup>b</sup>	1.20	<0.01	<0.01	0.15
NH <sub>3</sub> -N, % N	12.13 <sup>a</sup>	9.32 <sup>bc</sup>	8.11 <sup>cd</sup>	8.19 <sup>cd</sup>	10.57 <sup>a</sup>	7.08 <sup>d</sup>	8.58 <sup>cd</sup>	8.84 <sup>bcd</sup>	0.31	<0.01	0.02	<0.01
ADF	4.33 <sup>a</sup>	3.95 <sup>a</sup>	4.90 <sup>a</sup>	3.90 <sup>a</sup>	4.35 <sup>a</sup>	4.01 <sup>a</sup>	4.17 <sup>a</sup>	3.77 <sup>a</sup>	0.10	0.17	0.44	0.56
NDF	9.77 <sup>ab</sup>	10.03 <sup>ab</sup>	10.73 <sup>a</sup>	9.90 <sup>ab</sup>	9.90 <sup>ab</sup>	9.93 <sup>ab</sup>	10.10 <sup>ab</sup>	9.50 <sup>b</sup>	0.10	0.04	0.17	0.45
Starch	73.63	73.78	73.73	73.77	74.75	74.37	73.97	74.53	0.17	0.88	0.05	0.82
Ash	1.53 <sup>a</sup>	1.43 <sup>a</sup>	1.47 <sup>a</sup>	1.75 <sup>a</sup>	1.73 <sup>a</sup>	1.66 <sup>a</sup>	1.42 <sup>a</sup>	1.74 <sup>a</sup>	0.03	<0.01	0.10	0.17
WSC <sup>8</sup>	0.11 <sup>c</sup>	0.61 <sup>b</sup>	0.64 <sup>b</sup>	1.05 <sup>a</sup>	0.54 <sup>b</sup>	0.78 <sup>b</sup>	0.74 <sup>b</sup>	1.26 <sup>a</sup>	0.06	<0.01	<0.01	0.049

<sup>a-d</sup>Means in rows with unlike superscripts differ ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup>Control = untreated.

<sup>2</sup>S2 = 2 L Safesil/t.

<sup>2</sup>S3 = 3 L Safesil/t.

<sup>2</sup>S4 = 4 L Safesil/t.

<sup>5</sup>SFE = effect of treatment with Safesil.

<sup>6</sup>Day = effect of day of ensiling,

<sup>7</sup>SFE × Day = interaction between treatment with Safesil and day of ensiling.

<sup>8</sup>Water soluble carbohydrates.

Table 3. The pH, fermentation characteristics, microbial composition (fresh weight basis), aerobic stability and dry matter recovery of high moisture corn silage treated with levels of Safesil after 21 and 90 days of ensiling

Item	Day 21				Day 90				SEM	P-value		
	Control <sup>1</sup>	S2 <sup>2</sup>	S3 <sup>3</sup>	S4 <sup>4</sup>	Control	S2	S3	S4		SFE <sup>5</sup>	Day <sup>6</sup>	SFE × Day <sup>7</sup>
LAB <sup>8</sup> , log cfu/g	7.93 <sup>a</sup>	7.69 <sup>ab</sup>	7.61 <sup>ab</sup>	7.53 <sup>b</sup>	2.45 <sup>c</sup>	2.13 <sup>cd</sup>	2.00 <sup>d</sup>	2.00 <sup>d</sup>	0.50	<0.01	<0.01	0.89
Yeasts, log cfu/g	3.07 <sup>a</sup>	3.00 <sup>a</sup>	3.00 <sup>a</sup>	3.00 <sup>a</sup>	3.22 <sup>a</sup>	<2.00 <sup>b</sup>	<2.00 <sup>b</sup>	<2.00 <sup>b</sup>	0.10	<0.01	<0.01	<0.01
pH	3.70 <sup>ab</sup>	3.75 <sup>ab</sup>	3.77 <sup>a</sup>	3.76 <sup>ab</sup>	3.75 <sup>ab</sup>	3.72 <sup>ab</sup>	3.70 <sup>b</sup>	3.70 <sup>b</sup>	0.01	0.92	0.01	<0.01
Lactic acid	1.71	1.54	1.36	1.60	1.55	1.42	1.43	1.55	0.04	0.15	0.42	0.69
Acetic acid	0.34	0.38	0.41	0.37	0.32	0.40	0.40	0.39	0.01	0.19	0.85	0.92
Propionic acid	0.09	0.09	0.09	0.08	0.06	0.08	0.10	0.03	0.01	0.41	0.27	0.62
Ethanol	1.06 <sup>a</sup>	0.18 <sup>c</sup>	0.14 <sup>c</sup>	0.12 <sup>c</sup>	0.76 <sup>b</sup>	0.14 <sup>c</sup>	0.17 <sup>c</sup>	0.11 <sup>c</sup>	0.07	<0.01	<0.01	<0.01
DMR <sup>9</sup> , %	96.60 <sup>b</sup>	98.53 <sup>a</sup>	98.75 <sup>a</sup>	98.53 <sup>a</sup>	97.32 <sup>b</sup>	99.21 <sup>a</sup>	99.06 <sup>a</sup>	99.33 <sup>a</sup>	0.18	<0.01	<0.01	0.62

<sup>a-d</sup>Means in rows with unlike superscripts differ ( $P < 0.05$ ). \*Trt = Effect of treatment with Safesil, Day = effect of day of ensiling, Trt × Day = interaction between treatment with Safesil and day of ensiling

<sup>1</sup>Control = untreated.

<sup>2</sup>S2 = 2 L Safesil/t.

<sup>2</sup>S3 = 3 L Safesil/t.

<sup>2</sup>S3 = 4 L Safesil/t.

<sup>5</sup>SFE = effect of treatment with Safesil.

<sup>6</sup>Day = effect of day of ensiling,

<sup>7</sup>SFE × Day = interaction between treatment with Safesil and day of ensiling.

<sup>8</sup>Lactic acid bacteria.

<sup>9</sup>Dry matter recovery.

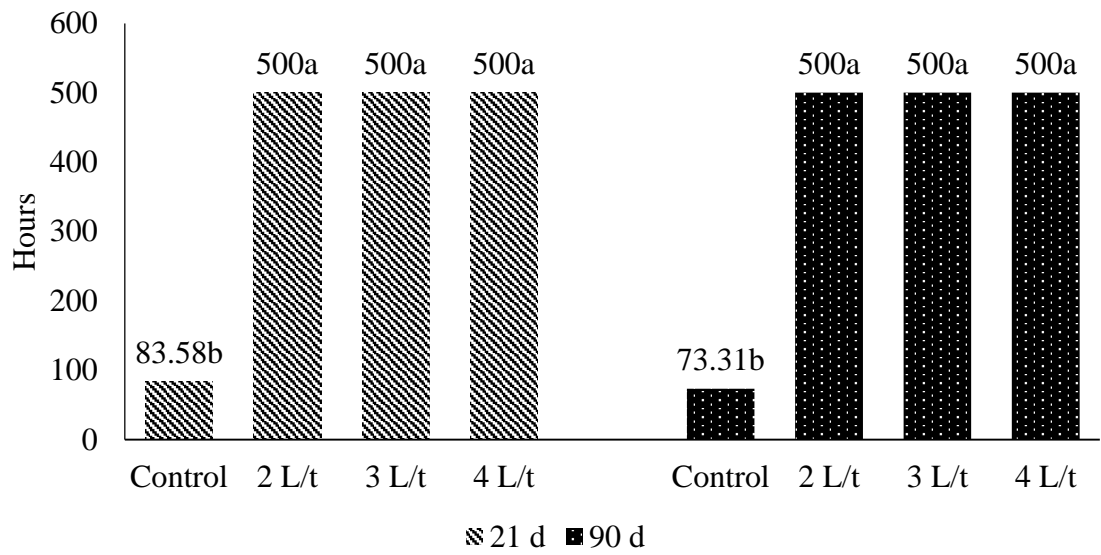


Figure 1. Aerobic stability of high moisture corn treated with Safesil after 21 and 90 days of ensiling. SEM = 32.07. Effect of treatment with Safesil,  $P < 0.01$ ; effect of day of ensiling,  $P = 0.24$ ; interaction between treatment with Safesil and day of ensiling,  $P = 0.29$  <sup>a-b</sup> Bars with unlike superscripts differ ( $P < 0.05$ ).

# APÊNDICE

Tabela 1. Consumo de nutrientes (g/dia) em ovinos alimentados com dietas contendo silagem de estilosantes (SE) ou silagem de milho (SM). (Capítulo I)

AN	PER	SIL	C	CMS	CPB	CMO	CEE	CFDN	CCNF	CNDT
1	1	SE	Sem	608,2	95,7	550,5	8,2	321,7	164,5	310,5
2	2	SE	Sem	582,2	87,0	531,0	8,5	288,4	185,0	399,0
3	3	SE	Sem	622,9	92,0	562,0	10,7	318,0	176,6	372,1
4	4	SE	Sem	880,8	118,3	806,2	14,0	474,0	238,0	502,0
4	1	SE	Com	1157,9	139,8	1097,2	10,9	315,4	631,1	843,7
1	2	SE	Com	1513,8	171,8	1439,2	21,9	489,2	756,3	1067,6
2	3	SE	Com	1050,9	117,3	998,2	14,2	338,5	528,2	801,4
3	4	SE	Com	1915,0	212,5	1815,8	27,5	716,3	859,5	1389,1
3	1	SM	Sem	1192,7	123,0	1117,8	31,9	541,8	464,5	916,1
4	2	SM	Sem	998,7	109,8	936,8	29,1	426,3	408,9	685,4
1	3	SM	Sem	851,5	96,6	792,5	28,9	364,0	342,4	562,6
2	4	SM	Sem	851,5	87,1	794,2	23,5	367,4	355,6	674,8
2	1	SM	Com	1043,0	98,8	994,7	19,3	335,0	541,5	796,9
3	2	SM	Com	1368,9	136,6	1314,3	31,4	412,2	734,2	1066,5
4	3	SM	Com	1027,6	95,3	979,8	27,2	313,4	544,0	797,5
1	4	SM	Com	1351,2	132,9	1287,9	27,7	409,0	718,2	1059,6

AN = animal; PER = Período; SIL = silagem; C = concentrado; CMS = consumo de matéria seca; CMO = consumo de matéria orgânica; CFDNcp = consumo de fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína; CPB = consumo de proteína bruta; CEE = consumo de extrato etéreo; CCNF = consumo de carboidratos não fibrosos; CNDT = consumo de nutrientes digestíveis totais.

Tabela 2. Digestibilidade dos nutrientes (%) em ovinos alimentados com dietas contendo silagem de estilosantes (SE) ou silagem de milho (SM). (Capítulo I)

AN	PER	SIL	C	DMS	DMO	DPB	DEE	DFDN	DCNF
1	1	SE	Sem	42,6	64,8	48,6	31,1	51,2	47,3
2	2	SE	Sem	61,0	74,1	66,7	62,8	64,1	74,4
3	3	SE	Sem	56,0	72,9	58,9	41,9	54,5	68,9
4	4	SE	Sem	48,8	64,1	56,3	60,1	56,0	59,7
4	1	SE	Com	72,6	74,6	75,3	70,0	51,7	88,6
1	2	SE	Com	67,7	67,3	72,7	76,0	56,6	84,3
2	3	SE	Com	70,4	65,9	79,2	60,8	77,7	83,6
3	4	SE	Com	72,3	69,3	75,1	75,2	70,1	80,7
3	1	SM	Sem	65,1	55,4	74,6	96,4	75,0	80,2
4	2	SM	Sem	60,2	69,2	65,9	84,4	51,1	82,3
1	3	SM	Sem	58,2	59,1	62,4	80,1	49,8	79,5
2	4	SM	Sem	71,1	60,6	76,9	84,5	76,7	83,1
2	1	SM	Com	76,1	75,9	77,8	94,1	54,6	92,0
3	2	SM	Com	73,9	72,2	78,5	87,8	57,8	90,9
4	3	SM	Com	74,5	67,9	78,4	87,5	61,2	89,6
1	4	SM	Com	74,8	65,4	80,0	85,5	69,4	88,5

AN = animal; PER = Período; SIL = silagem; C = concentrado; DMS = digestibilidade da matéria seca; DMO = digestibilidade da matéria orgânica; DFDNcp = digestibilidade da fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína; DPB = digestibilidade da proteína bruta; DEE = digestibilidade do extrato etéreo; DCNF = digestibilidade dos carboidratos não fibrosos.

Tabela 3. Concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR; mg/dL) e pH ruminal em ovinos alimentados com dietas contendo silagem de estilosantes (SE) ou silagem de milho (SM). (Capítulo I)

AN	PER	SIL	C	HORA	pH	NAR
1	1	SE	Sem	0,00	6,74	11,89
2	2	SE	Sem	0,00	6,71	13,50
3	3	SE	Sem	0,00	6,45	12,17
4	4	SE	Sem	0,00	6,42	12,23
1	1	SE	Sem	2,00	7,46	12,25
2	2	SE	Sem	2,00	7,23	12,63
3	3	SE	Sem	2,00	7,14	15,15
4	4	SE	Sem	2,00	7,31	14,53
1	1	SE	Sem	4,00	7,06	5,73
2	2	SE	Sem	4,00	6,62	5,73
3	3	SE	Sem	4,00	6,39	,
4	4	SE	Sem	4,00	6,14	5,97
1	1	SE	Sem	6,00	7,06	13,10
2	2	SE	Sem	6,00	6,62	11,56
3	3	SE	Sem	6,00	6,39	4,29
4	4	SE	Sem	6,00	6,14	7,14
4	1	SE	Com	0,00	6,33	10,97
1	2	SE	Com	0,00	,	16,72
2	3	SE	Com	0,00	5,98	22,35
3	4	SE	Com	0,00	5,90	22,71
4	1	SE	Com	2,00	6,97	13,28
1	2	SE	Com	2,00	6,50	4,58
2	3	SE	Com	2,00	5,74	25,87
3	4	SE	Com	2,00	5,59	19,72
4	1	SE	Com	4,00	6,39	12,07
1	2	SE	Com	4,00	5,95	4,67
2	3	SE	Com	4,00	5,75	19,67
3	4	SE	Com	4,00	5,78	13,74
4	1	SE	Com	6,00	6,39	,
1	2	SE	Com	6,00	5,95	9,08
2	3	SE	Com	6,00	5,75	3,95
3	4	SE	Com	6,00	5,78	7,39
3	1	SM	Sem	0,00	6,43	13,91
4	2	SM	Sem	0,00	5,97	13,19
1	3	SM	Sem	0,00	5,69	,
2	4	SM	Sem	0,00	5,75	13,69
3	1	SM	Sem	2,00	6,62	6,66
4	2	SM	Sem	2,00	6,29	5,19
1	3	SM	Sem	2,00	6,30	9,33
2	4	SM	Sem	2,00	6,79	14,85

AN = animal; PER = Período; SIL = silagem; C = concentrado

Tabela 3. Concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR; mg/dL) e pH ruminal em ovinos alimentados com dietas contendo silagem de estilosantes (SE) ou silagem de milho (SM). (Capítulo I), continuação.

AN	PER	SIL	C	HORA	pH	NAR
3	1	SM	Sem	4,00	6,56	3,55
4	2	SM	Sem	4,00	6,06	4,27
1	3	SM	Sem	4,00	5,55	9,84
2	4	SM	Sem	4,00	5,56	9,51
3	1	SM	Sem	6,00	6,56	18,22
4	2	SM	Sem	6,00	6,06	11,83
1	3	SM	Sem	6,00	5,55	4,71
2	4	SM	Sem	6,00	5,56	8,47
2	1	SM	Com	0,00	6,53	15,92
3	2	SM	Com	0,00	6,04	6,77
4	3	SM	Com	0,00	5,98	7,38
1	4	SM	Com	0,00	6,11	5,21
2	1	SM	Com	2,00	6,45	4,12
3	2	SM	Com	2,00	6,33	14,38
4	3	SM	Com	2,00	6,22	12,77
1	4	SM	Com	2,00	7,01	8,11
2	1	SM	Com	4,00	6,05	3,00
3	2	SM	Com	4,00	6,01	9,21
4	3	SM	Com	4,00	5,98	8,97
1	4	SM	Com	4,00	5,97	6,07
2	1	SM	Com	6,00	6,05	8,36
3	2	SM	Com	6,00	6,01	7,38
4	3	SM	Com	6,00	5,98	3,76
1	4	SM	Com	6,00	5,97	6,12

AN = animal; PER = Período; SIL = silagem; C = concentrado

Tabela 4. Volume e diário e excreção diária de derivados de purina em ovinos alimentados com dietas contendo silagem de estilosantes (SE) ou silagem de milho (SM). (Capítulo I), continuação.

AN	PER	SIL	C	VU	ALA	ACU	XHPX	PT	ALAP	ACUP	XHPXP
				L	-----mmol/d-----				-----%-----		
1	1	SE	Sem	4,9	5,3	0,8	0,7	6,8	78,5	11,2	10,2
2	2	SE	Sem	1,3	3,8	0,6	0,4	4,8	77,8	13,1	9,2
3	3	SE	Sem	1,9	6,1	0,7	0,6	7,3	82,8	9,4	7,8
4	4	SE	Sem	2,0	7,2	0,8	0,4	8,4	86,3	9,5	4,2
4	1	SE	Com	2,8	4,2	1,2	0,4	5,7	72,4	20,2	7,5
1	2	SE	Com	4,3	13,9	1,4	1,9	17,2	81,0	8,2	10,8
2	3	SE	Com	1,1	6,6	1,3	0,6	8,5	77,8	15,1	7,1
3	4	SE	Com	1,8	13,9	1,0	0,3	15,2	91,1	6,9	2,0
3	1	SM	Sem	1,6	11,3	1,7	0,5	13,5	83,8	12,6	3,6
4	2	SM	Sem	1,6	5,4	0,7	0,2	6,4	84,4	11,7	3,9
1	3	SM	Sem	4,7	12,8	1,6	0,8	15,2	84,1	10,4	5,5
2	4	SM	Sem	1,3	4,7	0,5	0,2	5,4	87,4	8,9	3,7
2	1	SM	Com	1,4	5,2	0,7	0,3	6,3	83,1	11,3	5,6
3	2	SM	Com	1,4	12,6	1,1	0,3	14,0	90,1	7,8	2,1
4	3	SM	Com	2,8	9,8	1,2	0,6	11,5	85,0	10,2	4,8
1	4	SM	Com	3,1	12,5	1,3	1,1	14,8	84,2	8,7	7,2

AN = animal; PER = Período; SIL = silagem; C = concentrado; VU – volume urinário; ALA –alantoína; ACU – ácido úrico; X e HPX – xantina e hipoxantina; PT – purinas totais.

Tabela 5. Purinas absorvidas, síntese diária de nitrogênio e proteína bruta microbiana (NMic e PBMic) e eficiência de síntese de proteína microbiana (EfMIC) em ovinos alimentados com dietas contendo silagem de estilosantes (SE) ou silagem de milho (SM). (Capítulo I), continuação.

AN	PER	SIL	C	PA	NMIC	PBMIC	EFMICNDT
				mmol/d	-----g/d-----		g PB/ kg NDT
1	1	SE	Sem	6,2	4,5	28,1	90,6
2	2	SE	Sem	4,6	3,4	21,0	52,6
3	3	SE	Sem	6,6	4,8	30,1	80,8
4	4	SE	Sem	7,3	5,3	33,3	66,3
4	1	SE	Com	5,3	3,9	24,3	28,8
1	2	SE	Com	14,5	10,5	65,8	61,6
2	3	SE	Com	7,4	5,4	33,6	41,9
3	4	SE	Com	12,8	9,3	58,3	42,0
3	1	SM	Sem	11,4	8,3	52,0	56,8
4	2	SM	Sem	5,8	4,2	26,4	38,6
1	3	SM	Sem	12,8	9,3	58,2	,
2	4	SM	Sem	5,0	3,6	22,8	33,8
2	1	SM	Com	5,6	4,1	25,4	31,9
3	2	SM	Com	11,8	8,6	53,8	50,5
4	3	SM	Com	9,8	7,1	44,5	55,8
1	4	SM	Com	12,5	9,1	56,9	53,7

AN = animal; PER = Período; SIL = silagem; C = concentrado.

Tabela 6. Consumo de nutrientes (kg/dia) em bovinos alimentados com dietas contendo silagem de estilosantes (SE) ou silagem de milho (SM). (Capítulo II, Experimento 1)

AN	PER	TRAT	SIL	CMS	CMO	CFDNcp	CPB	CEE	CCNF	CNDT
1	1	1	SE	4,44	4,16	1,85	0,50	0,19	1,61	2,75
3	2	1	SE	7,78	7,37	3,58	0,89	0,17	2,57	4,43
2	3	1	SE	5,92	5,61	2,56	0,73	0,28	2,13	3,74
4	4	1	SE	6,78	6,40	3,16	0,81	0,09	2,30	3,72
3	1	2	SE	7,53	7,10	2,63	0,80	0,31	3,37	5,20
2	2	2	SE	8,14	7,76	2,87	0,96	0,20	3,73	4,63
4	3	2	SE	7,51	7,16	2,49	0,89	0,38	3,37	4,38
1	4	2	SE	8,02	7,61	3,02	0,99	0,16	3,46	4,84
2	1	3	SE	8,51	8,10	2,14	0,90	0,36	4,71	6,07
4	2	3	SE	8,20	7,87	1,94	1,00	0,22	4,72	5,98
1	3	3	SE	8,77	8,41	2,18	1,02	0,44	4,73	5,46
3	4	3	SE	9,39	8,96	2,96	1,18	0,27	4,67	6,12
4	1	4	SM	7,75	7,37	2,46	0,86	0,23	4,13	5,70
1	2	4	SM	5,83	5,58	1,83	0,70	0,25	3,05	4,23
3	3	4	SM	7,79	7,46	2,39	0,90	0,30	4,18	6,08
2	4	4	SM	8,81	8,44	2,54	1,13	0,40	4,75	6,08

AN = animal; PER = Período; TRAT = tratamento; Tratamentos: 1= SE +20% de concentrado (C); 2= SE + 40% C; 3= SE + 60% C; 4= SM 6 40% C. CMS = consumo de matéria seca; CMO = consumo de matéria orgânica; CFDNcp = consumo de fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína; CPB = consumo de proteína bruta; CEE = consumo de extrato etéreo; CCNF = consumo de carboidratos não fibrosos; CNDT = consumo de nutrientes digestíveis totais.

Tabela 7. Digestibilidade total dos nutrientes (%) em bovinos alimentados com dietas contendo silagem de estilosantes (SE) ou silagem de milho (SM). (Capítulo II, Experimento 1)

AN	PER	TRAT	DTMS	DTMO	DTPB	DTEE	DTFDN	DTCNF
1	1	1	59,56	61,93	54,19	82,31	47,63	77,24
3	2	1	56,14	60,46	41,55	69,83	47,82	80,97
2	3	1	58,54	60,95	59,08	76,62	44,83	79,22
4	4	1	55,32	57,90	47,72	46,19	49,17	73,04
3	1	2	65,99	69,12	49,18	80,77	57,76	80,77
2	2	2	55,25	57,97	38,89	57,99	48,90	69,46
4	3	2	54,57	57,23	43,94	71,15	47,29	65,30
1	4	2	60,07	62,00	50,14	60,46	51,75	74,28
2	1	3	68,94	71,18	55,65	74,46	61,68	77,51
4	2	3	72,24	73,95	66,10	61,20	54,50	83,90
1	3	3	58,42	61,19	46,20	69,81	43,09	70,94
3	4	3	62,30	64,73	54,19	67,42	45,79	79,69
4	1	4	69,78	71,08	63,99	60,12	67,20	77,26
1	2	4	66,35	67,72	63,09	71,01	51,18	80,48
3	3	4	72,26	73,87	63,30	78,23	61,34	84,23
2	4	4	61,81	63,24	60,37	73,84	47,56	74,32

AN = animal; PER = Período; TRAT = tratamento; Tratamentos: 1= SE +20% de concentrado (C); 2= SE + 40% C; 3= SE + 60% C; 4= SM 6 40% C. DTMS = digestibilidade total da matéria seca; DTMO = digestibilidade total da matéria orgânica; DTFDNcp = digestibilidade total da fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína; DTPB = digestibilidade total da proteína bruta; DTEE = digestibilidade total do extrato etéreo; DTCNF = digestibilidade total dos carboidratos não fibrosos.

Tabela 8. Digestibilidade ruminal dos nutrientes (%) em bovinos alimentados com dietas contendo silagem de estilosantes (SE) ou silagem de milho (SM). (Capítulo II, Experimento 1)

AN	PER	TRAT	DRMS	DRMO	DRPB	DREE	DRFDN	DRCNF
1	1	1	42,91	62,68	30,23	9,56	75,27	65,44
3	2	1	76,97	72,02	32,85	3,20	76,11	69,60
2	3	1	80,99	79,79	24,95	26,82	69,58	68,94
4	4	1	76,34	74,15	20,19	36,96	70,58	71,67
3	1	2	71,87	76,55	33,31	23,01	82,24	79,98
2	2	2	77,27	75,72	35,25	9,10	71,28	76,35
4	3	2	75,01	82,14	23,24	17,66	83,74	73,07
1	4	2	60,92	65,48	27,48	18,62	83,24	72,09
2	1	3	73,72	75,24	19,52	16,46	89,51	90,18
4	2	3	75,35	74,18	33,13	9,72	73,20	81,88
1	3	3	59,29	73,70	31,13	22,05	83,70	75,14
3	4	3	65,31	62,58	40,21	12,94	85,82	68,85
4	1	4	58,90	71,46	32,15	18,81	82,96	76,83
1	2	4	63,04	71,96	32,08	23,24	87,86	65,85
3	3	4	78,19	76,61	35,53	32,50	81,96	85,74
2	4	4	76,29	76,24	31,47	12,41	81,78	90,94

AN = animal; PER = Período; TRAT = tratamento; Tratamentos: 1= SE +20% de concentrado (C); 2= SE + 40% C; 3= SE + 60% C; 4= SM 6 40% C. DRMS = digestibilidade ruminal da matéria seca; DRMO = digestibilidade ruminal da matéria orgânica; DRFDNcp = digestibilidade ruminal da fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína; DRPB = digestibilidade ruminal da proteína bruta; DREE = digestibilidade ruminal do extrato etéreo; DRCNF = digestibilidade ruminal dos carboidratos não fibrosos.

Tabela 9. Digestibilidade intestinal dos nutrientes (%) em bovinos alimentados com dietas contendo silagem de estilosantes (SE) ou silagem de milho (SM). (Capítulo II, Experimento 1)

AN	PER	TRAT	DIMS	DIMO	DIPB	DIEE	DIFDN	DICNF
1	1	1	57,09	37,32	69,77	90,44	24,73	34,56
3	2	1	23,03	27,98	67,15	96,80	23,89	30,40
2	3	1	19,01	20,21	75,05	73,18	30,42	31,06
4	4	1	23,66	25,85	79,81	63,04	29,42	28,33
3	1	2	28,13	23,45	66,69	76,99	17,76	20,02
2	2	2	22,73	24,28	64,75	90,90	28,72	23,65
4	3	2	24,99	17,86	76,76	82,34	16,26	26,93
1	4	2	39,08	34,52	72,52	81,38	16,76	27,91
2	1	3	26,28	24,76	80,48	83,54	10,49	9,82
4	2	3	24,65	25,82	66,87	90,28	26,80	18,12
1	3	3	40,71	26,30	68,87	77,95	16,30	24,86
3	4	3	34,69	37,42	59,79	87,06	14,18	31,15
4	1	4	41,10	28,54	67,85	81,19	17,04	23,17
1	2	4	36,96	28,04	67,92	76,76	12,14	34,15
3	3	4	21,81	23,39	64,47	67,50	18,04	14,26
2	4	4	23,71	23,76	68,53	87,59	18,22	9,06

AN = animal; PER = Período; TRAT = tratamento; Tratamentos: 1= SE +20% de concentrado (C); 2= SE + 40% C; 3= SE + 60% C; 4= SM 6 40% C. DIMS = digestibilidade intestinal da matéria seca; DIMO = digestibilidade intestinal da matéria orgânica; DIFDNcp = digestibilidade intestinal da fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína; DIPB = digestibilidade intestinal da proteína bruta; DIEE = digestibilidade intestinal do extrato etéreo; DICNF = digestibilidade intestinal dos carboidratos não fibrosos.

Tabela 10. Concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR; mg/dL) e pH ruminal, período (PER), tempo de coleta (Hora, (Capítulo II – experimento 1).

TRAT	PERIODO	ANIMAL	HORA	pH	NAR
1	1	1	0	6,65	7,84
1	2	2	0	6,79	10,45
1	3	3	0	6,99	11,86
1	4	4	0	6,95	9,65
1	1	1	2	6,79	15,62
1	2	2	2	6,87	12,19
1	3	3	2	6,68	12,13
1	4	4	2	6,92	15,40
1	1	1	4	6,62	15,93
1	2	2	4	6,77	8,08
1	3	3	4	6,56	5,50
1	4	4	4	6,88	8,55
1	1	1	6	6,6	11,70
1	2	2	6	6,54	7,17
1	3	3	6	6,58	6,84
1	4	4	6	6,76	6,86
2	1	2	0	6,82	12,09
2	2	3	0	6,89	9,10
2	3	4	0	6,77	7,95
2	4	1	0	6,61	17,71
2	1	2	2	6,74	17,62
2	2	3	2	6,75	10,82
2	3	4	2	6,59	7,02
2	4	1	2	6,42	15,83
2	1	2	4	6,56	11,08
2	2	3	4	6,42	7,82
2	3	4	4	6,41	6,35
2	4	1	4	6,09	11,88
2	1	2	6	6,36	6,98
2	2	3	6	6,13	10,75
2	3	4	6	6,38	6,85
2	4	1	6	6,01	7,27
3	1	3	0	6,69	10,67
3	2	4	0	6,52	14,34
3	3	1	0	5,94	10,32
3	4	2	0	6,65	8,07
3	1	3	2	6,34	11,93
3	2	4	2	6,42	16,37
3	3	1	2	6,65	14,23
3	4	2	2	6,66	16,48

TRAT = tratamento; Tratamentos: 1= SE +20% de concentrado (C); 2= SE + 40% C; 3= SE + 60% C; 4= SM 6 40% C.

Tabela 10. Concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR; mg/dL) e pH ruminal, período (PER), tempo de coleta (Hora, (Capítulo II – experimento 1), continuação.

TRAT	PERIODO	ANIMAL	HORA	pH	NAR
3	1	3	4	5,74	5,13
3	2	4	4	6,31	12,09
3	3	1	4	5,36	9,98
3	4	2	4	6,77	12,47
3	1	3	6	6,18	4,12
3	2	4	6	6,13	5,80
3	3	1	6	5,75	5,80
3	4	2	6	6,68	9,46
4	1	4	0	6,54	10,45
4	2	1	0	6,86	8,28
4	3	2	0	6,56	6,86
4	4	3	0	6,34	11,79
4	1	4	2	6,7	17,87
4	2	1	2	6,41	6,95
4	3	2	2	6,23	10,37
4	4	3	2	6,03	10,33
4	1	4	4	6,52	5,42
4	2	1	4	6,08	5,61
4	3	2	4	5,61	19,43
4	4	3	4	5,62	10,28
4	1	4	6	5,97	4,94
4	2	1	6	5,96	16,59
4	3	2	6	5,63	17,56
4	4	3	6	5,66	12,41

TRAT = tratamento; Tratamentos: 1= SE +20% de concentrado (C); 2= SE + 40% C; 3= SE + 60% C; 4= SM 6 40% C.

Tabela 11. Consumo de nutrientes (kg/dia) em bovinos alimentados com dietas contendo silagem de estilosantes (SE) ou silagem de milho (SM). (Capítulo II, Experimento 2)

TRAT	REP	CMS	CMO	CFDN	CPB	CEE	CCNF	CNDT
1	1	6,03	5,63	2,93	0,72	0,12	1,85	3,16
1	2	6,89	6,42	3,31	0,83	0,14	2,14	3,61
1	3	7,90	7,37	3,83	0,95	0,16	2,43	4,13
1	4	5,82	5,43	2,79	0,71	0,12	1,81	3,05
1	5	7,14	6,66	3,46	0,85	0,15	2,20	3,74
1	6	5,62	5,24	2,65	0,69	0,12	1,78	2,95
1	7	7,32	6,83	3,53	0,87	0,15	2,28	3,83
1	8	7,12	6,64	3,42	0,86	0,15	2,21	3,73
2	1	8,90	8,35	3,40	1,08	0,20	3,63	4,96
2	2	8,95	8,40	3,41	1,09	0,22	3,66	5,04
2	3	9,45	8,86	3,65	1,15	0,22	3,80	5,29
2	4	8,67	8,13	3,26	1,07	0,21	3,56	4,86
2	5	10,24	9,61	3,96	1,25	0,23	4,13	5,71
2	6	9,07	8,52	3,45	1,11	0,23	3,72	5,11
2	7	8,71	8,17	3,30	1,07	0,22	3,57	4,89
2	8	7,64	7,17	2,83	0,94	0,17	3,18	4,26
3	1	9,82	9,24	3,07	1,21	0,30	4,65	6,11
3	2	11,16	10,50	3,66	1,37	0,37	5,10	,
3	3	10,27	9,69	2,82	1,28	0,32	5,26	6,43
3	4	7,88	7,41	2,50	0,97	0,28	3,68	4,94
3	5	11,10	10,47	3,23	1,38	0,32	5,50	6,89
3	6	9,84	9,27	2,97	1,21	0,32	4,77	6,15
3	7	10,72	10,11	2,93	1,34	0,32	5,48	6,68
3	8	8,48	7,99	2,38	1,05	0,29	4,28	5,33
4	1	8,57	8,12	2,96	1,04	0,19	4,18	5,80
4	2	6,92	6,55	2,47	0,83	0,15	3,31	4,67
4	3	6,52	6,17	2,49	0,78	0,16	2,96	.
4	4	8,33	7,91	2,97	1,00	0,16	3,98	5,60
4	5	9,42	8,93	3,37	1,13	0,21	4,49	6,37
4	6	9,62	9,14	3,41	1,15	0,24	4,64	6,56
4	7	8,96	8,50	3,27	1,07	0,21	4,22	6,08
4	8	9,71	9,21	3,54	1,16	0,26	4,58	6,64

REP = repetição; TRAT = tratamento; Tratamentos: 1= SE +20% de concentrado (C); 2= SE + 40% C; 3= SE + 60% C; 4= SM 6 40% C. CMS = consumo de matéria seca; CMO = consumo de matéria orgânica; CFDNcp = consumo de fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína; CPB = consumo de proteína bruta; CEE = consumo de extrato etéreo; CCNF = consumo de carboidratos não fibrosos; CNDT = consumo de nutrientes digestíveis totais.

Tabela 12. Desempenho produtivo de bovinos de corte (Capítulo II - experimento 2)

TRAT	REP	GMD	RC	GMDC	EA - CMS	EA - CNDT
1	1	0,52	54,18	0,22	37,14	70,99
1	2	0,50	55,35	0,21	30,20	57,67
1	3	0,68	54,27	0,30	38,53	73,62
1	4	0,11	51,19	.	.	.
1	5	0,89	56,02	0,42	58,37	111,50
1	6	0,20	55,09	0,04	7,43	14,15
1	7	0,54	52,43	0,22	30,58	58,41
1	8	0,34	55,95	0,12	16,45	31,41
2	1	0,86	54,48	0,40	45,41	81,39
2	2	1,09	54,06	0,53	58,71	104,39
2	3	1,14	54,19	0,55	58,54	104,63
2	4	1,21	55,21	0,59	68,25	121,85
2	5	1,02	57,22	0,48	47,20	84,64
2	6	1,07	55,94	0,51	56,61	100,59
2	7	1,05	52,37	0,50	57,58	102,44
2	8	0,91	54,28	0,42	55,52	99,48
3	1	1,41	56,64	0,70	71,36	114,77
3	2	1,13	54,09	0,54	.	.
3	3	1,52	55,35	0,76	73,84	117,96
3	4	0,98	56,68	0,47	59,11	94,37
3	5	1,39	58,44	0,68	61,64	99,39
3	6	1,38	56,48	0,68	68,87	110,30
3	7	1,57	54,80	0,78	73,11	117,30
3	8	1,38	55,96	0,68	79,59	126,61
4	1	1,20	57,65	0,59	68,30	100,99
4	2	1,09	58,57	0,53	76,43	113,20
4	3	0,73	55,08	0,33	51,09	.
4	4	1,18	56,00	0,57	68,82	102,37
4	5	1,16	58,65	0,56	59,82	88,46
4	6	1,54	53,35	0,76	79,47	116,58
4	7	1,25	54,91	0,61	68,12	100,44
4	8	1,66	54,78	0,83	85,80	125,48

REP = repetição; TRAT = tratamento; Tratamentos: 1= SE +20% de concentrado (C); 2= SE + 40% C; 3= SE + 60% C; 4= SM 6 40% C. GMD = ganho médio diário; GMDC = ganho médio diário de carcaça; EA-CMS (g carcaça/ kg MS) = eficiência alimentar em para GMDC em função do consumo de matéria seca; EA-CNDT (g carcaça / kg MS) = eficiência alimentar em para GMDC em função do consumo de nutrientes digestíveis totais.

Tabela 13. Concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR; mg/dL) e pH ruminal, período, tempo de coleta (Hora) (Capítulo III – experimento 1).

TP	C	ANIMAL	PERIODO	HORA	pH	NAR
1	40	1	1	0	6,81	9,02
1	40	1	1	2	6,73	12,84
1	40	1	1	4	6,71	14,47
1	40	1	1	6	6,47	9,39
1	40	2	2	0	6,43	9,73
1	40	2	2	2	6,40	10,20
1	40	2	2	4	6,21	10,92
1	40	2	2	6	6,01	11,86
1	40	3	3	0	6,71	6,60
1	40	3	3	2	6,46	15,02
1	40	3	3	4	6,50	8,58
1	40	3	3	6	6,31	7,61
1	40	4	4	0	6,15	6,14
1	40	4	4	2	6,04	14,69
1	40	4	4	4	5,90	18,27
1	40	4	4	6	6,02	9,71
1	60	2	1	0	5,93	8,88
1	60	2	1	2	6,02	22,56
1	60	2	1	4	5,50	23,24
1	60	2	1	6	5,93	8,21
1	60	3	2	0	5,79	6,48
1	60	3	2	2	5,84	11,79
1	60	3	2	4	5,77	10,92
1	60	3	2	6	5,72	13,64
1	60	4	3	0	5,90	7,52
1	60	4	3	2	5,72	22,80
1	60	4	3	4	5,40	18,91
1	60	4	3	6	5,62	11,95
1	60	1	4	0	5,89	8,60
1	60	1	4	2	5,54	21,03
1	60	1	4	4	5,50	15,35
1	60	1	4	6	5,90	10,36
2	40	3	1	0	6,79	11,42
2	40	3	1	2	6,58	26,32
2	40	3	1	4	6,34	27,45
2	40	3	1	6	6,11	12,78
2	40	4	2	0	6,22	9,80
2	40	4	2	2	6,44	23,54
2	40	4	2	4	6,12	16,60
2	40	4	2	6	5,90	21,11

TP = tamanho de partícula; C = nível de concentrado

Tabela 14. Concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR; mg/dL) e pH ruminal, período, tempo de coleta (Hora) (Capítulo III – experimento 1), continuação.

TP	C	ANIMAL	PERIODO	HORA	pH	NAR
2	40	1	3	0	6,57	5,57
2	40	1	3	2	6,42	14,07
2	40	1	3	4	6,36	6,02
2	40	1	3	6	6,40	8,88
2	40	2	4	0	6,11	12,69
2	40	2	4	2	6,31	10,69
2	40	2	4	4	6,21	12,98
2	40	2	4	6	6,20	13,51
2	60	4	1	0	6,24	13,23
2	60	4	1	2	6,17	22,27
2	60	4	1	4	5,82	18,53
2	60	4	1	6	6,08	12,15
2	60	1	2	0	6,12	9,53
2	60	1	2	2	6,09	18,04
2	60	1	2	4	5,78	13,54
2	60	1	2	6	5,93	10,42
2	60	2	3	0	6,43	7,77
2	60	2	3	2	6,11	12,92
2	60	2	3	4	5,86	10,65
2	60	2	3	6	6,06	11,13
2	60	3	4	0	6,06	19,36
2	60	3	4	2	6,25	17,52
2	60	3	4	4	6,06	9,82
2	60	3	4	6	6,02	12,41

TP = tamanho de partícula; C = nível de concentrado

Tabela 15. Consumo de nutrientes (kg/dia) em bovinos alimentados com dietas contendo cana-de-açúcar triturada em dois tamanhos de partícula (TP) e dois níveis de concentrado (C) (Capítulo III, Experimento 2)

TP	C	REP	CMS	CMO	CFDN	CPB	CEE	CCNF	CNDT
1	40	1	6,60	6,24	2,09	0,73	0,09	3,68	4,67
1	40	2	5,50	5,19	1,69	0,62	0,08	3,14	3,37
1	40	3	6,17	5,82	1,92	0,70	0,08	3,49	4,77
1	40	4	6,98	6,61	2,23	0,79	0,09	3,90	4,62
1	40	5	5,59	5,27	1,86	0,63	0,07	3,07	4,38
1	40	6	6,15	5,80	1,97	0,70	0,08	3,41	4,80
1	40	7	5,91	5,60	1,84	0,65	0,08	3,34	4,13
1	40	8	6,62	6,27	2,20	0,74	0,08	3,63	4,90
1	60	1	6,82	6,45	1,74	0,78	0,10	4,11	4,86
1	60	2	6,95	6,57	2,05	0,82	0,12	4,05	5,15
1	60	3	7,15	6,78	2,19	0,86	0,12	4,06	4,41
1	60	4	7,40	7,01	2,15	0,92	0,12	4,29	4,67
1	60	5	6,26	5,90	1,69	0,77	0,09	3,72	5,07
1	60	6	7,84	7,43	1,88	0,92	0,13	4,80	5,98
1	60	7	9,40	8,92	2,32	1,11	0,15	5,71	6,93
1	60	8	8,13	7,72	2,24	0,97	0,11	4,76	5,43
2	40	1	6,87	6,49	1,94	0,75	0,07	3,97	4,51
2	40	2	7,48	7,07	2,42	0,80	0,07	4,13	4,81
2	40	3	7,00	6,64	2,07	0,78	0,09	4,08	4,85
2	40	4	5,92	5,59	1,89	0,62	0,07	3,29	4,10
2	40	5	7,46	7,05	2,47	0,81	0,05	4,05	5,21
2	40	6	5,12	4,82	1,74	0,53	0,05	2,79	3,10
2	40	7	6,22	5,89	2,08	0,69	0,05	3,41	4,37
2	40	8	6,40	6,05	2,00	0,68	0,09	3,61	4,06
2	60	1	7,61	7,20	2,12	0,96	0,06	4,41	5,42
2	60	2	8,82	8,37	2,45	1,03	0,08	5,16	5,77
2	60	3	7,56	7,17	2,21	0,88	0,08	4,34	4,27
2	60	4	8,03	7,62	2,13	0,96	0,06	4,76	5,59
2	60	5	8,15	7,71	2,35	0,98	0,07	4,68	5,91
2	60	6	8,49	8,04	2,31	1,01	0,09	4,98	5,43
2	60	7	8,54	8,09	2,34	1,02	0,09	5,07	6,91
2	60	8	8,81	8,37	2,52	1,05	0,13	5,10	5,72

REP = repetição; CMS = consumo de matéria seca; CMO = consumo de matéria orgânica; CFDNcp = consumo de fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína; CPB = consumo de proteína bruta; CEE = consumo de extrato etéreo; CCNF = consumo de carboidratos não fibrosos; CNDT = consumo de nutrientes digestíveis totais.

Tabela 16. Digestibilidade total dos nutrientes (%) em bovinos alimentados com dietas contendo cana-de-açúcar triturada em dois tamanhos de partícula (TP) e dois níveis de concentrado (C) (Capítulo III, Experimento 2)

TP	C	REP	CDMS	CDMO	CDPB	CDEE	CDFDN	DCNF
1	40	1	61,43	62,16	63,48	53,33	54,49	80,43
1	40	2	40,65	41,19	47,59	.	45,42	72,66
1	40	3	65,39	65,50	70,58	76,70	73,09	78,41
1	40	4	56,59	57,37	58,90	47,57	32,15	85,76
1	40	5	62,08	63,60	63,10	74,43	61,41	89,10
1	40	6	69,78	70,12	70,39	73,91	55,63	90,27
1	40	7	52,92	53,52	49,70	41,52	53,67	82,25
1	40	8	61,79	62,94	64,98	55,23	57,40	84,31
1	60	1	58,19	59,28	59,97	51,53	57,62	79,88
1	60	2	60,58	61,02	65,22	67,49	58,55	79,67
1	60	3	46,02	46,59	49,11	53,18	50,84	67,27
1	60	4	47,24	47,78	56,07	42,82	29,27	79,48
1	60	5	62,05	63,05	71,55	66,89	59,82	90,82
1	60	6	67,84	68,47	61,67	53,59	68,63	82,43
1	60	7	67,09	67,80	64,84	67,83	59,51	80,76
1	60	8	58,96	59,97	64,91	53,13	38,22	80,02
2	40	1	53,47	55,12	56,91	38,79	42,86	80,04
2	40	2	53,61	53,67	51,15	17,99	47,63	78,04
2	40	3	58,66	59,57	62,39	75,84	40,95	82,70
2	40	4	61,27	61,21	62,68	45,74	43,69	85,20
2	40	5	62,49	64,18	68,45	34,28	56,01	79,84
2	40	6	37,11	38,26	37,42	33,98	.	88,00
2	40	7	59,11	60,62	59,89	21,36	48,40	85,73
2	40	8	56,09	57,50	51,60	53,44	47,81	73,39
2	60	1	64,42	64,91	69,33	42,02	55,30	80,04
2	60	2	63,62	63,91	66,56	60,13	42,69	76,12
2	60	3	50,71	51,76	41,23	34,78	36,81	69,84
2	60	4	62,70	63,06	65,92	38,32	45,69	82,47
2	60	5	64,32	65,14	64,03	38,40	52,50	85,21
2	60	6	54,53	54,92	59,91	22,39	42,13	76,35
2	60	7	75,10	75,42	78,50	65,21	68,11	86,28
2	60	8	55,74	55,86	63,10	69,46	51,56	69,61

REP = repetição; DTMS = digestibilidade total da matéria seca; DTMO = digestibilidade total da matéria orgânica; DTFDNcp = digestibilidade total da fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína; DTPB = digestibilidade total da proteína bruta; DTEE = digestibilidade total do extrato etéreo; DTCNF = digestibilidade total dos carboidratos não fibrosos.

Tabela 17. Desempenho produtivo de bovinos de corte (Capítulo III - experimento 2)

TP	C	REP	PVF	GMD	RC	GMDC	EA-CMS	EA-NDT
1	40	1	400	0,80	52,83	0,34	51,65	73,10
1	40	2	369	0,45	52,11	0,12	22,06	36,07
1	40	3	400	0,62	54,48	0,31	51,01	65,94
1	40	4	426	1,02	53,80	0,51	72,77	109,89
1	40	5	394	0,85	52,82	0,37	65,91	84,09
1	40	6	405	0,59	52,67	0,21	34,78	44,54
1	40	7	405	0,71	52,00	0,25	41,82	59,84
1	40	8	412	0,52	55,44	0,31	46,51	62,84
1	60	1	394	0,86	51,57	0,32	46,44	65,20
1	60	2	400	0,72	54,28	0,36	52,38	70,72
1	60	3	416	0,87	53,05	0,39	54,17	87,82
1	60	4	413	0,73	53,54	0,33	44,98	71,20
1	60	5	400	0,58	53,65	0,26	40,83	50,35
1	60	6	450	1,02	54,29	0,53	67,65	88,67
1	60	7	480	1,13	54,65	0,61	64,55	87,53
1	60	8	450	0,95	53,87	0,47	57,60	86,29
2	40	1	371	0,53	52,67	0,19	27,85	42,43
2	40	2	425	0,84	54,92	0,46	61,41	95,47
2	40	3	390	0,58	55,13	0,33	46,55	67,14
2	40	4	400	0,64	55,20	0,36	61,18	88,30
2	40	5	422	0,84	53,70	0,40	53,41	76,44
2	40	6	370	0,33	52,81	0,08	15,51	25,60
2	40	7	400	0,48	53,05	0,17	26,97	38,41
2	40	8	420	0,72	53,71	0,33	52,20	82,21
2	60	1	441	1,10	53,97	0,56	73,60	103,45
2	60	2	459	1,27	56,23	0,77	87,71	134,11
2	60	3	410	0,78	54,56	0,41	54,24	95,93
2	60	4	443	1,00	56,77	0,65	80,83	116,11
2	60	5	450	1,43	56,71	0,89	109,18	150,70
2	60	6	468	1,19	56,22	0,73	85,77	134,13
2	60	7	438	1,02	52,72	0,45	52,63	65,06
2	60	8	445	0,83	54,97	0,45	51,63	79,50

REP = repetição; PVF (kg) = peso vivo final; GMD (kg/dia) = ganho médio diário; GMDC (kg/dia) = ganho médio diário de carcaça; EA-CMS (g carcaça/ kg MS) = eficiência alimentar do ganho médio de carcaça em relação ao consumo de matéria seca (CMS). EA-CNDT (g carcaça/ kg NDT) = eficiência alimentar do ganho médio de carcaça em relação ao consumo de nutrientes digestíveis totais (CNDT).

Table 18. The dry matter content, chemical composition (DM basis) of fresh high moisture corn (HMC) treated with levels of Safesil before ensiling (Capítulo IV).

TRT	DM	CP	SP	ADF	NDF	STARCH	ASH	WSC
C	61,27	5,90	1,20	3,80	9,70	74,60	1,31	2,92
C	62,72	6,00	1,20	3,70	10,10	74,30	1,60	3,12
C	62,46	5,90	1,30	4,80	10,40	74,00	1,44	3,22
C	63,14	5,90	1,30	4,00	9,20	75,30	1,47	2,68
L	63,49	5,90	1,20	4,40	10,20	74,60	1,48	2,96
L	63,48	5,80	1,20	3,80	9,70	75,30	1,46	3,07
L	63,53	5,90	1,20	5,00	10,50	74,10	1,55	2,88
L	.	5,90	1,20	4,20	11,00	74,50	1,62	3,53
M	63,04	5,80	1,10	3,70	10,50	75,30	1,41	2,81
M	62,02	5,80	1,20	3,30	9,40	74,00	1,27	2,71
M	62,90	5,80	1,20	4,20	10,20	74,40	1,48	3,00
M	62,70	5,90	1,40	4,40	10,80	74,50	1,33	3,14
H	62,98	6,10	1,40	3,80	10,30	74,00	2,33	3,48
H	63,08	5,80	1,10	4,30	10,70	74,60	1,46	2,67
H	62,95	6,00	1,20	3,30	10,00	74,90	1,37	2,38
H	62,80	6,00	1,30	3,30	10,70	72,00	1,50	2,53

Treatments (TRT): C = Control– untreated; L = 2.0 L of Safesil (Salinity/Agro, Halmstad, Sweden)/tonne (t) of fresh forage (1000 kg) of fresh forage; M = 3.0 L Safesil/tonne, and H = 4.0 L Safesil/tonne. DM = dry matter; CP = Crude protein; SP = soluble protein; ADF = Acid detergent fiber; NDF = Neutral detergent fiber; WSC = water-soluble carbohydrates.

Table 19. The ammonia nitrogen (NH<sub>3</sub>; dry matter basis) pH, microbial composition (fresh weight basis), and buffering capacity (BC; meq NaOH/ 100g DM) of fresh high moisture corn (HMC) treated with levels of Safesil before ensiling (Capítulo IV).

TRT	NH <sub>3</sub>	pH	BC	LAB	YEASTS
C	0,01	5,07	8,49	9,12	7,08
C	0,01	5,06	7,71	9,13	.
C	0,01	.	7,34	9,15	6,83
C	0,01	5,16	7,82	9,08	7,06
L	.	5,14	7,75	9,19	7,00
L	0,01	5,20	7,91	9,21	7,09
L	0,01	5,13	7,66	9,19	7,16
L	0,01	5,09	7,67	9,14	6,89
M	0,01	4,98	7,41	9,14	7,24
M	0,01	5,07	7,71	9,13	7,05
M	0,01	4,95	7,94	9,15	7,18
M	0,02	5,16	7,80	9,15	6,94
H	0,01	5,11	7,81	9,28	6,90
H	.	5,14	8,21	9,21	6,79
H	0,01	5,09	7,79	9,20	6,89
H	0,01	.	8,26	9,21	7,03

Treatments (TRT): C = Control– untreated; L = 2.0 L of Safesil (Salinity/Agro, Halmstad, Sweden)/tonne (t) of fresh forage (1000 kg) of fresh forage; M = 3.0 L Safesil/tonne, and H = 4.0 L Safesil/tonne. LAB = Lactic acid bacteria.

Table 20. The dry matter content, chemical composition (DM basis) of high moisture corn (HMC) treated with levels of Safesil after 21 and 90 days of ensiling (Capítulo IV).

DAY	TRT	DM	CP	SP	NH <sub>3</sub>	ADF	NDF	STARCH	ASH	WSC
21	C	61,0	5,9	2,3	0,09	4,2	11,2	73,8	1,6	0,0
21	C	61,0	6,1	2,4	0,11	3,9	9,8	73,0	1,4	0,1
21	C	61,0	6,1	2,4	0,13	4,1	10,2	73,8	1,5	0,1
21	C	61,4	5,9	2,4	0,11	5,0	9,3	74,1	1,7	0,1
21	L	62,6	5,9	2,3	.	4,5	10,0	74,3	1,5	0,7
21	L	62,5	5,6	2,2	0,09	4,1	9,7	74,7	1,1	0,6
21	L	62,8	5,6	2,2	0,08	3,0	9,8	72,9	1,5	0,7
21	L	62,3	5,9	2,2	0,09	4,2	10,6	73,2	1,6	0,5
21	M	62,2	6,0	2,3	0,07	4,4	10,8	73,4	1,5	0,7
21	M	62,3	5,9	2,3	0,08	4,4	9,7	74,1	1,6	0,8
21	M	62,2	5,9	2,4	0,07	4,5	10,5	73,6	1,5	0,5
21	M	62,3	5,7	2,3	0,08	5,8	10,9	74,2	1,4	0,7
21	H	62,1	5,5	2,2	0,07	3,4	10,2	74,9	1,6	1,0
21	H	62,4	5,6	2,1	0,06	4,1	8,4	74,6	1,6	1,1
21	H	62,0	5,6	1,9	0,08	4,4	9,6	73,3	1,8	1,0
21	H	62,1	5,7	2,1	0,09	3,9	9,9	73,1	1,9	1,1
90	C	62,1	5,7	3,0	0,10	3,8	10,1	73,9	1,3	0,7
90	C	61,9	5,7	3,0	0,09	4,3	9,7	74,7	1,7	0,5
90	C	61,7	5,8	3,1	0,08	4,1	9,8	74,5	1,5	0,5
90	C	61,6	5,8	3,1	0,10	4,4	10,1	74,8	1,8	0,6
90	L	63,4	5,7	2,8	0,07	3,7	9,3	75,4	1,6	0,9
90	L	63,0	5,9	3,1	.	4,7	10,7	73,5	1,7	0,8
90	L	63,2	5,8	3,1	0,06	3,8	9,8	74,2	1,7	0,7
90	L	.	6,0	3,2	0,07	3,6	9,6	74,9	1,6	0,5
90	M	62,3	5,8	3,1	.	4,1	10,1	73,7	1,5	0,8
90	M	62,5	5,6	3,0	0,07	3,3	9,4	74,4	1,4	0,8
90	M	62,4	5,7	3,1	0,08	3,9	10,5	73,7	1,5	0,6
90	M	62,5	5,8	3,0	0,08	4,5	9,7	74,5	1,3	0,8
90	H	.	5,7	2,7	0,08	3,5	9,8	70,2	1,5	1,2
90	H	62,6	5,9	2,8	0,08	4,0	9,4	75,7	1,8	1,4
90	H	62,6	5,9	2,7	0,08	4,1	9,8	73,7	1,8	1,2
90	H	62,7	5,9	2,8	.	3,2	9,3	74,2	1,6	1,2

Treatments (TRT): C = Control– untreated; L = 2.0 L of Safesil (Salinity/Agro, Halmstad, Sweden)/tonne (t) of fresh forage (1000 kg) of fresh forage; M = 3.0 L Safesil/tonne, and H = 4.0 L Safesil/tonne. DM = dry matter; CP = Crude protein; SP = soluble protein; NH<sub>3</sub> = ammonia nitrogen; ADF = Acid detergent fiber; NDF = Neutral detergent fiber; WSC = water-soluble carbohydrates.

Table 21. The fermentation profile, microbial composition (fresh weight basis), and aerobic stability (AS; hours) of high moisture corn (HMC) treated with levels of Safesil after 21 and 90 days of ensiling (Capítulo IV).

DAY	TRT	pH	LA	AA	PA	SA	BA	ET	LAB	YEASTS	DMR	AS
21	C	.	1,5	0,3	0,1	0,0	0,0	.	8,1	3,0	.	.
21	C	3,7	.	.	.	0,1	0,0	1,2	7,9	3,3	96,4	72,8
21	C	3,7	1,8	0,3	0,1	0,0	0,0	1,0	8,0	3,0	96,8	84,3
21	C	3,7	1,9	0,4	0,1	0,1	0,0	1,0	7,8	3,0	96,5	93,8
21	L	.	1,2	0,3	0,1	0,0	0,0	0,2	7,7	3,0	98,4	500,0
21	L	3,8	1,4	0,4	0,1	0,0	0,0	0,1	7,7	3,0	98,3	500,0
21	L	3,8	1,6	0,4	0,1	0,1	0,0	0,2	7,9	3,0	98,6	500,0
21	L	3,7	2,0	.	.	.	0,1	.	7,5	3,0	98,7	500,0
21	M	3,8	1,2	0,3	0,1	0,0	0,0	0,2	7,7	3,0	98,5	500,0
21	M	3,8	1,3	0,5	0,1	0,1	0,0	.	7,6	3,0	.	500,0
21	M	3,8	1,3	0,4	0,1	0,0	0,0	0,1	7,7	3,0	98,6	500,0
21	M	3,8	1,6	0,4	0,1	0,0	0,0	0,1	7,4	3,0	99,1	500,0
21	H	3,8	.	0,3	0,1	0,0	0,0	.	7,6	3,0	98,5	500,0
21	H	3,7	1,7	0,4	0,1	0,0	0,0	0,1	7,6	3,0	98,8	500,0
21	H	3,8	1,4	0,4	0,1	0,0	0,0	0,1	7,4	3,0	98,4	500,0
21	H	3,8	1,7	0,4	0,1	0,0	0,0	0,1	7,5	3,0	98,7	500,0
90	C	.	1,5	.	0,1	0,0	0,0	0,6	2,0	3,5	.	71,0
90	C	3,7	1,6	0,3	0,0	0,1	0,0	0,7	2,5	3,6	97,9	75,3
90	C	3,8	1,5	0,3	0,1	0,0	0,0	0,8	2,7	2,8	97,9	81,0
90	C	3,8	1,6	0,3	0,0	0,0	0,0	0,9	2,7	3,0	96,7	82,0
90	L	.	1,7	0,5	0,0	0,0	0,0	0,2	2,0	2,0	99,5	500,0
90	L	3,7	1,4	0,4	0,1	0,0	0,0	0,1	2,0	2,0	98,9	500,0
90	L	3,7	1,3	0,4	0,1	0,0	0,0	0,1	2,0	2,0	99,2	500,0
90	L	3,7	1,3	0,4	0,1	0,0	0,0	0,2	2,5	2,0	.	500,0
90	M	.	1,5	0,4	0,0	0,0	0,0	0,1	2,0	2,0	98,7	500,0
90	M	3,7	1,4	0,4	0,1	0,0	0,0	0,2	2,0	2,0	.	500,0
90	M	3,7	1,6	0,5	0,2	0,0	0,0	0,2	2,0	2,0	99,0	500,0
90	M	3,7	1,3	0,3	0,1	0,0	0,0	0,1	2,0	2,0	99,5	500,0
90	H	.	1,3	0,4	0,1	0,0	0,0	0,1	2,0	2,0	.	500,0
90	H	3,7	1,7	0,4	0,0	.	0,0	0,1	2,0	2,0	99,1	500,0
90	H	3,7	1,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,1	2,0	2,0	99,3	500,0
90	H	3,7	1,8	0,5	0,0	0,0	0,0	0,1	2,0	2,0	99,6	500,0

Treatments (TRT): C = Control– untreated; L = 2.0 L of Safesil (Salinity/Agro, Halmstad, Sweden)/tonne (t) of fresh forage (1000 kg) of fresh forage; M = 3.0 L Safesil/tonne, and H = 4.0 L Safesil/tonne. LA = lactic acid; AA = acetic acid; PA = propionic acid; SA = succinic acid; BA = butyric acid; ET = ethanol; LAB = lactic acid bacteria; DMR = dry matter recovery.