

**UFRRJ  
INSTITUTO DE ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ZOOTECNIA**

**DISSERTAÇÃO**

**Uso de polpa cítrica e emurchecimento na ensilagem  
de capim-elefante**

**Raphael dos Santos Gomes**

**2012**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**Uso de polpa cítrica e emurchecimento na ensilagem  
de capim-elefante**

*Raphael dos Santos Gomes*

*Sob a Orientação do Professor*  
**João Carlos de Carvalho Almeida**

*e co-orientação do Pesquisador*  
**Jailton da Costa Carneiro**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências** no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal.

Seropédica, RJ.  
Fevereiro de 2012

641.33202

G633u

T

Gomes, Raphael dos Santos, 1986-

Uso de polpa cítrica e emurchecimento na ensilagem de capim-elefante / Raphael dos Santos Gomes - 2012.

36 f. : il.

Orientador: João Carlos de Carvalho Almeida.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Zootecnia.

Bibliografia: f. 20-26.

1. Capim-elefante - Silagem - Teses. 2. Capim-elefante - Secagem - Teses. 3. Ensilagem - Teses. I. Almeida, João Carlos de Carvalho, 1956-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Zootecnia. III. Título.

Bibliotecário: \_\_\_\_\_

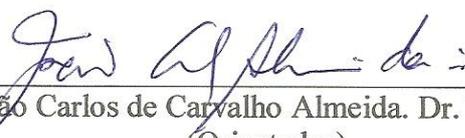
Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

RAPHAEL DOS SANTOS GOMES

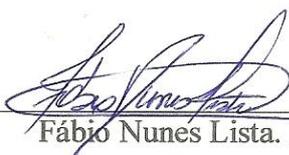
Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências** no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de Concentração em Produção Animal.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 27/02/2012



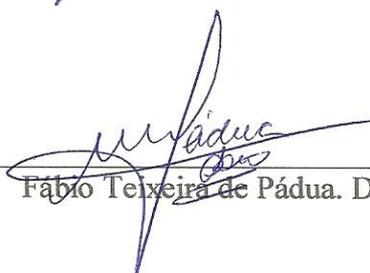
---

João Carlos de Carvalho Almeida. Dr. UFRRJ  
(Orientador)



---

Fábio Nunes Lista. Dr. UNIVASF



---

Fábio Teixeira de Pádua. Dr. IFRJ

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais Amadeu e Sueli.

À minha irmã Tássia e minhas avós Dita (*in memoriam*) e Maria.

À minha namorada Thayná.

Aos meus afilhados Lorena e Luan.

E à todos os meus familiares e amigos.

## AGRADECIMENTOS

À Deus por ter me concedido saúde e condições para a realização deste trabalho.

Aos meus pais Amadeu e Sueli, pelo carinho, apoio e dedicação em todos os momentos da minha vida.

À minha namorada Thayná, pelo carinho e paciência.

À minha irmã Tássia e ao meu cunhado Glauber, por sempre me incentivarem.

Ao meu orientador Dr. João Carlos de Carvalho Almeida, pelo aprendizado, amizade e confiança.

Ao Dr. Jailton da Costa Carneiro, pela atenção, pelo aprendizado e pela recepção em Juiz de Fora.

À Flávio Henrique, Marcos Begnini, Karla Rodrigues e Everton Ribeiro, pela amizade.

Aos Professores João Batista Rodrigues de Abreu e José Bonifácio de Oliveira Xavier de Menezes, pelos primeiros passos na pesquisa, pela atenção e amizade.

Aos Drs. Fábio Lista e Ana Cristina Elyas, pelo aprendizado e apoio.

Aos professores do IZ, em especial aos do PPGZ, pelos ensinamentos transmitidos para minha formação profissional.

Ao Junior, Mengo, Meirinha e Moreira e aos demais funcionários da Embrapa – Gado de Leite, que foram de fundamental importância para a realização deste trabalho.

À Embrapa – Gado de Leite e a UFRRJ pela oportunidade de realização deste trabalho.

Aos membros da banca pela contribuição na elaboração deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo financiamento parcial deste trabalho.

E a todos que não foram citados mas que contribuíram para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

**RAPHAEL DOS SANTOS GOMES**, filho de Amadeu Duarte Gomes e Sueli Pires dos Santos Gomes, nasceu em 31 de dezembro de 1986, na cidade do Rio de Janeiro, RJ.

Concluiu o ensino médio técnico no Colégio Técnico da Universidade Rural, no ano de 2004.

No ano de 2005 ingressou no curso de Zootecnia, na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, concluindo-o no ano de 2009.

Em 2010, iniciou o curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em Seropédica-RJ, submetendo-se à defesa de dissertação em fevereiro de 2012.

## RESUMO

GOMES, Raphael dos Santos. **Uso de polpa cítrica e emurchecimento na ensilagem de capim-elefante**. 2012. 36p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia, Produção Animal). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2012.

Este trabalho foi conduzido na Embrapa - Gado de Leite, localizada em Juiz de Fora, MG. Objetivou-se avaliar o uso de polpa cítrica e do emurchecimento sobre as características fermentativas, a composição química, a estabilidade aeróbia e as perdas de silagens de capim-elefante. O capim-elefante foi colhido manualmente com cerca de 70 dias de rebrota, uma parte foi picada imediatamente e outra foi emurchecida ao sol por 6 horas e posteriormente picado para confecção das silagens. Foram utilizados silos experimentais de PVC com 10 cm de diâmetro e 30 cm de altura, no fundo dos silos foram colocados sacos com areia. A polpa cítrica foi incluída na base de 8% da matéria natural no momento da ensilagem. O material ensilado foi compactado manualmente de forma a proporcionar massa específica de aproximadamente 600kg/m<sup>3</sup> de silagem. No momento da ensilagem foram pesados os silos vazios, os sacos com areia, o material ensilado e os silos cheios. Após 60 dias os silos foram pesados novamente e logo em seguida abertos. Foram calculadas as perdas por gases e efluentes e determinados o pH, o conteúdo de matéria seca, os teores de proteína bruta, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose e lignina, cinzas, nitrogênio amoniacal, digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e a estabilidade aeróbia. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 (emurchecido ou não) x 2 (com polpa cítrica ou não), totalizando 4 tratamentos com 5 repetições, totalizando 20 parcelas. Os tratamentos consistiram em: Tratamento 1- capim sem emurchecimento e sem adição de polpa cítrica; Tratamento 2- capim emurchecido sem adição de polpa cítrica; Tratamento 3- capim sem emurchecimento com adição de 8% de polpa cítrica; Tratamento 4- capim emurchecido com adição de 8% de polpa cítrica. As médias foram comparadas pelo teste SNK a 5%. O uso de polpa cítrica e do emurchecimento reduziram o pH, as perdas por gases e efluentes, os teores de nitrogênio amoniacal valores e aumentaram os conteúdos de matéria seca. O uso da polpa cítrica reduziu os teores de FDN, FDA, celulose, hemicelulose, lignina e cinzas, e aumentou a DIVMS das silagens. O emurchecimento aumentou os teores de FDN, FDA, celulose, hemicelulose e lignina, e reduziu a DIVMS. O uso da polpa cítrica e do emurchecimento aumentam o conteúdo de matéria seca das silagens de capim-elefante. O uso da polpa cítrica reduz o valor pH das silagens de capim-elefante. O uso da polpa cítrica reduzem o teor de nitrogênio amoniacal e as perdas na forma de efluentes e gases das silagens de capim-elefante. O uso da polpa cítrica melhora a composição química e aumenta a digestibilidade *in vitro* da matéria seca das silagens de capim-elefante. Silagens de capim-elefante com o uso de polpa cítrica apresentam menor estabilidade aeróbia.

**Palavras-chave:** aditivo, *Pennisetum purpureum*, umidade

## ABSTRACT

GOMES, Raphael dos Santos. **Citrus pulp and pre-wilting used in elephant grass ensilage.** 2012. 36p. Dissertation (Master Science in animal production) Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2012.

This work was carried out Embrapa- Gado de Leite, located in Juiz de Fora, MG. With this work sought to assess the use of citrus pulp and emurchecimento about a few fermentative characteristics, the chemical composition and aerobic stability of silage losses of elephant grass. The elephant grass was collected manually with approximately 70 days of growth, a portion was immediately bite and another was withered in the Sun by 6:0 and subsequently diced for the production of silage. Experimental silos were used with PVC 10 cm in diameter and 30 cm in height, at the bottom of the silos were placed sand bags. The citrus pulp has been included in 8% of natural area at the time of silage. The ensiled material was manually compressed to provide specific mass of approximately 600kg/m<sup>3</sup> of silage. At the time of silage were weighed empty, silos with sand bags, silage and material silos full. After 60 days the silos were weighed again and shortly thereafter opened. The losses were calculated by gases and effluents and determined the pH, the content of dry matter, crude protein contents in neutral detergent fiber (NDF), in acid detergent fiber (ADF), cellulose, hemicellulose and lignin, ammoniacal nitrogen, ash, in vitro dry matter digestibility of (IVDMD) and the aerobic stability. The experimental design was completely randomized in factorial arrangement 2 (pre-wilted or not) x 2 (with citrus pulp or not), for a total of 4 treatments with 5 repetitions, totaling 20 installments. The treatments consisted of: Treatment 1- grass without pre-wilted and without the addition of citrus pulp; Treatment 2- grass pre-wilted and without the addition of citrus pulp; treatment 3- grass without pre-wilted and with addition of 8% of citrus pulp; Treatment 4- grass pre-wilted with addition of 8% of citrus pulp. The averages were compared by SNK test of 5% probability. The use of citrus pulp and emurchecimento reduced pH, losses due to gases and effluents, ammoniacal nitrogen levels and values have increased levels of dry matter. The use of citrus pulp has reduced the levels of NDF, ADF, cellulose, hemicellulose, lignin and ash, and increased the DIVMS of silages. The emurchecimento increased the levels of NDF, ADF, cellulose, hemicellulose and lignin, and reduced to IVDMD. The use of citrus pulp and emurchecimento increase the dry matter content of grass silages-elephant. The use of citrus pulp reduces the pH of silages of elephant grass. The use of citrus pulp reduces ammoniacal nitrogen content and the losses in the form of gases and effluents of silages of elephant grass. The use of citrus pulp improves the chemical composition and in vitro digestibility increased dry matter silages of elephant grass. Elephant grass silages with the use of citrus pulp have lower aerobic stability.

**Key words:** additive, moisture, *Pennisetum purpureum*

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b>	Composição química, poder tampão e coeficiente de fermentação da polpa cítrica, do capim-elefante, do capim-elefante emurchecido e suas associações. ....	9
<b>Tabela 2.</b>	Perdas por efluentes e por gases em silagens de capim-elefante com uso de polpa cítrica, emurchecimento e suas associações. ....	11
<b>Tabela 3.</b>	Conteúdo de matéria seca (MS) e teores de nitrogênio amoniacal (N-NH <sub>3</sub> /NT) e pH de silagens de capim-elefante com uso de polpa cítrica, emurchecimento e suas associações. ....	12
<b>Tabela 4.</b>	Teores de proteína bruta (PB) das silagens de capim-elefante com o uso de polpa cítrica, emurchecimento e suas associações. ....	13
<b>Tabela 5.</b>	Teores de fibra em detergente neutro (FDN) de silagens de capim-elefante com uso de polpa cítrica, emurchecimento e suas associações. ....	13
<b>Tabela 6.</b>	Teores de fibra em detergente ácido (FDA) de silagens de capim-elefante com uso de polpa cítrica, emurchecimento e suas associações. ....	14
<b>Tabela 7.</b>	Teores de lignina de silagens de capim-elefante com uso de polpa, emurchecimento e suas associações. ....	14
<b>Tabela 8.</b>	Teores de celulose de silagens de capim-elefante com uso de polpa cítrica, emurchecimento e suas associações. ....	15
<b>Tabela 9.</b>	Teores de hemicelulose de silagens de capim-elefante com uso de polpa cítrica, emurchecimento e suas associações. ....	15
<b>Tabela 10.</b>	Teores de cinzas de silagens de capim-elefante com uso de polpa cítrica, emurchecimento e suas associações. ....	16
<b>Tabela 11.</b>	Teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) em relação do nitrogênio total (NT) de silagens de capim-elefante com uso de polpa cítrica, emurchecimento e suas associações. ....	16
<b>Tabela 12.</b>	Teores de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) em relação ao nitrogênio total (NT) de silagens de capim-elefante com uso de polpa cítrica e emurchecimento. ....	17
<b>Tabela 13.</b>	Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) de silagens de capim-elefante com uso de polpa cítrica, emurchecimento e suas associações. ....	17

## LISTA DE ABREVIATURAS

Cel. – celulose  
CHO sol. – carboidratos solúveis  
DIVMS – digestibilidade *in vitro* da matéria seca  
EE – extrato etéreo  
FDA – fibra em detergente ácido  
FDN – fibra em detergente neutro  
Hemi. – hemicelulose  
LIG. – lignina  
MS – matéria seca  
MV – matéria verde  
NIDA – nitrogênio insolúvel em detergente ácido  
NIDN – nitrogênio insolúvel em detergente neutro  
N-NH<sub>3</sub> – nitrogênio amoniacal  
NT – nitrogênio total  
PB – proteína bruta  
PE – perda por efluente  
PG – perda por gás  
PT – poder tampão

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	1
2	REVISÃO DE LITERATURA .....	2
2.1	Ensilagem .....	2
2.2	Fatores Que Afetam o Processo Fermentativo .....	2
2.3	Capim-elefante .....	3
2.4	Emurhecimento .....	4
2.5	Aditivos .....	5
2.6	Perdas Durante o Processo de Fermentação .....	6
2.7	Estabilidade Aeróbia .....	7
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	8
3.1	Caracterização do Local do Experimento .....	8
3.2	Condução do Experimento .....	8
3.3	Avaliações .....	8
3.4	Delineamento Experimental e Análise Estatística .....	10
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	11
4.1	Perdas Ocorridas Durante o Processo de Fermentação .....	11
4.2	Conteúdo de Matéria Seca, Teores de Nitrogênio Amoniacal e pH de Silagens de Capim-elefante .....	11
4.3	Composição Química .....	13
4.4	Estabilidade Aeróbia .....	18
5	CONCLUSÕES .....	19
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	20

## 1 INTRODUÇÃO

Dentre os fatores que afetam a produtividade da pecuária brasileira destaca-se a estacionalidade de produção forrageira, atuando como um gargalo para os sistemas de produção a pasto. As gramíneas possuem alto potencial de produção de matéria seca, sendo que fatores climáticos fazem com que a distribuição desta produção seja irregular, podendo resultar em substanciais perdas por excesso de produção no período de chuvas ou déficit no período seco do ano (ALENCAR *et al.* 2009, BOTREL *et al.* 2002).

Assim, a produção animal baseada em pastagens apresenta ganhos e perdas, acompanhando a produção de forragem, desse modo se faz necessário o uso de métodos para a conservação do excedente de forragem produzida durante a estação chuvosa ao crescimento. Dentre os métodos de conservação de forragem, a ensilagem é amplamente utilizada entre os produtores, por ser relativamente simples de se fazer. Apesar disso muitos fatores afetam a qualidade da silagem produzida, como baixos conteúdos de matéria seca e carboidratos solúveis no momento da ensilagem (SANTOS *et al.*, 2010). Devido as gramíneas tropicais serem perenes e apresentarem uma alta produção de matéria seca no período chuvoso, a ensilagem de seus excedentes de produção seria uma alternativa interessante para os produtores como forma de minimizar a escassez de alimento, no período seco (NUSSIO *et al.*, 2002).

Dentre as gramíneas utilizadas para a produção de silagens, o capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) destaca-se por sua alta produção de massa seca e valor nutritivo. Entretanto, essa gramínea, quando apresenta valor nutritivo adequado, não possuiu conteúdos adequados de matéria seca, de carboidratos solúveis e poder tampão que proporcionem um processo fermentativo eficiente (BERGAMASCHINE *et al.*, 2006).

Nesse sentido, a utilização de técnicas que reduzam a umidade, associadas ou não a técnicas para melhorar o valor nutritivo da silagem, pode constituir-se em tecnologia que melhore o padrão de fermentação das silagens de gramíneas tropicais. Consequentemente produzindo alimento de melhor qualidade para os animais.

Objetivou-se com o presente estudo avaliar o uso de polpa cítrica como aditivo e o emurhecimento da forrageira sobre as características fermentativas, a composição química, a estabilidade aeróbia e as perdas por gases e efluentes de silagens de capim-elefante.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Ensilagem

O principal objetivo da ensilagem é preservar o máximo possível dos nutrientes existentes na planta forrageira para ser usada como alimento, em épocas do ano onde a oferta de alimento volumoso é reduzida ou até mesmo nula (KUNG JUNIOR, 2009).

A ensilagem é um método de conservação de forragem baseado na fermentação anaeróbia com produção de ácido láctico. As bactérias ácido-lácticas epífitas fermentam os carboidratos solúveis em ácido láctico, e em menor quantidade em ácido acético, desta forma, com a produção destes ácidos, o pH do material ensilado diminui e a deterioração por microrganismos é inibida (OUDE ELFERINK *et al.*, 2000).

A atividade aeróbia ocorre normalmente no início do processo, devido à presença de oxigênio, propiciando o desenvolvimento de microrganismos aeróbios, que consomem o oxigênio, mas reduzem as quantidades de carboidratos solúveis oriundos, principalmente, do extravasamento celular (McDONALD *et al.* 1991). A microflora da silagem desempenha um papel fundamental no êxito do processo de conservação. As bactérias homofermentativas caracterizam-se pela taxa de fermentação mais rápida, menor proteólise, maior concentração de ácido láctico, menores teor de ácido acético e butírico, menor teor de etanol, e maior recuperação de matéria seca. Bactérias heterofermentativas utilizam ácido láctico e glicose como substrato para produção de ácido acético e propiônico, os quais são efetivos no controle de fungos, sob baixo pH (ZOPOLLATO *et al.*, 2009).

Para que se tenha uma silagem de boa qualidade existem três fatores muito importantes, o primeiro é a rápida retirada do ar do silo, o segundo é a rápida produção de ácido láctico permitindo a rápida diminuição do pH, e o terceiro é diminuir o contato do ar com a silagem na descarga (KUNG JUNIOR, 2009). Sendo a compactação um fator determinante para a qualidade da silagem, as plantas devem ser picadas em partículas menores (entre 0,5 e 2,5cm) para auxiliar a compactação e a uma rápida eliminação do oxigênio (PEREIRA *et al.*, 2008). Silagens confeccionadas com baixa densidade apresentam maior concentração de oxigênio, que pode aumentar o tempo de queda do pH da silagem. A rápida queda do pH diminui a quebra das proteínas pela inativação enzimática das plantas, da mesma forma inibe o crescimento de microrganismos indesejáveis como enterobactérias e *Clostridium* (KUNG JUNIOR, 2009). O crescimento de clostrídeos é estimulado pela alta temperatura de estocagem, baixo conteúdo de matéria seca, baixo teor de carboidratos solúveis e alto poder tampão. Quando a acidez não é suficiente para prevenir a multiplicação dos clostrídeos, ocorre o que se chama de fermentação secundária, com produção de ácido butírico a partir da glicose e do ácido láctico, além de degradarem proteínas produzindo amônia e outros compostos (McDONALD *et al.* 1991).

A fermentação causada por bactérias do gênero *Clostridium* sp. resulta em aumento na perda de matéria seca, bem como na produção de silagens menos palatáveis. Em alguns casos mais severos, a silagem com fermentação causada por *Clostridium* sp. poderá causar doenças aos animais. Segundo Muck e Shinnars (2001), o pH para interromper o crescimento desses microrganismos varia com o tipo de forrageira e seu conteúdo de matéria seca.

### 2.2 Fatores Que Afetam o Processo Fermentativo

A capacidade de fermentação da planta forrageira refere-se à relação entre o teor de carboidratos solúveis, os teores de umidade e poder tampão presentes (BERGAMASCHINE *et al.* 2006). Para a obtenção de silagens de gramíneas tropicais com boa qualidade e menores percentuais de perdas deve-se, obrigatoriamente, fazer a correção dos teores de carboidratos

solúveis e umidade, uma vez que, essas gramíneas, são caracterizadas por seus baixos teores de carboidratos solúveis e altos teores de umidade (BERGAMASCHINE *et al.*, 2006).

O conteúdo de matéria seca da forragem no momento da ensilagem determina os problemas que podem ser encontrados neste processo. Com conteúdo de matéria seca inferior a 30%, as perdas na silagem por efluente e pela fermentação por *Clostridium* sp. podem ser significativas (LOURES *et al.* 2005, TAVARES *et al.* 2009).

Há uma estreita relação entre o conteúdo de matéria seca do material a ser ensilado e a produção de efluentes e recuperação de matéria seca (ZANINE *et al.* 2006). Loures *et al.* (2003), concluíram que, além do conteúdo de matéria seca da forrageira, a intensidade de compactação está correlacionada com as perdas por efluente. Esses autores verificaram ainda que a silagem de capim-elefante com baixo conteúdo de matéria seca (13% MS) apresentou maior perda de efluentes com a elevação na pressão de compactação da silagem.

Como consequência sendo os efluentes ricos em compostos solúveis (N solúvel, açúcares, produtos da fermentação e minerais) sua perda pode resultar em desbalanço de nutrientes digestíveis, bem como causar danos para o meio ambiente (LOURES *et al.* 2003, LOURES *et al.* 2005). Por outro lado, ao elevar a percentagem de matéria seca da forragem as perdas podem ser por dificuldades na compactação (SCHOCKEN-ITURRINO *et al.*, 2005).

Se a concentração de carboidratos é suficientemente alta, as condições são mais favoráveis para o estabelecimento e crescimento de bactérias homofermentativas, permitindo a conservação da forragem no meio ácido, devido a produção de ácido lático (REIS *et al.*, 2001). Em tal situação, pode-se obter silagens de boa qualidade mesmo com plantas com baixo conteúdo de matéria seca, contudo, a ensilagem de material muito úmido, tem refletido em menor consumo de matéria seca pelos animais, devido aos altos teores de amônia presente (McDONALD *et al.*, 1991). Por outro lado, quando os valores de carboidratos solúveis são baixos, somente se produz silagens de boa qualidade quando o conteúdo de matéria seca é alto (PEREIRA e REIS, 2001).

Apesar de possuir conteúdo de matéria seca baixo, o capim-elefante proporciona silagem considerada de boa qualidade, levando-se em consideração os valores de pH, de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub> / N total) e dos ácidos lático, acético e butírico (FERRARI JÚNIOR *et al.* 2009).

Em relação aos conteúdos de carboidratos solúveis e poder tampão observa-se uma ampla variação em função de espécies e época de colheita. Os teores mínimos de carboidratos solúveis para garantir um adequado processo de fermentação estão na faixa de 8 a 10% da matéria seca (WOOLFORD, 1984, McDONALD *et al.*, 1991).

A quantidade de carboidratos solúveis necessária para obter uma boa fermentação depende do conteúdo de matéria seca e o poder tampão do material. Dos ácidos orgânicos que formam o sistema tampão das plantas, o málico, cítrico e o fosfórico são os mais importantes, mas algumas leguminosas possuem, ainda, grandes quantidades de ácido glicérico e, por isto, o poder tampão destas espécies é mais elevado que o das gramíneas (WHITTENBURY *et al.*, 1967). O poder tampão em plantas forrageiras é definido como a resistência que a massa de forragem apresenta ao abaixamento do pH (JOBIM *et al.*, 2007).

### **2.3 Capim-elefante**

O capim-elefante é uma planta originária da África, intensamente distribuída por regiões tropicais e subtropicais do mundo. É perene, multiplicada através de rizomas ou de porções do colmo. O crescimento inicial é rápido e a planta forma uma touceira volumosa (KISSMANN, 1997). Esta gramínea é cespitosa, pode atingir até 6m de altura, sendo comum 3 a 4m; porém, a maioria de suas variedades, deve ser cortada com 1,3 a 1,8m, ocasião em

que são mais tenras. É comum conseguir 20 a 40 t/ha de massa verde por corte, quando a forrageira apresentar 1,3 a 1,5m de altura (EVANGELISTA e ROCHA, 1997).

Devido ao elevado número de cultivares da espécie, torna-se difícil generalizar seu corte para ensilagem, numa mesma idade. Porém, a relação folha:colmo igual a um é um bom parâmetro balizador, a qual será obtida com a gramínea na faixa dos 70 a 90 dias de rebrota (LAVEZZO, 1994).

Durante o período das chuvas, e quando manejado intensivamente, o capim-elefante pode atingir produções diárias superiores a 200 kg/ha de matéria seca, com teor de proteína bruta em torno de 15% (GOMIDE, 1994). Por outro lado, a estacionalidade da produção de forragem durante o período seco do ano é bastante acentuada, constituindo uma das principais limitações dessa espécie forrageira. Assim, para a maioria das cultivares existentes, somente 10-15% da produção anual de forragem são produzidos durante o período da seca (BOTREL e ALVIM, 1992).

Das forrageiras tropicais, o capim-elefante vem sendo utilizado com grande frequência para produção de silagem, devido à sua alta produtividade (FERREIRA; SILVA; GOMIDE, 1974) e valor nutritivo (ROCHA et al., 2001), quando comparado com as demais espécies.

A utilização de capim-elefante emurhecido por exposição ao sol melhora a composição em carboidratos da silagem (CARVALHO et al., 2007). O emurhecimento normalmente promove melhor processo fermentativo, no entanto, os experimentos não têm verificado vantagens desta prática em melhorar o valor alimentício das silagens. Silagens de capim-elefante emurhecido e não emurhecido apresentam o mesmo potencial de degradação (CARVALHO et al., 2008).

Apesar de favorecer a fermentação das silagens (TAVARES et al., 2009), Ribeiro et al. (2008) não indicam o emurhecimento por aumentar as operações no campo e não ter melhorado o valor nutritivo das silagens. Além disso, as perdas inflacionadas no momento do recolhimento da forragem emurhecida, em decorrência do uso de equipamentos inespecíficos, aliado ao maior custo de mão-de-obra desta prática, torna sua utilização ainda pouco recomendada.

Embora não seja viabilizado em grande escala, o emurhecimento do capim-elefante pela exposição ao sol reduz o teor de umidade da forragem e permite a produção de silagem de valor nutritivo adequado, com valores satisfatórios de DIVMS, proteína bruta e lignina (CARVALHO et al., 2007).

## 2.4 Emurhecimento

A remoção parcial de água da planta, pelo emurhecimento é eficiente em proporcionar condições ideais para o crescimento de bactérias láticas (CARVALHO *et al.* 2008), e assim permitir que o excedente de forragem produzida possa ser armazenado e utilizado na alimentação animal durante o período de escassez, se caracterizando como uma das práticas mais eficientes em aumentar o conteúdo de matéria seca e reduzir a produção de efluentes. Também contribui em elevar a capacidade fermentativa, pois reduz o poder tampão do material ensilado (MURARO *et al.*, 2008).

A ensilagem de gramíneas com elevado teor de umidade favorece as perdas durante as diferentes fases do processo (BERNARDINO *et al.*, 2005) e propicia o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, favorecido pela alta atividade da água, em virtude do excesso de umidade da forragem.

A técnica do emurhecimento possibilita a ensilagem de plantas forrageiras colhidas com baixo conteúdo de matéria seca, em um processo simples, em que as fermentações indesejáveis são facilmente controladas pela diminuição da atividade de água ou elevação da pressão osmótica (McDONALD *et al.*, 1991). Esta prática promove maior concentração de

substrato fermentável, além de contribuir para diminuição de efluentes (SANTOS *et al.*, 2010).

Por outro lado, elevados tempos de emurchecimento podem acarretar em consumo de carboidratos solúveis da forragem, diminuindo a qualidade do material, bem como aumentar o número de fungos e leveduras no material a ser ensilado. A exposição aeróbia da forragem permite que a respiração do tecido vegetal seja estendida, aumentando assim o consumo de carboidratos solúveis e as perdas mecânicas no recolhimento do material no campo (MUCK e SHINNERS, 2001, CABRAL JÚNIOR *et al.*, 2007).

Sendo assim, o emprego da prática de emurchecimento dependerá das características da planta a ser ensilada (diâmetro do colmo, tamanho das folhas) e sua duração dependerá das condições ambientais (umidade relativa do ar, temperatura, presença de ventos).

Balsobre *et al.* (2001), sugeriram que para se obter silagens de capim com qualidade satisfatória e perdas reduzidas, a partir de forragens com baixos teores de carboidratos solúveis e baixos conteúdos de matéria seca, deve-se corrigir essas restrições com a adição de açúcares e promover aumento nos conteúdos de matéria seca, acelerando assim a fermentação inicial para que o pH apresente declínio mais acelerado.

No processo fermentativo, esta prática leva à produção de silagens com pH acima daquele preconizado como ideal (3,8-4,2) (McDONALD *et al.*, 1991), reduz a concentração de amônia, devido a menor atividade de bactérias do gênero *Clostridium* que são sensíveis à pressão osmótica, e diminui os teores de ácidos butírico, acético e láctico das silagens, indicando que a menor umidade no material restringe o desenvolvimento microbiano (WOOLFORD, 1984, NUSSIO *et al.*, 2001; SCHOCKEN-ITURRINO *et al.*, 2005).

O ideal para o processo de ensilagem é que a forragem apresente conteúdos de matéria seca entre 35 e 45%, sendo que entre conteúdos de 40 a 45% é recomendável que a forragem seja picada em partículas menores, a fim de se conseguir melhor compactação (PEREIRA e REIS, 2001). Adicionalmente, o alto conteúdo de MS pode comprometer a compactação e a massa específica da silagem, permitindo o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, como a *Listeria sp.* (SCHOCKEN-ITURRINO *et al.*, 2005).

O emurchecimento da forragem a conteúdos de matéria seca superiores a 55% reduz a atividade da água, restringindo o crescimento de bactérias e, conseqüentemente, reduzindo a intensidade de fermentação, resultando em maior estabilidade aeróbia das silagens produzidas (CASTRO *et al.*, 2006).

## 2.5 Aditivos

Aditivos de silagens são aqueles produtos que podem ser adicionadas às forragens ensiladas para melhorar a fermentação ou reduzir perdas, podendo ser classificados em inibidores e estimuladores de fermentação (WOOLFORD, 1984). Segundo VILELA (1984), os aditivos podem desempenhar diferentes funções: 1) Estimular a fermentação pelo fornecimento adicional de carboidratos; 2) Prevenir ou inibir com eficiência a fermentação secundária; 3) Controlar a fermentação a propiciar condições que favoreçam a atividade de microrganismos desejáveis (*Lactobacillus*) e iniba a atividade dos não desejáveis (*Clostridium*); 4) Elevar o conteúdo de nutrientes da silagem; 5) Promover o efeito associativo destas funções.

A inclusão de aditivos para melhorar as características fermentativas é uma prática comum que visa à diminuição dos teores de umidade e o aumento dos teores de carboidratos solúveis e das populações microbianas, (FERRARI JÚNIOR *et al.* 2009, REZENDE *et al.* 2008, PENTEADO *et al.* 2007). Um bom aditivo deve possuir as seguintes características: alto conteúdo de matéria seca, alta capacidade de retenção de água, boa palatabilidade, além de fornecer carboidratos para fermentação, como também ser de fácil manipulação, baixo

custo e fácil aquisição (BERGAMASCHINE et al., 2006), além de não oferecer riscos ao trabalhador.

A adição de um produto com alto conteúdo de matéria seca funciona como aditivo absorvente, elevando o conteúdo de matéria seca do material ensilado, o que torna o ambiente menos favorável para o desenvolvimento das leveduras e contribui para menores perdas de efluentes. Aditivos para elevar os teores de carboidratos solúveis também são utilizados como forma de melhorar o substrato para fermentação (SANTOS et al., 2010).

### 2.5.1 Polpa cítrica

A adoção de técnicas que reduzam a atividade de água (pré-emurchecimento), bem como o uso de aditivos que promovam a redução de água e a elevação no teor de açúcares na massa ensilada, geralmente reduzem as perdas resultantes de fermentações indesejáveis. Diversos materiais (grãos de cereais, polpa cítrica etc.) podem ser utilizados para elevar a concentração de açúcares solúveis e o conteúdo de matéria seca (BERNADINO et al. 2005, RODRIGUES et al. 2005, LOPES et al. 2007, CANDIDO et al. 2007).

A polpa cítrica é muito absorvente, chegando a elevar seu peso em até 145% quando em contato com forrageiras úmidas, preservando nutrientes que seriam perdidos pela fermentação secundária ou na forma de efluentes (RIBEIRO et al., 2009).

Com objetivo de avaliar o efeito da umidade, a adição de substratos fermentáveis, a redução no tamanho da partícula e a adição de inoculante bacteriano, sob o controle de perdas na silagem, Igarasi (2002) verificou que a adição de polpa cítrica promoveu aumento na recuperação de matéria seca, maior densidade energética à silagem e melhor perfil fermentativo.

A adição de polpa cítrica peletizada reduziu a produção de efluentes, promoveu aumento nos conteúdos de matéria seca e reduziu os valores de pH e de nitrogênio amoniacal de silagens de capins tropicais, diminuindo a incidência de enterobactérias e clostrídeos nas silagens (COAN et al., 2007, TAVARES et al., 2009).

Rodrigues et al. (2005), concluíram que inclusões de 4,7 a 7,6% de polpa cítrica peletizada, com base na matéria natural, foram suficientes para melhorar a qualidade de fermentação e o valor nutritivo de silagens de capim-elefante. Os autores observaram elevação nos conteúdos de matéria seca, carboidratos solúveis e digestibilidade *in vitro* da matéria seca a medida que se aumentava os níveis de polpa cítrica.

Ferrari Júnior et al. (2009), recomendam o uso de até 10% de polpa cítrica, pois foi eficiente em aumentar o conteúdo de matéria seca proporcionando silagens de capim-elefante com padrão de fermentação mais adequado. Segundo Bergamaschine et al. (2006) os melhores resultados são obtidos com níveis entre 4 e 15% da MS que devem ser misturados ao capim-elefante na ensilagem.

O tipo de aditivo absorvente a ser utilizado na ensilagem dependerá das características do material a ser ensilado, da disponibilidade e custo do aditivo, conforme a região. Porém, fica evidente que quando o aditivo absorvente é utilizado em quantidades adequadas é capaz de proporcionar a elevação do conteúdo de matéria seca do material ensilado e promover ambiente menos favorável para o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, contribuindo também para menores perdas por efluentes (SANTOS et al., 2010).

## 2.6 Perdas Durante o Processo de Fermentação

Segundo Balsalobre et al (2001), na ensilagem de gramíneas tropicais, devido as características da planta e do manejo de produção imposto a essa forragem, cria-se um ambiente propício para o desenvolvimento de Clostrídeos, resultando em fermentação indesejável, sendo a principal fonte na perdas por produção de gases.

As perdas por gases estão associadas ao tipo de fermentação ocorrida na ensilagem (TAVARES et al., 2009). Quando a fermentação ocorre via bactérias homofermentativas, utilizando a glicose como substrato para produzir lactato, as perdas de matéria seca são menores. Quando ocorre a produção de álcool, há aumento considerável de perdas por gases e esse tipo de fermentação é promovido por bactérias heterofermentativas, enterobactérias e leveduras.

Outra forma de perda de valor nutritivo da silagem é através da produção de efluente, que esta diretamente relacionada ao conteúdo de matéria seca do material ensilado, ao tipo de silo, ao grau de compactação e ao processamento físico da forragem (IGARASI, 2002). Em forrageiras ensiladas com baixo conteúdo de matéria seca, as perdas de matéria seca por efluente podem exceder 10%, sendo que em conteúdos de matéria seca em torno de 30%, a produção de efluente pode ser pouco significativa (HAIGH, 1999).

Zanine et al., (2007) encontraram em silagens de capim-elefante 2,15% de perda de matéria seca na forma de gases. Andrade et al., (2010) encontraram em silagens de capim-elefante perdas de 145,9 kg/t de MV por efluentes e 6,1% da MS por gases.

## 2.7 Estabilidade Aeróbia

A deterioração aeróbia, fenômeno decorrente da penetração de ar no silo, é um dos principais entraves no processo de produção de silagens (BERNARDES *et al.*, 2007). A estabilidade aeróbia da silagem pode ser conceituada como a resistência da massa de forragem a deterioração após a abertura do silo, ou seja, a velocidade com que a massa deteriora após exposta ao ar (JOBIM *et al.*, 2007). O rompimento da estabilidade aeróbia da silagem é medido pela elevação da temperatura da silagem 2° C acima da temperatura ambiente (KUNG JUNIOR *et al.*, 2000).

A estabilidade da silagem é determinada pela oxidação de substrato que ocorre após a abertura do silo. Portanto, a concentração de oxigênio e a profundidade que o ar penetra no silo são fatores preponderantes (JOBIM *et al.*, 2007).

A atividade dos microrganismos que decompõem a silagem será mais intensa, quanto melhor for a qualidade da silagem, em função dos maiores teores de carboidratos solúveis e de ácido lático residuais (REIS e MOREIRA, 2001). Os principais substratos utilizados são o ácido lático, o etanol e os açúcares solúveis, resultando em elevação do pH e redução na digestibilidade e no conteúdo de energia (MUCK e SHINNES, 2001). Velho *et al.* (2006) observaram que os crescentes tempos de exposição ao ar após abertura dos silos (12, 24 e 36 horas) diminuiriam o valor nutricional da silagem de milho por meio de significativos aumentos nas proporções de fibra em detergente neutro e de lignina, com diminuição dos carboidratos não estruturais.

O aumento do pH após a exposição da silagem ao ar, queda no teor de carboidratos solúveis e baixa concentração de ácido lático são importantes indicadores da deterioração da massa. Mas em condições de campo, a deterioração da silagem pode ser facilmente identificada pela elevação da temperatura no painel do silo (JOBIM *et al.*, 2007).

Durante a utilização da silagem é inevitável a exposição do painel do silo ao O<sub>2</sub>, com conseqüente crescimento de microrganismos aeróbios e perda de componentes nutritivos da silagem, levando pesquisadores a concentrarem pesquisas com esse enfoque (JOBIM *et al.* 2007, GUIM *et al.*, 2002, BERNARDES *et al.*, 2007).

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Caracterização do Local do Experimento

O capim-elefante utilizado para a confecção das silagens foi colhido em uma área de capim-elefante cv. Taiwan A-146, durante o período de janeiro de 2010 a março de 2010, no Campo Agrostológico do Instituto de Zootecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, localizada em Seropédica, RJ, situado a uma latitude sul de 22° 46' 25" e 43° 41' 15" de longitude oeste, com altitude de 36 metros. A precipitação média anual é de 1285mm. O clima da região é caracterizado como quente e úmido na estação chuvosa (outubro/março), porém sem invernos pronunciados durante a estação seca (abril/setembro). Este tipo climático, embora não corresponda exatamente ao clima de savanas, se enquadra no tipo Aw da classificação de Köppen (MARTORANO *et al.*, 1997). Logo após a confecção das silagens, os silos foram levados para o Campo Experimental de Coronel Pacheco, MG, pertencente a Embrapa – Gado de Leite, onde foram realizadas as análises laboratoriais.

### 3.2 Condução do Experimento

Foi realizado um corte de uniformização na área e após o corte uma adubação de cobertura com 100 Kg/ha de N e K<sub>2</sub>O. O capim-elefante foi colhido quando atingiu 1,8m de altura, aos 70 dias de rebrota. Foi cortado manualmente com auxílio de um facão a 20 cm do solo. Uma parte foi imediatamente picada, a outra foi emurhecida ao sol no campo sobre uma lona por seis horas para posterior picagem e ensilagem.

Foram utilizados silos experimentais de PVC com 10 cm de diâmetro e 30 cm de altura, providos de válvula do tipo Bunsen na tampa, no fundo dos silos foram colocados sacos de TNT vedados com costura contendo 0,5 Kg de areia seca em estufa a 65° C por 72 horas para a coleta dos efluentes.

A polpa cítrica, caracterizada na tabela 1, foi misturada de forma homogênea ao capim-elefante na base de 8% da matéria natural no momento da ensilagem.

O material ensilado foi compactado manualmente de forma a proporcionar massa específica de aproximadamente 600 kg/m<sup>3</sup> de silagem.

### 3.3 Avaliações

Os silos foram pesados cheios e vazios, assim como a forragem acondicionada e os sacos de TNT com areia, no momento da ensilagem.

Após 60 dias, os silos foram pesados novamente, para medir a perda por gás, e logo em seguida abertos. O saco de areia foi pesado após a abertura para medir a perdas por efluentes.

Foram retiradas amostras do capim-elefante e da polpa cítrica antes da ensilagem, assim como amostras das silagens no momento da abertura.

Nas amostras do capim-elefante uma parte foi pesada e seca em estufa de ventilação forçada a 55 °C e triturada a 1,0 mm em moinho do tipo Willey, para a realização das análises bromatológicas, quantificação de carboidratos solúveis (CHO sol.), conforme método descrito por Valadares Filho (1997) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca, segundo Tilley e Terry (1963). Outra parte foi congelada para determinação do poder tampão de acordo com a técnica descrita por Playne e McDonald (1966). Foram pesadas de 15 a 20 g do material fresco, efetuando-se a maceração em liquidificador com 250 mL de água destilada. O macerado foi titulado primeiramente para pH 3,0 com HCl 0,1N para liberar bicarbonatos e CO<sub>2</sub> e, então, titulado para pH 6,0 com NaOH 0,1N. O poder tampão foi expressa como

equivalente miligrama (e.mg) de álcali requerido para mudar o pH de 4,0 para 6,0 por 100 g de matéria seca, após correção para o valor da titulação de 250 mL de água.

Nas amostras da silagem, uma parte foi pesada e seca em estufa de ventilação forçada a 55 °C e triturada em moinho do tipo Willey a 1,0 mm, para a realização das análises bromatológicas. De outra parte foi extraído o suco, com o uso de uma prensa hidráulica, para a leitura do pH e análise do nitrogênio amoniacal.

Na avaliação da estabilidade aeróbia todo o conteúdo de silagem restante foi acondicionado em potes plásticos de 3L de capacidade, onde permaneceu por nove dias. Essas amostras foram mantidas em sala fechada e a temperatura de cada amostra foi monitorada diariamente. Para isso, um termômetro de mercúrio foi inserido na massa ensilada, em profundidade de 10 cm, durante 2 minutos, para tomada de temperatura duas vezes ao dia (as 8 e 17 h), da mesma forma a temperatura ambiente foi medida com o auxílio de um termômetro localizado próximo aos baldes. A estabilidade aeróbia foi calculada de acordo com o tempo, em horas, para que as silagens, após a abertura do silo, apresentassem temperatura 2°C mais elevada que a temperatura ambiente (KUNG JUNIOR *et al.*, 2000).

Foram analisados o conteúdo matéria seca (MS) e o teor de proteína bruta (PB), conforme métodos recomendados pela AOAC (1990); e fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), segundo técnicas descritas por Silva e Queiroz (2002). Os teores de hemicelulose foram obtidos pela diferença entre FDN e FDA, além das frações de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), Silva e Queiroz (2002).

E digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi obtida pela técnica de dois estágios, segundo Tilley e Terry (1963).

Na tabela 1 estão apresentados os dados de composição bromatológica e matéria seca presentes nos tratamentos e na polpa cítrica.

**Tabela 1.** Composição química, poder tampão e coeficiente de fermentação da polpa cítrica, do capim-elefante, do capim-elefante emurchecido e suas associações.

Parâmetros	Polpa cítrica	Capim-elefante	Capim emurchecido	Capim + polpa cítrica	Capim emurch.+ polpa cítrica
MS %	84,93	13,34	16,77	17,26	21,96
PB %	7,06	11,3	10,47	11,55	10,81
FDN %	25,97	72,97	68,41	70,18	67,26
FDA %	18,79	44,19	41,84	42,31	40,54
Hemi. %	7,18	28,78	26,57	27,87	26,72
Cel. %	13,9	36,32	31,73	34,24	33,51
Lignina %	7,14	6,21	6,78	7,64	6,64
NIDN	36,30	41,48	40,00	47,62	45,68
NIDA	19,48	7,74	8,36	9,20	9,25
Cinzas %	1,76	2,28	2,15	2,21	2,17
EE%	1,4	0,88	0,82	2,56	1,03
CHO sol.	27,67	19,56	19,22	20,64	20,15
PT	-	22,95	23,01	23,94	21,85

MS – matéria seca, PB- proteína bruta, FDN – Fibra detergente neutro, FDA – Fibra detergente ácido, Hemi. – Hemicelulose; Cel. – celulose; NIDN- nitrogênio em fibra detergente neutro em relação ao nitrogênio total, NIDA- nitrogênio em fibra detergente ácido em relação ao nitrogênio total, EE – extrato etéreo; CHO sol- Carboidratos solúveis (% MS), PT- Poder Tampão (mEqHCl/ 100g MS).

As perdas de matéria seca por gases e efluentes foram quantificadas através da diferença de peso. Pela fórmula a seguir foi calculada a perda na forma de gases (MARI, 2003):

$$PG = [(PSf - PSa)/(MFf \times MSf)] \times 100$$

Onde: PG = perda de gases durante o armazenamento (% da MS inicial); PSf = peso do silo na ensilagem; PSa = peso do silo na abertura; MFf = massa de forragem na ensilagem; MSf = conteúdo de MS da forragem na ensilagem.

A perda de matéria seca por efluentes foi calculada pela seguinte fórmula (SCHIMIT, 2006):

$$PE = (Pab - Pen)/(MVfe) \times 1000$$

Onde : PE = Produção de efluente (kg/t de massa verde); Pab = Peso do conjunto (silo+areia+pano+tela) na abertura (kg); Pen = Peso do conjunto (silo+areia+pano +tela) na ensilagem (kg); MVfe = Massa verde (MV) de forragem ensilada (kg).

### 3.4 Delineamento Experimental e Análise Estatística

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 (emurhecido ou não) x 2 (com polpa cítrica ou não), totalizando 4 tratamentos com 5 repetições, totalizando 20 parcelas, as médias foram comparadas pelo teste Student-Newman-Keus (SNK), a 5% probabilidade. Os resultados obtidos foram analisados com auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008).

Tratamento 1 - Controle - capim sem emurhecimento e sem adição de polpa cítrica;

Tratamento 2 - capim emurhecido sem adição de polpa cítrica;

Tratamento 3 - capim sem emurhecimento com adição de 8% de polpa cítrica;

Tratamento 4 - capim emurhecido com adição de 8% de polpa cítrica.

O modelo estatístico utilizado foi:  $y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \tau_j + \alpha\tau_{ij} + \varepsilon_{ijk}$

Onde:

$y_{ijk}$ : é o valor observado na parcela experimental que recebeu o nível  $i$  do fator  $\alpha$  e o nível  $j$  do fator  $\tau$  na repetição  $k$ ;

$\mu$ : representa a média geral;

$\alpha_i$ : é o efeito do nível  $i$  do fator  $\alpha$  ( $i= 1, 2, \dots, a$ );

$\tau_j$ : é o efeito do nível  $j$  do fator  $\tau$  ( $j= 1, 2, \dots, g$ );

$\alpha\tau_{ij}$ : é o efeito da interação entre o nível  $i$  do fator  $\alpha$  e o nível  $j$  do fator  $\tau$  ;

$\varepsilon_{ijk}$ : é o erro experimental.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Perdas Ocorridas Durante o Processo de Fermentação

A interação entre a polpa cítrica e o emurchecimento foi significativa ( $p < 0,05$ ) apenas para a perda na forma de efluentes (Tabela 2). Tanto o uso da polpa cítrica como o emurchecimento foram eficientes em reduzir ( $p < 0,05$ ) a perda na forma de efluentes, as silagens de capim-elefante sem tratamento apresentaram a maior perda (105,87 kg/t massa verde (MV)) na forma de efluentes e as silagens com os dois tratamentos associados apresentaram a menor (10,37kg/t MV) perda por efluentes. A produção de efluentes foi reduzida a medida que se aumentou o conteúdo de matéria seca das silagens. Houve uma redução de 42,39%, 67,09% e 90,2% na produção de efluentes com o uso do emurchecimento (16,32%MS), polpa cítrica (20,43%MS) e os dois tratamentos juntos (22,63%MS), respectivamente. Loures *et al.* 2005, indicam que com conteúdos de matéria seca abaixo de 30% as perdas por efluentes podem ser significativas. Rezende et al. (2008) observaram perdas por efluentes de 24,89 kg/t de MV em silagens de capim-elefante com 23,76% de MS.

**Tabela 2.** Perdas por efluentes e por gases em silagens de capim-elefante com uso de polpa cítrica, emurchecimento e suas associações.

	POLPA CÍTRICA	EMURCHECIMENTO		MÉDIA	CV (%)
		SEM	COM		
Perdas por efluentes (kg/t MV)	SEM	105,87aA	56,99aB	81,43a	20,84
	COM	34,88bA	10,37bB	22,62b	
	MÉDIA	70,37A	33,68B		
Perdas por gases (% MS)	SEM	8,49	6,33	7,41a	19,80
	COM	5,89	3,18	4,53b	
	MÉDIA	7,19A	4,75B		

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha, não diferem pelo teste SNK ( $P < 0,05$ ).

As perdas por gases foram reduzidas ( $p < 0,05$ ) com o uso de polpa cítrica e do emurchecimento, a interação entre os tratamentos não foi significativa ( $p > 0,05$ ). Estes dados indicam que o uso do emurchecimento e a adição de polpa cítrica proporcionaram melhor processo fermentativo pela redução da umidade do material ensilado e no caso das silagens com polpa cítrica maior quantidade de carboidratos solúveis. As perdas por gases foram maiores que as encontradas por Rezende *et al.* (2008) em silagens de capim-elefante sem (1,08% MS) e com 7% de polpa cítrica (2,55% MS). No entanto os conteúdos de matéria seca das silagens encontrados pelos autores foram maiores (23,76% de MS sem polpa cítrica e 26,92% de MS com polpa cítrica).

### 4.2 Conteúdo de Matéria Seca, Teores de Nitrogênio Amoniacal e pH de Silagens de Capim-elefante

A interação entre os tratamentos foi significativa ( $p < 0,05$ ) apenas para os teores de nitrogênio amoniacal em função do nitrogênio total ( $N-NH_3/NT$ ) (Tabela 3). O conteúdo de matéria seca (MS) das silagens de capim-elefante foi reduzido ( $p < 0,05$ ) tanto pelo emurchecimento como pela polpa cítrica. O uso da polpa cítrica aumentou em 6,21 pontos percentuais o conteúdo de matéria seca em relação a silagem controle, em função de seu elevado conteúdo de matéria seca. Enquanto o emurchecimento aumentou em 2,2 pontos percentuais o conteúdo de matéria seca em relação a silagem controle, indicando que para a

condição que o capim elefante se encontrava o tempo de emurhecimento pode ter sido insuficiente. Apesar do conteúdo de matéria seca ter sido aumentado em ambos os tratamentos, estes foram inferiores a 25%, sugerido por Haigh (1999), para a mínima formação de efluente. E abaixo de 30%, para propiciar um adequado processo fermentativo (McDONALD *et al.*, 1991).

**Tabela 3.** Conteúdo de matéria seca (MS), teores de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>/NT) e pH de silagens de capim-elefante com uso de polpa cítrica, emurhecimento e suas associações.

	POLPA CÍTRICA	EMURCIMENTO		MÉDIA	CV (%)
		SEM	COM		
MS	SEM	14,22	16,32	15,26b	4,08
	COM	20,43	22,63	21,53a	
	MÉDIA	17,32B	19,48A		
pH	SEM	4,86	4,14	4,5a	11,76
	COM	3,76	3,72	3,75b	
	MÉDIA	4,31A	3,93A		
(N-NH <sub>3</sub> /NT)	SEM	35,25aA	14,03aB	24,64a	37,78
	COM	9,62bA	7,86aA	8,74b	
	MÉDIA	22,43A	10,95B		

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha, não diferem pelo teste SNK (P<0,05).

Apenas a polpa cítrica teve efeito (p<0,05) sobre os valores de pH. O uso de polpa cítrica reduziu (p<0,05) o valor de pH de 4,5 para 3,75, indicando melhor processo fermentativo, que pode ser explicado pela maior concentração de substrato fermentável. Ferrari Junior *et al.* (2009), observaram a diminuição dos valores de pH com a inclusão de 5% de polpa cítrica, no entanto Rodrigues *et al.* (2005), avaliaram a inclusão de níveis crescentes de polpa cítrica na ensilagem de capim-elefante e não observaram efeito dos níveis de polpa cítrica sobre os valores de pH. As silagens emurçadas apresentaram pH dentro do recomendado (<4,2) (McDONALD *et al.*, 1991).

A interação entre polpa cítrica e emurhecimento foi significativa (p<0,05) para os teores de N-NH<sub>3</sub>/NT. Em silagens sem o uso da polpa cítrica, o emurhecimento reduziu (p<0,05) os teores de N-NH<sub>3</sub>/NT, de 35,25% nas silagens controle para 14,03% nas silagens com emurhecimento. Nas silagens confeccionadas sem emurhecimento o uso de polpa cítrica reduziu (p<0,05) os teores de N-NH<sub>3</sub>/NT, de 35,25% nas silagens sem polpa cítrica para 9,62% nas silagens com polpa cítrica. As silagens de capim-elefante confeccionadas com polpa cítrica apresentaram teores de N-NH<sub>3</sub>/NT abaixo de 10% do nitrogênio total, indicando que o processo de fermentação não resultou em quebra excessiva de proteína em amônia (VAN SOEST, 1994).

No entanto o teor de N-NH<sub>3</sub>/NT encontrado na silagem controle (35,25%) acima de 15%, indica que ocorreu intenso processo de proteólise. Desta forma, essas silagens podem apresentar problemas de baixa aceitabilidade pelos animais, resultando em baixo consumo (FARIA *et al.*, 2007). Os valores de N-NH<sub>3</sub>/NT encontrados na silagem de capim-elefante emurçado foram semelhantes aos encontrados por Tosi *et al.* (1999), que foi de 16,5% em silagem de capim-elefante emurçado.

### 4.3 Composição Química

Na Tabela 4 estão descritos os teores de proteína bruta (PB) das silagens de capim-elefante confeccionadas com o uso de polpa cítrica e do emurchecimento.

**Tabela 4.** Teores de proteína bruta (PB) das silagens de capim-elefante com o uso de polpa cítrica, emurchecimento e suas associações.

POLPA CÍTRICA	EMURCHECIMENTO		MÉDIA	CV (%)
	SEM	COM		
SEM	9,52aA	9,24aA	9,39a	6,59
COM	9,76aA	8,3bB	9,03a	
MÉDIA	9,64A	8,78B		

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha, não diferem pelo teste SNK ( $P < 0,05$ ).

A interação entre a polpa cítrica e o emurchecimento foi significativa ( $p < 0,05$ ) para os teores de proteína bruta. Os teores de proteína bruta diferiram apenas nas silagens de capim-elefante emurchecido confeccionadas com polpa cítrica, apresentando valor inferior (8,3%) aos dos demais tratamentos. Segundo Guim *et al.* (2002), isto pode ter ocorrido pela conversão de nitrato, presente no capim ensilado, em proteína microbiana. Os valores encontrados foram superiores aos encontrados por Rezende *et al.* (2007), estudando silagens de capim elefante sem e com 7% de polpa cítrica. Os valores obtidos (8,3 a 9,52%) são superiores aos 7% de proteína bruta para o bom funcionamento ruminal (SILVA e LEÃO, 1979).

Na Tabela 5 estão descritos os teores de fibra em detergente neutro (FDN) das silagens de capim-elefante confeccionadas com o uso de polpa cítrica e do emurchecimento.

**Tabela 5.** Teores de fibra em detergente neutro (FDN) de silagens de capim-elefante com uso de polpa cítrica, emurchecimento e suas associações.

POLPA CÍTRICA	EMURCHECIMENTO		MÉDIA	CV (%)
	SEM	COM		
SEM	70,1aA	70,29aA	70,2a	2,51
COM	55,25bB	58,57bA	56,91b	
MÉDIA	62,67B	64,43A		

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha, não diferem pelo teste SNK ( $P < 0,05$ ).

A interação entre a polpa cítrica e o emurchecimento foi significativa ( $p < 0,05$ ) para os teores de FDN. A adição de polpa cítrica reduziu ( $p < 0,05$ ) os teores de FDN das silagens de capim-elefante, que pode ser justificado pelo baixo conteúdo de FDN deste aditivo (25,97%) em comparação ao do capim-elefante (72,97%), resultados semelhantes aos encontrados por Ferrari Junior *et al.* (2009), estudando a inclusão de diversos aditivos na ensilagem de capim-elefante. O emurchecimento teve efeito ( $p < 0,05$ ) apenas nas silagens confeccionadas com polpa cítrica, onde as silagens emurchecidas apresentaram teores maiores de FDN (58,57%) do que as silagens confeccionadas sem emurchecimento (55,25%). Resultado contrário ao encontrado por Carvalho *et al.* (2007), que encontraram teores de FDN menores nas silagens de capim-elefante emurchecido. No entanto, teores de FDN maiores são esperados em forragens emurchecidas, pois com a exposição ao sol compostos solúveis são perdidos (EVANGELISTA *et al.*, 2000). As silagens confeccionadas com polpa cítrica apresentaram

teores de FDN abaixo de 60%, limite de FDN que não afeta o consumo por ruminantes (VAN SOEST, 1994).

Na Tabela 6 estão descritos os teores de fibra em detergente ácido (FDA) das silagens de capim-elefante confeccionadas com o uso de polpa cítrica e do emurchecimento.

**Tabela 6.** Teores de fibra em detergente ácido (FDA) de silagens de capim-elefante com uso de polpa cítrica, emurchecimento e suas associações.

POLPA CÍTRICA	EMURCHECIMENTO		MÉDIA	CV (%)
	SEM	COM		
SEM	43,58aA	43,38aA	43,48a	2,82
COM	34,64bB	37,10bA	35,91b	
MÉDIA	39,11B	40,28A		

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha, não diferem pelo teste SNK ( $P < 0,05$ ).

A interação entre a polpa cítrica e o emurchecimento foi significativa ( $p < 0,05$ ) para os teores de FDA. Os teores de FDA apresentaram comportamento semelhante aos dos teores de FDN. O uso da polpa cítrica reduziu ( $p < 0,05$ ) os teores de FDA. Esta diminuição é atribuída ao menor teor de fibra da polpa cítrica em relação ao capim elefante, ocorrendo diluição da fração fibrosa da silagem como um todo. O emurchecimento aumentou ( $p < 0,05$ ) os teores de FDA apenas nas silagens confeccionadas com polpa cítrica. Tosi *et al.* (1999), não encontraram diferença significativa nos teores de FDA de silagens de capim-elefante sem emurchecimento ou emurchecido por 12 horas.

Na Tabela 7 estão descritos os teores de lignina das silagens de capim-elefante confeccionadas com o uso de polpa cítrica e do emurchecimento.

**Tabela 7.** Teores de lignina de silagens de capim-elefante com uso de polpa, emurchecimento e suas associações.

POLPA CÍTRICA	EMURCHECIMENTO		MÉDIA	CV (%)
	SEM	COM		
SEM	4,62	5,54	5,08a	5,84
COM	4,14	5,19	4,66b	
MÉDIA	4,38B	5,36A		

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha, não diferem pelo teste SNK ( $P < 0,05$ ).

Os teores de lignina foram afetados pelo uso da polpa cítrica e pelo emurchecimento. As silagens de capim-elefante confeccionadas com polpa cítrica apresentaram menores ( $p < 0,05$ ) teores de lignina, devido ao efeito de diluição provocado pela polpa cítrica. E o emurchecimento aumentou ( $p < 0,05$ ) os teores de lignina. Carvalho *et al.* (2007), não encontraram diferença nos teores de lignina de silagens de capim-elefante com ou sem emurchecimento. Segundo Van Soest (1994), a lignina é o fator que mais limita a disponibilidade da parede celular da planta aos animais herbívoros nos sistemas de digestão anaeróbios, sendo considerada um fator antinutricional (FARIA *et al.*, 2007). Os valores encontrados neste trabalho foram inferiores aos obtidos por Rodrigues *et al.* (2005), estudando silagens de capim-elefante com inclusão de polpa cítrica.

Na Tabela 8 estão descritos os teores de celulose das silagens de capim-elefante confeccionadas com o uso de polpa cítrica e do emurchecimento.

**Tabela 8.** Teores de celulose de silagens de capim-elefante com uso de polpa cítrica, emurchecimento e suas associações.

POLPA CÍTRICA	EMURCHECIMENTO		MÉDIA	CV (%)
	SEM	COM		
SEM	37,61aA	37,13aA	37,37a	2,67
COM	29,76bB	31,41bA	30,58b	
MÉDIA	33,68A	34,27A		

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha, não diferem pelo teste SNK ( $P < 0,05$ ).

A interação entre a polpa cítrica e o emurchecimento foi significativa ( $p < 0,05$ ) para os teores de celulose. Os teores de celulose foram influenciados pela polpa cítrica e pela interação entre o emurchecimento e polpa cítrica. Silagens confeccionadas com polpa cítrica apresentaram menores teores de celulose, conforme resultados obtidos por Ferrari Junior *et al.* (2009). Em silagens confeccionadas com polpa cítrica o emurchecimento aumentou os teores de celulose. Carvalho *et al.* (2007), encontraram teores menores de celulose em silagens de capim-elefante emurchecido em relação as silagens sem emurchecimento.

Na Tabela 9 estão descritos os teores de hemicelulose das silagens de capim-elefante confeccionadas com o uso de polpa cítrica e do emurchecimento.

**Tabela 9.** Teores de hemicelulose de silagens de capim-elefante com uso de polpa cítrica, emurchecimento e suas associações.

POLPA CÍTRICA	EMURCHECIMENTO		MÉDIA	CV (%)
	SEM	COM		
SEM	26,52	26,91	26,71a	3,28
COM	20,61	21,38	20,99b	
MÉDIA	23,57A	24,15A		

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha, não diferem pelo teste SNK ( $P < 0,05$ ).

Apenas a polpa cítrica influenciou os teores de hemicelulose. As silagens de capim-elefante confeccionadas com o uso de polpa cítrica tiveram seus teores de hemicelulose reduzidos ( $p < 0,05$ ). Carvalho *et al.* (2007), também não observaram efeito do emurchecimento sobre os teores de hemicelulose de silagens de capim-elefante emurchecido. Os teores de hemicelulose da silagem de capim-elefante foram semelhantes aos encontrados por Pereira *et al.* (1999) e Souza *et al.* (2003).

Na Tabela 10 estão descritos os teores de cinzas das silagens de capim-elefante confeccionadas com o uso de polpa cítrica e do emurchecimento.

**Tabela 10.** Teores de cinzas de silagens de capim-elefante com uso de polpa cítrica, emurchecimento e suas associações.

POLPA CÍTRICA	EMURCHECIMENTO		MÉDIA	CV (%)
	SEM	COM		
SEM	2,85	2,37	2,60a	15,59
COM	2,26	2,12	2,19b	
MÉDIA	2,55A	2,24A		

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha, não diferem pelo teste SNK ( $P < 0,05$ ).

Os teores de cinzas foram reduzidos ( $p < 0,05$ ) pela inclusão da polpa cítrica em silagens de capim-elefante, resultado contrário ao encontrado por Ferrari Junior *et al.* (2009), em que a inclusão de 5% de polpa cítrica aumentou os teores de cinzas. No entanto os valores observados foram inferiores aos encontrados na literatura (CARVALHO *et al.*, 2007, PEREIRA *et al.*, 1999). O emurchecimento não teve efeito sobre os teores de cinzas. Carvalho *et al.* (2007), não encontraram diferença nos teores de cinzas de silagens de capim-elefante com ou sem emurchecimento.

Na Tabela 11 estão descritos os teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) em relação do nitrogênio total (NT) das silagens de capim-elefante confeccionadas com o uso de polpa cítrica e do emurchecimento.

**Tabela 11.** Teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) em relação do nitrogênio total (NT) de silagens de capim-elefante com uso de polpa cítrica, emurchecimento e suas associações.

POLPA CÍTRICA	EMURCHECIMENTO		MÉDIA	CV (%)
	SEM	COM		
SEM	16,63	17,778	17,21b	9,87
COM	21,30	24,56	22,93a	
MÉDIA	18,97B	21,17A		

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha, não diferem pelo teste SNK ( $P < 0,05$ ).

O uso da polpa cítrica e do emurchecimento aumentaram ( $p < 0,05$ ) os níveis de NIDN, indicando perda de compostos solúveis. Resultados semelhantes aos encontrados por Ferrari Junior *et al.* (2009), que observaram aumento dos teores de NIDN com a inclusão de polpa cítrica. Segundo estes autores tal efeito deveria estar relacionado ao processamento industrial de peletização da polpa (casca, sementes e polpa) os quais sofrem prensagens e posterior secagem a alta temperatura. Coan *et al.* (2005), não observaram efeito do emurchecimento em silagens de tifton 85, do mesmo modo Carvalho *et al.* (2007) não encontraram diferença nos teores de NIDN em silagens de capim-elefante emurchecido ou não.

Na Tabela 12 estão descritos os teores de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) em relação do nitrogênio total (NT) das silagens de capim-elefante confeccionadas com o uso de polpa cítrica e do emurchecimento.

**Tabela 12.** Teores de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) em relação ao nitrogênio total (NT) de silagens de capim-elefante com uso de polpa cítrica e emurchecimento.

POLPA CÍTRICA	EMURCHECIMENTO		MÉDIA	CV (%)
	SEM	COM		
SEM	8,19	7,46	7,83a	14,89
COM	8,25	9,20	8,72a	
MÉDIA	8,22A	8,33A		

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha, não diferem pelo teste SNK ( $P < 0,05$ ).

Os teores de NIDA não sofreram ( $p > 0,05$ ) efeito dos tratamentos. O aumento do teor de NIDA não é desejável, pois o nitrogênio retido na FDA não é aproveitado pelas bactérias ruminais (FARIA *et al.*, 2007). Carvalho *et al.* (2008), não encontraram diferença no teor de NIDA nas silagens de capim-elefante emurchecido ou não. Ferrari Junior *et al.* (2009) observaram aumento dos teores de NIDA com a adição de polpa cítrica em silagens de capim-elefante. Os autores citam ainda que uma excessiva produção de calor pode comprometer a integridade e disponibilidade da fração nitrogenada. Acima de 49°C, a proteína pode reagir com os carboidratos da planta, e passar a fazer parte da FDA tornando-se indigestível (reação de Maillard).

Na Tabela 13 estão descritos os valores da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) das silagens de capim-elefante confeccionadas com o uso de polpa cítrica e do emurchecimento.

**Tabela 13.** Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de silagens de capim-elefante com uso de polpa cítrica, emurchecimento e suas associações.

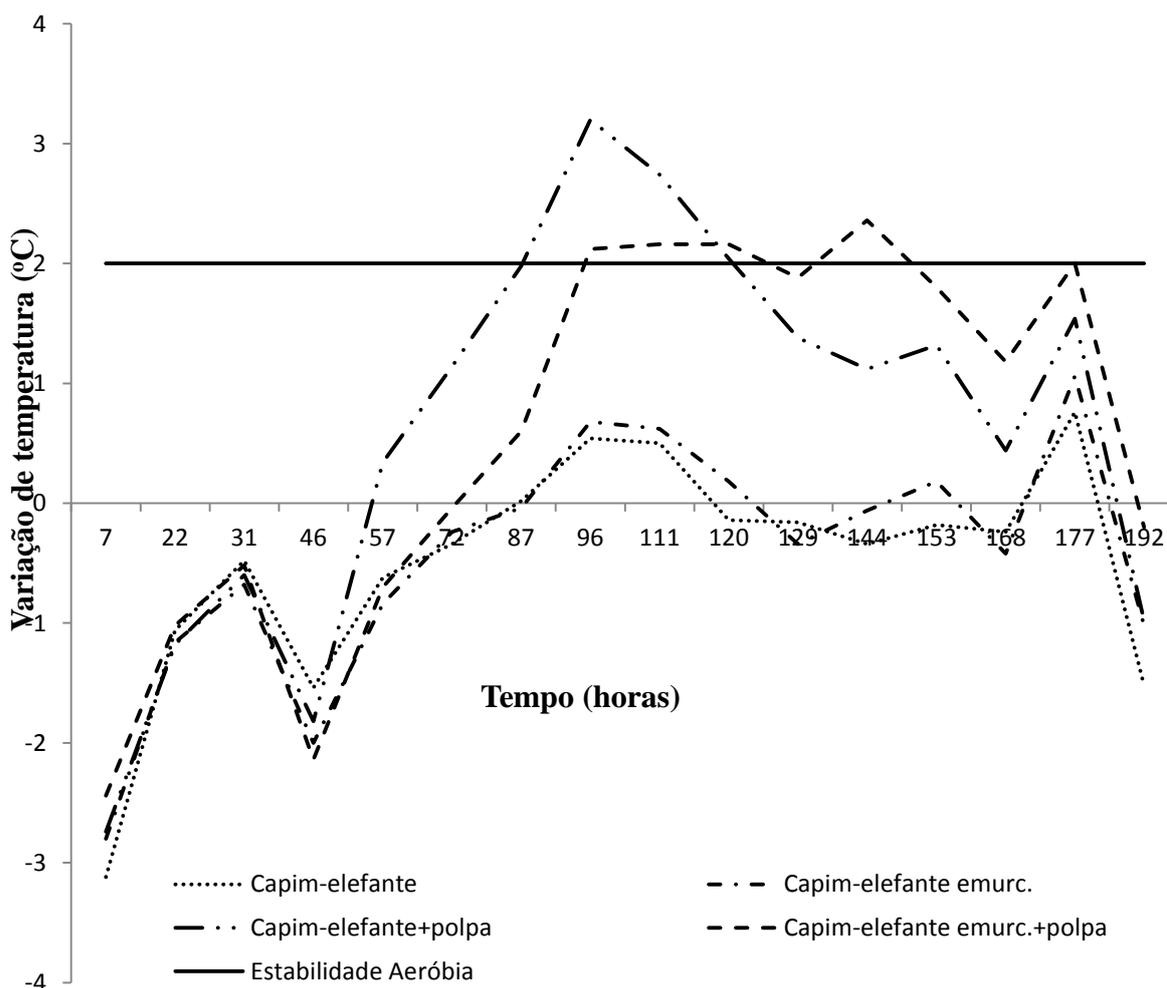
POLPA CÍTRICA	EMURCHECIMENTO		MÉDIA	CV (%)
	SEM	COM		
SEM	48,78	45,85	47,31b	3,79
COM	61,94	58,53	60,24a	
MÉDIA	55,36A	52,19B		

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha, não diferem pelo teste SNK ( $P < 0,05$ ).

A interação entre a adição de polpa cítrica e emurchecimento não foi significativa ( $p > 0,05$ ) para os valores de DIVMS. As silagens de capim-elefante emurchecido apresentaram valores de DIVMS menores ( $p < 0,05$ ) do que as silagens de capim-elefante sem emurchecimento, o menor valor de DIVMS pode ser atribuída ao fato das silagens emurchecidas apresentarem maior fração fibrosa. Carvalho *et al.* (2007) não encontraram diferença no valor de DIVMS de silagens de capim-elefante emurchecido por 8 horas ou não. A adição de polpa cítrica aumentou ( $p < 0,05$ ) os valores de DIVMS das silagens de capim-elefante, este maior valor de DIVMS pode estar relacionado aos menores teores de FDN, FDA, celulose, hemicelulose e lignina (REZENDE *et al.*, 2008), além de ter promovido condições mais favoráveis ao perfil de fermentação, diminuindo a proteólise pela redução mais acentuada do pH (TAVARES *et al.*, 2009). Ferrari *et al.* (2009) observaram valores de DIVMS maiores com a inclusão de polpa cítrica.

#### 4.4 Estabilidade Aeróbia

Na Figura 1 estão as variações de temperatura das silagens em relação a temperatura ambiente. As silagens de capim-elefante com polpa cítrica e silagens com polpa cítrica e emurchecimento apresentaram rompimento da estabilidade aeróbia, com 87 e 96 horas, respectivamente. Lobo (2006) avaliou a estabilidade aeróbia de silagens de capim-elefante com diferentes idades e diferentes doses de polpa cítrica e observou que as silagens de capim-elefante com 80 dias de rebrota com inclusão de 9% de polpa cítrica perderam a estabilidade aeróbia com 29,38 horas. Essas silagens por apresentarem um melhor processo de fermentação e se estabilizarem mais rápido, apresentando maiores teores de carboidratos solúveis residuais e ácido lático (REIS e MOREIRA, 2001) os quais podem ter sido usados pelos microrganismos aeróbios, levando ao rompimento da estabilidade aeróbia. Jobim *et al.* (2007) afirmaram que quanto melhor a qualidade da silagem, mais intensa será a atividade dos microrganismos que deterioram a silagem.



**Figura 1.** Variação da temperatura das silagens em função da temperatura ambiente ao longo de 8 dias após a abertura dos silos.

## 5 CONCLUSÕES

O uso da polpa cítrica e do emurchecimento aumenta o conteúdo de matéria seca das silagens de capim-elefante.

O uso da polpa cítrica reduz o valor do pH das silagens de capim-elefante.

O uso da polpa cítrica reduz o teor de nitrogênio amoniacal e as perdas na forma de efluentes e gases das silagens de capim-elefante.

O uso da polpa cítrica melhora a composição química e aumenta a digestibilidade *in vitro* da matéria seca das silagens de capim-elefante.

Silagens de capim-elefante com o uso de polpa cítrica apresentam menor estabilidade aeróbia.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, C.A.B.; CÓSER, A.C.; OLIVEIRA, R.A.; MARTINS, C.E.; CUNHA, F.F.; FIGUEIREDO, J.L.A. Produção de seis gramíneas manejadas por corte sob efeito de diferentes lâminas de irrigação e estações anuais. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.5, p.1307-1313, 2009.

ANDRADE, I.V.O.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.V.; VELOSO, C.M.; BONOMO, P. Perdas, características fermentativas e valor nutritivo da silagem de capim-elefante contendo subprodutos agrícolas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.12, p.2578-2588, 2010.

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

BALSALOBRE, M A. A.; NUSSIO, L. G.; MARTHA JUNIOR, G. B. Controle de perdas na produção de silagens de gramíneas tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p.890-911.

BERGAMASCHINE, A.F.; PASSIPIÉRI, M.; VERIANO FILHO, W.V.; ISEPON, O.J.; CORREA, L.A. Qualidade e valor nutritivo de silagens de capim-marandu (*B. brizantha* cv. Marandu) produzidas com aditivos ou forragem emurhecida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1454-1462, 2006.

BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; AMARAL, R.C.; PIRES, A.J.V. Estabilidade aeróbia da ração total e de silagens de capim-marandu tratadas com aditivos químicos e bacterianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.754-762, 2007.

BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R.; ROCHA, F.C.; SOUZA, A.L.; PEREIRA, O.G. Produção e características do efluente e composição bromatológica da silagem de capim-elefante contendo diferentes níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.2185-2191, 2005.

BOTREL, M.A., ALVIM, M.J. Avaliações agronômicas de cultivares de capim-elefante em duas regiões fisiográficas do Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, n.6, p.835-839. 1992.

BOTREL, M.A.; ALVIM, M.J.; FERREIRA, R.P.; XAVIER, D.F. Potencial forrageiro de gramíneas em condições de baixas temperaturas e altitude elevada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.3, p.393-398, 2002.

CABRAL JÚNIOR., C.R., MIRANDA, E.C., PINHEIRO, D.M., GUIMARÃES, I.G., ANDRADE, M.V.M. E PINTO, M.S.C. Dinâmica fermentativa de silagens de *Gliricidia sepium*. **Archivos de Zootecnia**, v.56, n.214, p.249-252, 2007.

CÂNDIDO, M.J.D.; NEIVA, J.N.M.; RODRIGUEZ, N.M.; FERREIRA, A.C.H. Características fermentativas e composição química de silagens de capim-elefante contendo subproduto desidratado do maracujá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36 (supl.), p.1489-1494, 2007.

CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V. *et al.* Valor nutritivo de silagens de capim-elefante emurhecido ou com adição de farelo de cacau. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1495-1501, 2007.

CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V.; PEREIRA, O.G.; FERNANDES, F.E.P.; CARVALHO, B.M.A. Características fermentativas de silagens de capim-elefante emurhecido ou com adição de farelo de cacau. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.1, p.234-242, 2008.

CASTRO, F.G.F.; NUSSIO, L.G.; HADDAD, C.M.; CAMPOS, F.P.; COELHO, R.M.; MARI, L.J.; TOLEDO, P.A. Perfil microbiológico, parâmetros físicos e estabilidade aeróbia de silagens de capim-tifton 85 (*Cynodon* sp.) confeccionadas com distintas concentrações de matéria seca e aplicação de aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.358-371, 2006.

COAN, R.M.; REIS, R.A.; BERNARDES, T.F.; POIATTI, M.L.; PEDREIRA, M.S.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P. Composição química e padrão de fermentação de silagens de tifton 85 com diferentes conteúdos de umidade. **ARS VETERINARIA**, v.21, suplemento, p.168-174, 2005.

COAN, R. M.; REIS, R.A.; GARCIA, G.R.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; FERREIRA, D.S.; RESENDE, F.D.; GURGEL, F.A. Dinâmica fermentativa e microbiológica de silagens dos capins Tanzânia e marandu acrescidas de polpa cítrica peletizada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1502-1511, 2007.

EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A.; BERNARDES, T.F. Avaliação de Algumas Características da Silagem de Gramínea Estrela Roxa (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.941-946, 2000.

EVANGELISTA, A.R.; ROCHA, G.P. **Forragicultura**. Lavras – MG. Universidade Federal de Lavras- UFLA. Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, 1997. 246 p.

FARIA, D.J.G.; GARCIA, R.; PEREIRA, O.G.; FONSECA, D.F.; MELLO, R.; RIGUEIRA, J.P.S. Composição químico-bromatológica da silagem de capim-elefante com níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.301-308, 2007.

FERRARI JÚNIOR, E.; PAULINO, V.T.; POSSENTI, R.A.; LUCENAS T.L. Aditivos em silagem de capim elefante paraíso (*Pennisetum hybridum* cv. paraíso). **Archivos de Zootecnia**, v.58, n.222, p. 185-194, 2009.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, p.36-41, 2008.

FERREIRA, J.J.; SILVA, J.F. C.; GOMIDE, J.A. Efeito do estágio de desenvolvimento, do emurhecimento e da adição de raspa de mandioca sobre o valor nutritivo da silagem do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). **Experimentiae**, v.17, n.1, p.84-108, 1974.

GOMIDE, J.A. **Formação e utilização de capineira de capim-elefante.** In: CARVALHO, M.M., ALVIM, M.J., XAVIER, D.F. (Eds.). Capim-elefante: produção e utilização. Coronel Pacheco, MG: Embrapa-CNPGL, 1994. p.81-115.

GUIM, A.; ANDRADE, P.; ITURRINO-SCHOCKEN, R.P.; FRANCO, G.L.; RUGGIERI, A.C. MALHEIROS, E.B. Estabilidade aeróbica de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) emurcheado e tratado com inoculante microbiano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2176-2185, 2002.

HAIGH, P. Effluent production from grass silages treated with additives and make in large-scale bunker silos. **Grass and Forage Science**, v.54, p.208-218, 1999.

IGARASI, M.S. **Controle de perdas na ensilagem de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. Cv. Tanzânia) sob os efeitos do teor de matéria seca, do tamanho de partícula, da estação do ano e da presença de inoculante microbiano.** 2002. 152p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

JOBIM C.C.; NUSSIO L.G.; REIS R.A.; SCHMIDT P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, suplemento especial, p.101-119, 2007.

KISSMANN, K.G. **Plantas infestantes e nocivas** – Tomo I. 2. ed. São Paulo: BASF, 1997. 824p.

KUNG JUNIOR. Effects of microbial additives in silages: facts and perspectives in: ZOPOLLATTO, M., MURARO, G. B., NUSSIO, L.G. In: International Symposium On Forage Quality and Conservations, **Proceedings...** Piracicaba - São Paulo, p. 280, 2009.

KUNG JUNIOR, L.; ROBINSON, J.R.; RANJIT, N.K.; CHEN, J.H.; GOLT, C.M.; PESEK, J.D. Microbial populations, fermentation end-products, and aerobic stability of corn silage treated with ammonia or a propionic acid-based preservative. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.1479-1486, 2000.

LAVEZZO, W. Ensilagem de capim-elefante. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 12., Piracicaba, 1994. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p.169-275.

LOBO, J. R. **Avaliação da idade de corte e do uso de polpa cítrica sobre a qualidade fermentativa e estabilidade aeróbica da silagem de capim-elefante.** 2006. 106p.. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade de São Paulo, Pirassununga.

LOPES, J.; EVANGELISTA, A.R.; ROCHA, G.P. Valor nutricional da silagem de cana-de-açúcar acrescida de uréia e aditivos absorventes de umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36 (supl.), p.1155-1161. 2007.

LOURES, D.R.S.; GARCIA, R.; PEREIRA, O.G.; CECON, P.R.; SOUZA, A.L. Características do efluente e composição químico-bromatológica da silagem de capim-elefante sob diferentes níveis de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n. 6, p.1851-1868. 2003.

LOURES, D.R.S.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; PEDROSO, A.F.; MARI, L.J.; RIBEIRO, J.L.; ZOPOLLATTO, M.; SCHMIDT, P.; JUNQUEIRA, M.C.; PACKER, I.U.; CAMPOS, F.P. Composição bromatológica e produção de efluente de silagens de capim-tanzânia sob efeitos do emurchecimento, do tamanho de partícula e do uso de aditivos biológicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.726-735, 2005.

MARI, L.J. **Intervalo entre cortes em capim-marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst ex. A. Rich.) Stapf cv. Marandu): produção valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da silagem**. 2003. 159p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MARTORANO, L.G.; MATOS, R.M.B.; SILVA, E.M.R.; ANGELOCCI, L.R.; PEREIRA, F.A.; VILLA NOVA, N.A. Disponibilidade climática para cultivo da bananeira na região de Seropédica/ Itaguaí-RJ. In: X Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p. 301-303.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S. **The biochemistry of silage**. 2. ed. Marlow: Chalcome, 1991. 340 p.

MUCK, R.E.; SHINNERS, K.J. Conserved forage (silage and hay): progress and priorities. In: Internacional Grassland Congress, 9., 2001, São Pedro. **Anais...** São Pedro: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p. 753-762, 2001.

MURARO, G.B.; SARTURI, J.O.; RIBEIRO, J.L.; NUSSIO, L. G. Otimização de rações a base de silagens de capins tropicais. In: Simpósio de produção de gado de corte, 6, 2008, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, p.183-212, 2008.

NUSSIO, L.G.; CASTRO, F.G.; SIMAS, J.M.; HADDAD, C.M.; TOLEDO, P.; MERCHAN, A.L. Effects of dry matter content and microbial additive on Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) wilted silage fermentation parameters. In: International Grasslands Congress, 19., São Pedro, 2001. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.790-792.

NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; NUSSIO, C.M.B. Ensilagem de capins tropicais. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 39, p.60-99. 2002.

OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; DRIEHUIS, F.; GOTTSCHAL, J.C.; SPOELSTRA, S.F. Silage fermentation processes and their manipulation. In: FAO ELETRONIC CONFERENCE ON TROPICAL SILAGE, 1999, Rome. Silage making in the tropics with emphasis on smallholders. **Proceedings...**Rome: FAO, 2000. p.17-30.

PENTEADO, D.C.S.; SANTOS, E.M.; DE CARVALHO, G.G.P; DE OLIVEIRA, J.S.; ZANINE, A.M.; PEREIRA, O.G.; FERREIRA,C.L.L.F. Inoculação com *Lactobacillus plantarum* da microbiota em silagem de capim-mombaça. **Archivos de Zootecnia**, v.56, p.191-202, 2007.

PEREIRA, J.A.; AZEVEDO, A.R.; SALES, R.O.;PIMENTEL, J.C.M.; ALVES. A.A.; CASTRO, A.B. Composição Química da Silagem de Capim-Elefante cv. Napier (*Pennisetum purpureum*, Schum) com Diferentes Níveis de Leucena cv. Cunningham (*Leucaena*

*leucocephala* (Lam) de Wit). **Revista Científica de Produção Animal**, v.1, n.2, p.191-204, 1999.

PEREIRA, J.R.A.; REIS, R.A. Produção de silagem pré-secada com forrageiras temperadas e tropicais. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, Maringá, 2001. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2001. p.64-86.

PEREIRA, R.G.A. **Processos de ensilagem e plantas a ensilar**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, Documentos, 2008. p.13p.

PLAYNE, M.J.; McDONALD, P. The buffering constituents of herbage and of silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.17, p.264-268, 1966.

REIS, R.A.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R. Tecnologia de produção e valor alimentício de silagens de capins tropicais. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 1., 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2001. p.34-74.

REIS, R.A.; MOREIRA, A.L. Conservação de forragem como estratégia para otimizar o manejo das pastagens. In: Mariano, B.B.; Carvalho, I.D.; Leitão, R.A.; Oliveira, M.C.; Correa, M.P.C.; Castanheiras, M.. (Org.). XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia, **Anais...** Goiânia: Universidade Católica de Goiás, 2001. p.194-213.

REZENDE, A.V.; GASTALDELLO JUNIOR, A.L.; VALERIANO, A.R.; CASALI, A.O.; MEDEIROS, L.T.; RODRIGUES, R. Uso de diferentes aditivos em silagem de capim-elefante. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.1, p.281-287, 2008.

RIBEIRO, J.L.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B.; MARI, L.J.; ZOPOLLATTO M.; PAZIANI, S.F. Valor nutritivo de silagens de capim- Marandu submetidas aos efeitos de umidade, inoculação bacteriana e estação do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p.1176-1184, 2008.

RIBEIRO, J.L.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B.; QUEIROZ, O.C.M.; MATEUS CASTILHO SANTOS, M.C.; SCHMIDT, P. Efeitos de absorventes de umidade e de aditivos químicos e microbianos sobre o valor nutritivo, o perfil fermentativo e as perdas em silagens de capim-marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.2, p.230-239, 2009.

ROCHA, F.C.; GARCIA, R.; PEREIRA, O.G.; FREITAS, A.W.P.; BERNARDINO, F.S. Níveis de uréia e períodos de amonização sobre o valor nutritivo da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) – cv. Napier. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., Piracicaba, 2001. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001.

RODRIGUES, P.H.M.; BORGATTI, L.M.O.; GOMES, R.W.; PASSINI, R.; MEYER, P.M.; Efeito da adição de níveis crescentes de polpa cítrica sobre a qualidade fermentativa e o valor nutritivo da silagem de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.4, p.1138-1145, 2005.

SANTOS, M.V.F.; GÓMEZ CASTRO, A.G.; PEREA, J.M.; GARCÍA, A.; GUIM, A.; PÉREZ HERNÁNDEZ, M. Fatores que afetam o valor nutritivo da silagens de Forrageiras tropicais. **Archivos de Zootecnia**, v.59, p.25-43, 2010.

SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. 2006. 228p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; REIS, R.A.; COAN, R.M.; BERNARDES, T.F.; PANIZZI, R.C.; POIATTI, M.A.; PEDREIRA, M.S. Alterações químicas e microbiológicas nas silagens de capim-Tifton 85 após a abertura dos silos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.464-471, 2005.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos** (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.

SILVA, J.C.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição de ruminantes**. Piracicaba: Livrocere, 1979. p.190-236.

SOUZA, A.L.; BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R.; PEREIRA, O.G.; ROCHA, F.C.; PIRES, A.J.V. Valor Nutritivo de Silagem de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com Diferentes Níveis de Casca de Café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.828-833, 2003.

TAVARES, V.B.; PINTO, J.C.; EVANGELISTA, A.R.; FIGUEIREDO, H.C.P.; ÁVILA, C.L.S.; LIMA, R.F. Efeitos da compactação, da inclusão de aditivo absorvente e do emurchecimento na composição bromatológica de silagens de capim-tanzânia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.40-49, 2009.

TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal of the British Grassland Society**, v.18, p.104-111, 1963.

TOSI, P.; MATTOS, W.R.S.; TOSI, H.; JOBIM, C.C.; LAVEZZO, W. Avaliação do Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) Cultivar Taiwan A-148, Ensilado com Diferentes Técnicas de Redução de Umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.947-954, 1999.

VALADARES FILHO, S.C. **Digestibilidade aparente e locais de digestão da matéria seca, energia e carboidratos de feno de soja perene**. 1997. 88p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

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

VELHO, J.P., MÜHLBACH, P.R.F., GENRO, T.C.M., VELHO, I.M.P.H., NÖRNBERG, J.L., ORQIS, M.G. E KESSLER, J.D. Alterações bromatológicas nas frações dos carboidratos de silagens de milho "safrinha" sob diferentes tempos de exposição ao ar antes da ensilagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35 (supl.), p.1621-1628, 2006.

VILELA, D. **Aditivos na ensilagem**. Centro Nacional de Pesquisa de gado de Leite, EMBRAPA, Coronel Pacheco, MG. Circular técnica nº 21, nov. 1984.

WHITTENBURY, R.; McDONALD, P.; BRYAN JONES, D.G. A short review of some biochemical and microbiological aspects of ensilage. **Journal of Science and Food Agriculture**, v.18, n.2, p.441-444, 1967.

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

ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M.; FERREIRA, D.J.; PEREIRA, O.G.; ALMEIDA, J.C.C. Efeito do farelo de trigo sobre as perdas, recuperação da matéria seca e composição bromatológica de silagem de capim-mombaça. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.43, n.6, p.803-809, 2006.

ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M.; FERREIRA, D.J.; PINTO, L.F.B.; PEREIRA, O.G. Características fermentativas e composição químico-bromatológica de silagens de capim-elefante com ou sem *Lactobacillus plantarum* e farelo de trigo isoladamente ou em combinação. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.4, p.621-628, 2007.

ZOPOLLATO, M.; DANIEL, L.P.; NUSSIO, L.G. Aditivos microbiológicos em silagens no Brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de animais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.170-189, 2009.