

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

**TESE**

**Aditivos na Ensilagem de Capim-Massai**  
**(*Megathyrsus maximus x M. infestum* cv. Massai)**

**Amanda Nunes Assis dos Anjos**

**2019**



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

**Aditivos na Ensilagem de Capim-Massai**  
**(*Megathyrus maximus x M. infestum* cv. Massai)**

**AMANDA NUNES ASSIS DOS ANJOS**

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

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

Seropédica, RJ  
Agosto de 2019

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

AA599a Anjos, Amanda Nunes Assis dos, 1987-  
Aditivos na Ensilagem de Capim-Massai (*Megathyrsus  
maximus* x *M. infestum* cv. Massai) / Amanda Nunes  
Assis dos Anjos. - Seropédica, 2019.  
81 f.

Orientador: João Carlos de Carvalho Almeida  
Almeida. Tese(Doutorado). -- Universidade Federal  
Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em  
Zootecnia, 2019.

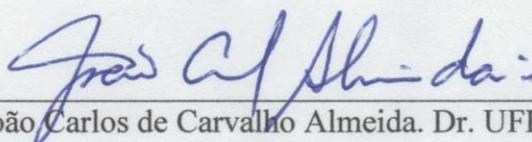
1. Matéria seca. 2. Gramíneas Tropicais. 3. Aditivo  
adsorvente. 4. Forragicultura. I. Almeida, João  
Carlos de Carvalho Almeida , 1956-, orient. II  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia III. Título.

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

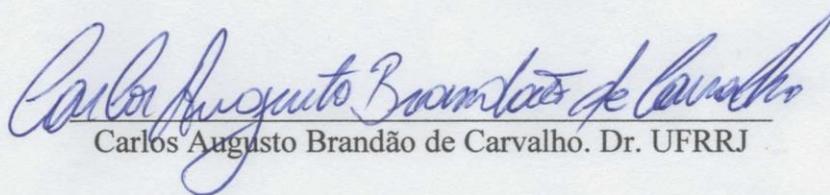
AMANDA NUNES ASSIS DOS ANJOS

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

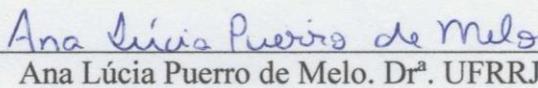
TESE APROVADA EM 09/08/2019



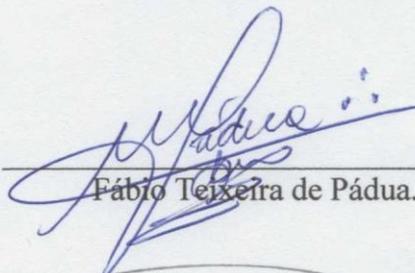
João Carlos de Carvalho Almeida. Dr. UFRRJ  
(Presidente)



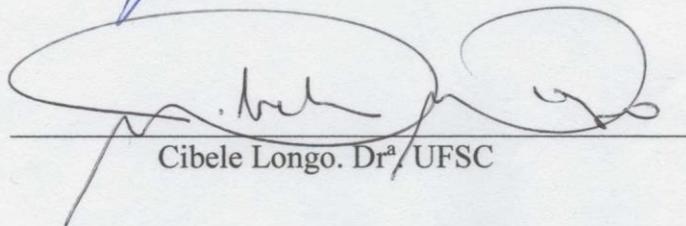
Carlos Augusto Brandão de Carvalho. Dr. UFRRJ



Ana Lúcia Puerro de Melo. Dr<sup>a</sup>. UFRRJ



Fábio Teixeira de Pádua. Dr. IFRJ



Cibele Longo. Dr<sup>a</sup>. UFSC

*Dedico aos meus queridos pais, **Maria e Zenobio** por todo incentivo e confiança. E por sempre acreditar em mim. Amo vocês!!!*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a **Deus e aos meus guias...** Por terem me “direcionado” para um caminho tão difícil. Gratidão pelo discernimento, encorajamento e sabedoria para continuar seguindo em frente, mesmo quando as coisas pareciam impossíveis. Eu sempre soube que eu não estava sozinha em nenhum momento!!!

Agradeço aos meus pais, **Maria e Zenobio**. Que apesar de todas as dificuldades que passamos durante esta jornada, sempre me deram apoio e incentivo. Quero dizer que com vocês aprendi a ter coragem, a não desaminar e, só por consequência, a saborear as pequenas e grandras vitórias. **PERDÃO PELAS FALTAS**, mas Deus é tão bom que as coisas aconteceram na hora e no momento que mais precisávamos. Vocês são meu maior exemplo! E são imprescindíveis em minha vida! Mais uma etapa vencida! Amo vocês!

Agradeço a toda minha família e aos amigos de infância! Que ao retornar para casa sempre estavam de braços abertos para me receber e me apoiar, sempre me incentivando e dando forças para seguir em frente! Obrigada, muito obrigada, de coração!

Ao meu Orientador, Prof. João Carlos de Carvalho Almeida, pela confiança, apoio, risadas, amizade, conselhos e ensinamentos. Gratidão pela compreensão nas horas mais difíceis e gratidão por não medir esforços para me ajudar. Só quem teve a oportunidade de conhecer o Delegado sabe que o senhor é mais que um orientador, o senhor é um Pai para seus orientados. Tudo foi muito válido para mim, tenha certeza disso! Guardarei todos os momentos em meu coração. Obrigada por tudo!

Ao Prof. Carlos Augusto Brandão de Carvalho, que acreditou em mim e me incentivou a procurar o Prof. João Carlos, para me orientar. Obrigado pela compreensão e oportunidade no início e no final desta caminhanda. Guardo uma amizade e um carinho especial pelo senhor.

Ao meu AMIGO Carlos Renato. Você fez parte de tudo, esteve presente em todos os momentos e sempre fez os “maus” momentos se tornarem bons! Obrigado pela disposição e sorriso diário, sem sua amizade eu não teria finalizado essa jornada, tenha certeza disso. Gratidão pela preocupação, força, amizade e cumplicidade eterna!

À minha amiga Ana Luiza... Que barra enfrentamos nessa reta final, heim! Obrigada pelo apoio, pela força, pela amizade e pelo coração tão grandão em sempre se disponibilizar para me ajudar. Você é muito especial! Vale lembrar que o laboratório não seria o mesmo sem você!

A prof. Denise P. Leme da UFSC, GRATIDÃO! Desde a graduação tu sempre esteve ali quando eu precisei, não tenho palavras para agradecer a preocupação, a força, a amizade e a cumplicidade eterna! Tu nunca desistiu de mim, OBRIGADO! E sei que tu estará presente nesta nova jornada que vai iniciar! Quem disse que não pode existir amizade entre uma Veterinária e uma Zootecnista!

A UFSC me deu presentes que guardarei para vida!

Ao amigo Delci de Deus Nepomuceno (in memoriam), gratidão por ter me ensinado a não desistir nunca. Tu ainda é um exemplo para todos da Delegacia.

Á Camila Ferreira... você é muito especial! Obrigada por me ajudar sempre que eu precisei! Obrigada pelo carinho. Você me encorajou MUITO e ainda me encoraja mesmo sem saber!

Aos colegas e amigos de equipe e do Departamento de Nutrição e Pastagens do Instituto de Zootecnia da UFRRJ, sem os quais esta tese não seria possível.

A todos que contribuíram, de alguma forma, com esta jornada, mesmo que com boas gargalhadas!

Agradeço a todos que, de uma forma ou de outra, contribuíram para minha formação pessoal e profissional para concretização desta jornada.

E ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Obrigada a todos, de coração!!!

## RESUMO GERAL

ANJOS, Amanda Nunes Assis dos. **Aditivos na ensilagem de capim-Massai (*Megathyrus maximus* x *M. infestum* cv. Massai)**. 2019. 67p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

A conservação do excedente de forragem produzida na estação chuvosa é uma alternativa viável para suprir a escassez de alimento volumoso no período seco. Entretanto, o baixo teor de matéria seca, a baixa proporção de carboidratos solúveis e a alta capacidade tampão no estádio ideal de corte para ensilagem prejudica a atividade fermentativa, resultando em silagens de baixa qualidade. Assim, o uso de tecnologias que visam minimizar os efeitos destas variáveis sobre o perfil fermentativo da silagem é uma alternativa para o uso de forrageiras de alta capacidade produtiva. Portanto, o objetivo geral deste estudo foi avaliar os benefícios obtidos mediante a inclusão de polpa cítrica peletizada associado ou não a inoculante microbiano na ensilagem de capim-Massai, visando contribuir para o conhecimento dos processos de ensilagem de gramíneas tropicais, bem como a manutenção das condições de conservação das referidas silagens. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 X 4 (presença ou ausência do inoculante microbiano x 10, 20 e 30% de polpa cítrica peletizada), com cinco repetições/tratamento. O material foi acondicionado em silos de PVC por 90 dias. Decorrido esse período foram realizadas novamente pesagens para determinação da RMS e de perdas. Após abertura dos silos, amostras foram coletadas para posteriores análises de nitrogênio amoniacal, pH e composição químico-bromatológica. A adição da polpa cítrica peletizada provocou aumento dos teores MS em 28,45%, reduziu as perdas por gases e não houve produção de efluente, além de altas taxas de recuperação de MS. Foi observado efeito de interação entre o inoculante microbiano e a polpa cítrica para os teores de EE e EB. Os valores de pH e N-amoniacal se mantiveram dentro da faixa considerada ideal para silagens de qualidade. Foi observado efeito linear decrescente da adição de polpa cítrica sobre os teores da FDA (de 43,92 para 37,95%), FDN (de 74,45 para 59,65%), CEL (de 33,28 para 28,02%) e HEMI (de 30,53 para 21,39%), mas com pequeno aumento dos teores de LIG (5,28 para 6,31%). Comportamento contrário foi observado para os teores de CT, que apresentaram acréscimos de 0,05 unidade percentual para cada 1% de polpa cítrica adicionada. Para os teores de PB a polpa cítrica proporcionou acréscimos de 0,02 unidade percentual para cada 1% de inclusão desse aditivo, com variação de 4,85 para 5,69%. Quanto aos teores de PIDN, observou-se efeito de interação, com comportamento quadrático para presença e ausência do inoculante microbiano e, pontos de mínimo igual a 15,88% e de máxima igual a 31,34% de polpa cítrica, respectivamente. Para os valores de PIDA a inclusão de polpa cítrica peletizada provocou efeito linear crescente com aumentos de 0,13 unidade percentual para cada 1% de inclusão desse aditivo na ensilagem de capim-Massai, com variação de 10,83 a 15,11%. Não foi observado efeito da presença ou ausência do inoculante microbiano nem de interação entre os fatores sobre as frações proteicas e energéticas. As frações de energéticas (A + B1, B2 e C) e as frações nitrogenadas B1 + B2 e C foram influenciadas pelos níveis de inclusão de polpa cítrica, o que não foi observado nas demais frações A e B3 das silagens. As frações A + B1 e C aumentaram em função dos níveis de inclusão da polpa cítrica, enquanto os teores da fração B2 foram reduzidas. Também foi observado aumento dos teores da fração protéica indigestível (C). As frações de energéticas variaram de 32,12 a 42,97%; 54,93 a 41,31% e 12,95 a 15,72% para A + B1, B2 e C, respectivamente. Enquanto as frações proteicas variaram de 29,81 a 22,13% e 10,83 e 15,11%, para B1 + B2 e C. As inclusões de 10 a 20% de inclusão de polpa cítrica peletizada, com base na matéria natural do capim-Massai, são

suficientes para melhorarem os parâmetros fermentativos e perfis de carboidratos e proteínas das silagens.

**Palavras-chave:** Pola cítrica, Inoculante bacteriano, *Megathyrus maximus* x *M. infestum* cv. Massai, Valor nutritivo.

## GENERAL ABSTRACT

ANJOS, Amanda Nunes Assis dos. **Additives in grass Massai silage (*Megathyrus maximus* x *M. infestum* cv. Massai)**. 2019. 67p. Thesis (D. Sc. in Animal Science). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

Conservation of excess fodder produced in the rainy season is a viable alternative to address the shortage of bulky food in the dry season. However, the low dry matter content, the low proportion of soluble carbohydrates and the high buffer capacity at the ideal cutting stage for silage impairs the fermentative activity, resulting in low quality silage. Thus, the use of technologies that aim to minimize the effects of these variables on the fermentative profile of silage is an alternative for the use of high productive capacity forages. Therefore, the general objective of this study was to evaluate the benefits obtained through the inclusion of pelletized citrus pulp associated or not to microbial inoculant in Massai grass silage, aiming to contribute to the knowledge of tropical grass silage processes, as well as the maintenance of conservation conditions of the said silages. A completely randomized design in a 2 X 4 factorial scheme (presence or absence of microbial inoculant x 10, 20 and 30% of pelletized citrus pulp) with five replications/treatment was used. The material was stored in PVC silos for 90 days. After this period, weighings were again performed to determine RMS and losses. After opening the silos, samples were collected for further analysis of ammonia nitrogen, pH and chemical composition. The addition of pelleted citrus pulp caused an increase in DM content of 28.45%, reduced gas losses and no effluent production, as well as high DM recovery rates. An interaction effect between microbial inoculant and citrus pulp was observed for EE and EB contents. Ammonia pH and N values remained within the range considered ideal for quality silage. Decreasing linear effect of the addition of citrus pulp on ADF (from 43.92 to 37.95%), NDF (from 74.45 to 59.65%), CEL (from 33.28 to 28.02) was observed. (%) and HEMI (from 30.53 to 21.39%), but with a slight increase in IIG levels (5.28 to 6.31%). Contrary behavior was observed for CT contents, which showed increases of 0.05 percentage units for each 1% of added citrus pulp. For the CP contents the citrus pulp provided increases of 0.02 percentage units for each 1% inclusion of this additive, ranging from 4.85 to 5.69%. Regarding the NDIP contents, interaction effect was observed, with quadratic behavior for the presence and absence of microbial inoculant and minimum points equal to 15.88% and maximum 31.31% of citrus pulp, respectively. For ADIP values the inclusion of pelletized citrus pulp caused an increasing linear effect with increases of 0.13 percentage units for each 1% inclusion of this additive in Massai grass silage, ranging from 10.83 to 15.11%. There was no effect of the presence or absence of microbial inoculant or interaction between factors on protein and energy fractions. The energy fractions (A + B1, B2 and C) and nitrogen fractions B1 + B2 and C were influenced by the levels of citrus pulp inclusion, which was not observed in the other fractions A and B3 of the silages. The fractions A + B1 and C increased as a function of the inclusion levels of the citrus pulp, while the fraction B2 levels were reduced. It was also observed increase of the indigestible protein fraction (C). The energy fractions ranged from 32.12 to 42.97%; 54.93 to 41.31% and 12.95 to 15.72% for A + B1, B2 and C, respectively. While protein fractions ranged from 29.81 to 22.13% and 10.83 to 15.11% for B1 + B2 and C. Inclusions of 10 to 20% inclusion of pelletized citrus pulp based on natural matter Massai grass are sufficient to improve the fermentative parameters and carbohydrate and protein profiles of silages.

**Keywords:** Bacterial inoculant, Citric pulp, *Megathyrus maximus* x *M. infestum* cv. Massai, Nutritive value.

## LISTA DE TABELAS

<b>CAPÍTULO I. COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA E DINÂMICA DE FERMENTAÇÃO DE SILAGENS DE CAPIM-MASSAI COM ADITIVOS.....</b>	<b>16</b>
<b>Tabela 1.</b> Composição químico-bromatológica dos alimentos antes da ensilagem, expresso em porcentagem da matéria seca.....	21
<b>Tabela 2.</b> Valores de pH em silagens de capim-Massai contendo inoculante microbiano comercial e polpa cítrica peletizada (PC) em porcentagem da matéria natural (MN).....	24
<b>Tabela 3.</b> Teores de extrato etéreo (EE) e energia bruta (EB) em silagens de capim-Massai contendo inoculante microbiano comercial e polpa cítrica peletizada (PC) em porcentagem da matéria natural (MN).....	28
<b>Tabela 4.</b> Teores de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) em silagens de capim-Massai contendo inoculante microbiano comercial e polpa cítrica peletizada (PC) em porcentagem da matéria natural (MN).....	30
<b>CAPÍTULO II. FRACIONAMENTO DE CARBOIDRATOS E PROTEÍNAS DE SILAGENS DE CAPIM-MASSAI COM ADITIVOS.....</b>	<b>42</b>
<b>Tabela 1.</b> Composição químico-bromatológica dos alimentos antes da ensilagem, expresso em porcentagem da matéria seca.....	47

## LISTA DE FIGURAS

<b>CAPÍTULO I. COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA E DINÂMICA DE FERMENTAÇÃO DE SILAGENS DE CAPIM-MASSAI COM ADITIVOS.....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 1.</b> Mini-silo experimental utilizado para avaliação das silagens de capim-Massai.....	21
<b>Figura 2.</b> Estimativas dos valores de N-Amônia (N-NH <sub>3</sub> )/N total em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.....	25
<b>Figura 3.</b> Estimativas dos valores de recuperação de matéria seca (RMS) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada. ....	26
<b>Figura 4.</b> Estimativa das perdas por gases (PG) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.....	26
<b>Figura 5.</b> Estimativas dos valores de matéria seca (MS) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.....	27
<b>Figura 6.</b> Estimativas dos teores de matéria mineral (MM) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.....	28
<b>Figura 7.</b> Estimativas dos teores de fibra em detergente ácido (FDA) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.....	30
<b>Figura 8.</b> Estimativas dos teores de proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.....	31
<b>Figura 9.</b> Estimativas dos teores de carboidratos totais (CT) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.....	32
<b>Figura 10.</b> Estimativas dos teores de fibra em detergente ácido (FDA) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada. ....	33
<b>Figura 11.</b> Estimativas dos teores de fibra em detergente neutro (FDN) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada. ....	34
<b>Figura 12.</b> Estimativas dos teores de lignina (LIG) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.....	35
<b>Figura 13.</b> Estimativas dos teores de celulose (CEL) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.....	35
<b>Figura 14.</b> Estimativas dos teores de hemicelulose (HEMI) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.....	36
<b>CAPÍTULO II. FRACIONAMENTO DE CARBOIDRATOS E PROTEÍNAS DE SILAGENS DE CAPIM-MASSAI COM ADITIVOS.....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 1.</b> Estimativa dos teores de carboidratos totais (CT) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada. ....	49
<b>Figura 2.</b> Estimativa dos teores da fração A + B1 (% CT) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada. ....	50
<b>Figura 3.</b> Estimativa dos teores da fração B2 (% CT) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada. ....	51
<b>Figura 4.</b> Estimativa dos teores da fibra em detergente neutro (FDN) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada. ....	52
<b>Figura 5.</b> Estimativa dos teores da fração C (% CT) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada. ....	52
<b>Figura 6.</b> Estimativa dos teores de proteína bruta (PB) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada. ....	53
<b>Figura 7.</b> Estimativa dos teores da fração B1 + B2 (% PB) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada. ....	54
<b>Figura 8.</b> Estimativa dos teores da fração C (% PB) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada. ....	55

## LISTA DE ABREVIATURAS

- A – nitrogênio não-proteico**
- A + B1 – carboidratos não fibrosos**
- B1 + B2 – proteínas solúveis e insolúveis verdadeiras**
- B2 – fração potencialmente degradável**
- B3 – proteína associada à parede celular e de lenta degradação**
- C – fração indigestível**
- C – proteína insolúvel e não digerível**
- CEL – celulose**
- CT – carboidratos totais**
- EB – energia bruta**
- EE – extrato etéreo**
- FDA – fibra em detergente ácido**
- FDN – fibra em detergente neutro**
- HEMI – hemicelulose**
- LIG – lignina**
- MM – matéria mineral**
- MS – matéria seca**
- N-NH<sub>3</sub>/NT – nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total**
- PB – proteína bruta**
- PG – perdas por gases**
- pH – potencial hidrogeniônico**
- PIDA – proteína insolúvel em detergente ácido**
- PIDN – proteína insolúvel em detergente neutro**
- RMS – recuperação de matéria seca**

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Estacionalidade da Produção de Plantas Forrageiras.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 Características do Capim-Massai para Ensilagem.....</b>	<b>3</b>
<b>2.3 Ensilagem.....</b>	<b>4</b>
<b>2.4 Ensilagem de Gramíneas Tropicais.....</b>	<b>5</b>
<b>2.5 Aditivos para Ensilagem.....</b>	<b>8</b>
<b>2.5.1 Aditivos sequestrantes de umidade.....</b>	<b>8</b>
<b>2.5.2 Aditivos microbianos.....</b>	<b>9</b>
<b>3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>16</b>
<b>COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA E DINÂMICA DE FERMENTAÇÃO DE SILAGENS DE CAPIM-MASSAI COM ADITIVOS.....</b>	<b>16</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>17</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>18</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>19</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1 Local de Estudo.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2 Área Experimental.....</b>	<b>20</b>
<b>2.3 Cortes, Colheita da Forragem e Preparo das Silagens.....</b>	<b>20</b>
<b>2.4 Parâmetros Avaliados.....</b>	<b>22</b>
<b>2.5 Delineamento Experimental.....</b>	<b>23</b>
<b>2.6 Análise Estatística.....</b>	<b>23</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>24</b>
<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>37</b>
<b>5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>38</b>
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>42</b>
<b>FRACIONAMENTO DE CARBOIDRATOS E PRTEÍNAS DE SILAGENS DE CAPIM-MASSAI COM ADITIVOS.....</b>	<b>42</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>43</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>44</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>45</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>46</b>
<b>2.1 Local de Estudo.....</b>	<b>46</b>
<b>2.2 Área Experimental.....</b>	<b>46</b>
<b>2.3 Cortes, Colheita da Forragem e Preparo das Silagens.....</b>	<b>46</b>
<b>2.4 Parâmetros Avaliados.....</b>	<b>47</b>
<b>2.5 Delineamento Experimental.....</b>	<b>48</b>
<b>2.6 Análise Estatística.....</b>	<b>48</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>49</b>
<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>57</b>
<b>5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>58</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>62</b>
<b>CAPÍTULO I. COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA E DINÂMICA DE FERMENTAÇÃO DE SILAGENS DE CAPIM-MASSAI COM ADITIVOS.....</b>	<b>63</b>
<b>CAPÍTULO II. FRACIONAMENTO DE CARBOIDRATOS E PROTEÍNAS DE SILAGENS DE CAPIM-MASSAI COM ADITIVOS.....</b>	<b>66</b>

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

As pastagens no Brasil constituem a principal e menos onerosa fonte de recurso forrageiro responsável pela produção de ruminantes. As áreas de pastagem no país ocupam, segundo dados do IBGE (2016), cerca de 159 milhões de hectares de área de pastagens nativas e cultivadas. Todavia, mesmo com esta extensão territorial, há impactos negativos sobre o potencial produtivo dos sistemas de produção baseados exclusivamente a pasto devido, a uma elevada disponibilidade quantitativa e qualitativa de forragem no período chuvoso e, uma redução da produtividade no período seco.

Neste contexto, com o intuito de alterar este cenário tem-se buscado intensificar os processos de produção, os quais estão relacionados às práticas de manejo adequada das pastagens, que visam conservar o excedente de forragem produzida na estação chuvosa na forma de silagem, a fim de ser utilizado estrategicamente no período seco, garantindo o suprimento de volumoso para os animais quando ocorre escassez da produção forrageira (JOBIM et al., 2007).

Dentre as plantas forrageiras tropicais, aquelas pertencentes aos gêneros *Urochloa*, *Pennisetum* e *Panicum*, especificamente os capins-marandu, elefante e Tanzânia são os mais utilizados em sistemas intensivos de produção para confecção de silagens (BERGAMASCHINE et al., 2006; COAN et al., 2007) devido a sua alta produtividade de matéria seca e bom valor nutritivo.

Embora exista uma ampla variedade de espécies forrageiras tropicais sendo utilizadas estrategicamente no período seco, ainda existem forrageiras tropicais com potencial produtivo e nutricional desconhecidos, quando submetidas a ensilagem. Dentre estas pode ser citado o capim-Massai (*Megathyrsus maximus x M. infestum* cv. Massai), um híbrido espontâneo entre *P. maximum* e *P. infestum*, lançado comercialmente em 2001 pela Embrapa Gado de Corte e parcerias. Apresenta produção de matéria seca ao redor de 15,6 t/ha/ano, tendo como principal característica alta relação folha/colmo (30%) e menor estacionalidade de produção forrageira (53%) mesmo com menor altura (60 cm), apresentando elevados percentuais de proteína bruta nas folhas (12,5%) e nos colmos (8,5%) (EMBRAPA, 2001; SILVA et al., 2018). Ademais, como as gramíneas deste gênero apresentam hábito de crescimento cespitoso e requerem manejo adequado para evitar acúmulo de colmos, a ensilagem do excedente de forragem produzida no período chuvoso parece ser uma forma eficiente de utilização (PAZIANI et al., 2006).

Entretanto, algumas características na ensilagem de plantas forrageiras devem ser consideradas no estágio ideal de corte, durante o crescimento vegetativo, como o baixo teor de matéria seca e de carboidratos solúveis e a alta capacidade tampão, que dificultam a redução do pH e conseqüentemente a conservação do material ensilado (PEREIRA et al., 1999). Sendo estas particularidades os principais entraves encontrados por técnicos e produtores na confecção de silagens de forrageiras com alta produtividade.

Devido a estas características, torna-se necessário a inclusão de aditivos à massa ensilada, que visam minimizar os efeitos das variáveis supracitadas sobre o perfil fermentativo da silagem como o pH, a proporção de ácidos orgânicos e o nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total, como alternativa de melhoria do uso de forrageiras com alta capacidade produtiva (SANTOS et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2014).

Dentre os materiais que podem ser utilizados como aditivo, a polpa cítrica peletizada, um subproduto da agroindústria do suco de laranja pode ser viável, visto que possui alto teor de matéria seca, bom valor nutritivo, elevada proporção de carboidratos solúveis e alta capacidade de absorção de água (TAVARES et al., 2009; GREGHI et al., 2014). Além da polpa cítrica peletizada, os aditivos microbiológicos também podem ser utilizados, uma vez que abrangem hoje a classe de aditivo em mais rápida expansão e adoção em todo mundo por

serem seguros e não poluírem o meio ambiente, melhoram a qualidade do processo fermentativo, reduzem perdas de nutrientes e proporcionam maior estabilidade da massa ensilada após abertura do silo (ÁVILA et al., 2009).

Assim, uma vez conhecidos os fatores que determinam a otimização do uso do excedente das forrageiras tropicais proveniente do período chuvoso associado a um aditivo devido à características intrínsecas das plantas forrageiras, pode-se desenvolver tecnologias que favoreçam as estratégias de manejo das pastagens, beneficiando a alimentação dos animais no período de escassez da produção forrageira (JOBIM et al., 2007; BERNARDES & CHIZZOTTI, 2012).

Tendo como hipótese científica de que o uso de polpa cítrica associado, ou não ao inoculante microbiano na ensilagem de capim-Massai proporcionará melhor eficiência fermentativa. A polpa cítrica associada, ou não ao inoculante microbiano maximizará o valor nutritivo da massa de forragem ensilada.

Assim, o objetivo geral deste estudo foi avaliar os benefícios obtidos mediante a inclusão de polpa cítrica associado ou não a inoculante microbiano na ensilagem de capim-Massai, visando contribuir para o conhecimento dos processos de ensilagem de gramíneas tropicais, bem como a manutenção das condições de conservação das referidas silagens. Os objetivos específicos foram obtidos através de dois capítulos em formato de capítulos.

Capítulo I. Avaliar o efeito da utilização de níveis crescente de polpa cítrica peletizada associada ou não a inoculante microbiano comercial na ensilagem de capim-Massai em relação à composição químico-bromatológica, parâmetros fermentativos e parâmetros de perdas da forragem ensilada.

Capítulo II. Avaliar o efeito da utilização de níveis crescente de polpa cítrica peletizada associada ou não a inoculante microbiano comercial na ensilagem de capim-Massai em relação ao fracionamento de proteínas e carboidratos na forragem ensilada.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Estacionalidade da Produção de Plantas Forrageiras

O potencial de produção animal cresce num ritmo acelerado e a produção de alimentos é constantemente provocada a suprir esta deficiência por intermédio da melhoria das práticas de manejo das pastagens.

No Brasil as pastagens constituem a base da dieta dos animais nos sistemas de produção. Contudo, a estacionalidade da produção forrageira vem sendo considerada um dos principais entraves que contribuem para a baixa produtividade dos rebanhos. Devido ao desequilíbrio entre oferta e demanda dependentes das condições climáticas, divididas em duas estações bem características: uma quente e chuvosa, com dias longos, onde ocorre uma abundante produção de forragem com bom valor nutritivo representada pela primavera e verão; e outra seca, com temperaturas amenas e dias mais curtos onde as forrageiras se tornam escassas e de baixo valor nutritivo representada pelo outono e inverno (PEREIRA et al., 1999; SANTOS & ZANINE, 2006; FARIA et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2014).

Neste contexto, a estacionalidade determina uma distribuição desuniforme da produção forrageira ao longo do ano, indicando o grande potencial para conservação de forragens por meio da ensilagem. Como alternativa às culturas tradicionais de milho e sorgo (COAN et al., 2007; BERNARDES & CHIZZOTTI, 2012), através do estabelecimentos de práticas de manejo, orientadas em função da otimização do uso do excedente de forragem produzida.

### 2.2 Características do Capim-Massai para Ensilagem

As gramíneas do gênero *Megathyrsus maximum* tem sua origem na África tropical (JANK, 1995). Segundo Chase (1944), sua introdução no Brasil ocorreu através do tráfico negreiro, já que os capins eram utilizados como cama nos navios e, sua disseminação no país ocorreu rapidamente a partir das regiões onde os navios eram descarregados.

Segundo Gomes et al. (2011), as gramíneas do gênero *Megathyrsus* estão entre as forrageiras mais utilizadas nos sistema de produção animal no Brasil. Conhecidas pela boa adaptação às mais variadas condições edafoclimáticas, produzem cerca de 10 a 20 toneladas de massa seca por hectare por ano. Apresentam boa capacidade de produção de folhas, alto valor nutritivo e valores médios de carboidratos solúveis que variam de 3,34 a 5,45%. Contudo, seu hábito de crescimento cespitoso exige manejo adequado para evitar acúmulo de colmos e queda do valor nutritivo, sendo a ensilagem do excedente produzido uma forma eficiente de uso (CECATO et al., 2000; CANO et al., 2004; JANK et al., 2010; JANUSCKIEWICZ et al., 2010; MOCHEL FILHO et al., 2016).

O cultivar capim-Massai (*Megathyrsus maximum* cv. Massai), um híbrido espontâneo entre *M. maximum* e *M. infestum* (Registro SNPA BRA 007102, e ORSTOM T21) (EMBRAPA, 2001), foi lançado comercialmente em 2001 pela Embrapa Gado de Corte e parcerias, com o objetivo de aumentar a diversidade de plantas forrageiras para a alimentação animal. Apresenta produção de matéria seca ao redor de 15,6 toneladas de massa seca por hectare ano, tendo como principais características a alta relação folha/colmo (30%), menor estacionalidade de produção forrageira (53%) mesmo com menor altura apresentando elevados percentuais de proteína bruta nas folhas (12,5%) e nos colmos (8,5%). Além de alta resistência a diferentes condições climáticas, boa adaptabilidade quando submetido a sombreamento, a solos com elevada acidez e baixa fertilidade (OLIVEIRA et al., 2011; BORJA et al., 2012; SILVA et al., 2018). Com porte baixo (60 cm), folhas estreitas, eretas e

quebradiças nas pontas florescem e produzem sementes várias vezes ao ano, com florescimento rápido, intenso e concentrado, sobretudo em maio (EMBRAPA, 2001), além de possuir um sistema radicular mais adaptado a solos que apresentam maior compactação (BRÂNCIO et al., 2003; BERNARDES et al., 2005).

Em experimentos avaliando o efeito da inclusão de 8, 16, e 24% da torta de dendê na ensilagem de capim-Massai com 40 dias de rebrota sobre os parâmetros químicos-bromatológicos e fermentativos, Oliveira et al. (2011) verificaram que a torta de dendê melhorou os padrões supracitados. Dentre os níveis de inclusão, o mais adequado foi o de 24%, uma vez que proporcionou os maiores teores de MS e PB; e menores teores da fração fibrosa e redução dos valores de pH (3,99) e N-NH<sub>3</sub>(1,63%).

Ao avaliarem o melhor nível de inclusão de farelo de girassol (8, 16 e 24%) em silagens de capim-Massai, Borja et al. (2012) citaram que o nível de inclusão entre 2,14 e 13,91% proporcionaram valores de MS entre 25-35%. Ademais, promoveu efeito linear crescente na proporção de PB (18%) com inclusão de 24% do farelo de girassol.

A inclusão de farinha de amendoim (8, 16 e 24%) na ensilagem de capim-Massai com 40 dias de rebrota, proporcionou aumento dos teores de MS (de 29,8 para 40,4%) e de carboidratos não fibrosos (de 15 para 16,6%), com aumento linear dos valores de digestibilidade e características fermentativas, além de efeito positivo nos níveis de N-NH<sub>3</sub> de 9,14 para 8,37 (LIMA et al., 2013).

Ao avaliarem a qualidade da silagem do capim-Massai em cinco diferentes períodos de abertura (12, 24, 36 e 48 h) e três idades de corte (35, 49 e 63 dias) após o emurchecimento, Orrico Junior et al. (2014) verificaram que o emurchecimento teve efeito positivo sobre o teor de PB (7,64%), MS (52,52%) e pH (4,30) quando comparado com as silagens sem emurchecimento, 6,45%, 33,39% e 4,80, respectivamente. Quanto aos teores da FDN (68,23%) e FDA (41,68%), os maiores valores foram registrados nas silagens sem emurchecimento, possivelmente devido à maior degradação de proteínas e carboidratos não fibrosos, aumentando assim a proporção de fibra das silagens.

## 2.3 Ensilagem

Ensilagem é o processo de fermentação anaeróbia da massa de forragem úmida, acondicionada em silos; no qual, os carboidratos solúveis são convertidos em ácidos orgânicos pela ação de microrganismos, que proliferam e criam condições adequadas à conservação.

A ensilagem tem como objetivo preservar as características qualitativas originais da massa de forragem, pela concentração de ácido lático suficiente para inibir atividade microbiana indesejável e, assim, promover a conservação do material ensilado (OHMOMO et al., 2002; NEUMANN et al., 2010; LIMA JÚNIOR et al., 2014). Esse processo é dividido em quatro fases: fase aeróbia, fase de fermentação, fase de estabilidade e fase de deterioração aeróbia na abertura (McDONALD et al., 1991).

A fase aeróbia, inicia-se após o corte da forragem e prolonga-se até poucas horas depois do fechamento do silo. Alta concentração de O<sub>2</sub> retido no material ensilado e valores de pH entre 6,0 e 6,5 beneficiam o crescimento de microrganismos aeróbios que convertem os carboidratos solúveis da forragem em dióxido de carbono e água, com produção de calor. A atuação destes sobre o processo respiratório da planta promove redução do O<sub>2</sub> e início da segunda fase. Com duração que varia entre quatro e seis horas, de acordo com o tamanho da partícula e pressão de compactação utilizada.

Na fase de fermentação, ocorre queda acentuada do pH e inibição da atividade proteolítica das enzimas vegetais, pela formação de ácido lático. As primeiras bactérias a atuarem são as enterobactérias produtoras de ácido acético e as bactérias heterofermentativas

produtoras de ácido lático, acético e CO<sub>2</sub> remanescentes da primeira fase. Estas se desenvolvem por um período de 24 a 72 horas, causando a redução do pH pela presença de ácido acético, acarretando mudanças na população de bactérias, predominando por sua vez as homofermentativas, que se desenvolvem por até 4 semanas. Estas são mais eficientes na produção de ácido lático, e estimulam rápida queda do pH para valores abaixo de 5,0, de acordo com o teor de umidade, capacidade tampão e disponibilidade de carboidratos solúveis.

Em seguida a população de enterobactérias e bactérias heterofermentativas reduzem rapidamente devido à acidificação do meio. Após queda acentuada do pH e esgotamento dos carboidratos solúveis, as bactérias lácticas tornam-se inativas e sua proporção reduz lentamente. Esta fase dura em média de 15 a 20 dias, até atingir a estabilização.

A fase de estabilidade, com pH ácido entre 3,8 a 4,2 e o estado de anaerobiose, conservam a massa ensilada impedindo o crescimento de microrganismos indesejáveis e interrupção dos processos de fermentação até abertura do silo.

A deterioração aeróbia, pode ocorrer na abertura do silo devido à entrada de O<sub>2</sub> na massa ensilada, que causa a ativação de esporos de fungos e bactérias aeróbias estimulando reações indesejáveis que oxidam o material ensilado pelo consumo de substrato renascentes das fases anteriores com produção de calor e dióxido de carbono.

Reis & Rosa (2001), citam que os fatores que determinam o padrão de fermentação durante a ensilagem interagem entre si, como: o baixo teor de matéria seca, o baixo teor de carboidratos solúveis e o alto poder tampão das plantas forrageiras.

No decorrer do processo fermentativo, as transformações bioquímicas dentro do silo geram perdas, de modo que nem todo o potencial da planta ensilada é transformado em silagem de qualidade. Podendo ser divididas em: perdas evitáveis, que representam cerca de até 31% do material ensilado; perdas não evitáveis, que representam até 15% da massa ensilada. Com perdas totais variando de 7 a 40%. Além destas, existem as perdas físicas, que ocorrem nas etapas iniciais da ensilagem e após abertura do silo devido ao manejo inadequado (McDONALD et al., 1991; SANTOS & ZANINE, 2006; LANES et al., 2006; NEUMANN et al., 2007).

## **2.4 Ensilagem de Gramíneas Tropicais**

A ensilagem de gramíneas tropicais tem despertado atenção de pequenos e grandes produtores nos últimos anos, como alternativa interessante, em detrimento às culturas tradicionais de milho e sorgo (COAN et al., 2007; BERNARDES & CHIZZOTTI, 2012). Por apresentar vantagens que as tornam estrategicamente favoráveis como ser proveniente de uma pastagem já estabelecida, ser perene, apresentar alta capacidade de produção de massa seca, bom valor nutritivo que suporta elevada taxa de lotação e possibilita flexibilidade de manejo na tomada de decisões dentro da propriedade (SANTOS et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2007; MONTEIRO et al., 2011). Além disso, o aumento do uso de gramíneas tropicais, deve-se ao crescente número de pesquisas sobre as características qualitativas destas conservadas sob a forma de silagem.

Segundo McDonald et al. (1991), a ensilagem não melhora as características qualitativas da planta ensilada, mas propõe-se a preservá-las por mais tempo. No entanto, com o avançar do estágio de maturidade das plantas ocorre um aumento na produtividade por área, mas com baixo valor nutritivo. Devido a redução do conteúdo celular como carboidratos solúveis e proteínas, com aumento de frações indigestíveis como lignina, celulose e hemicelulose pela menor relação folha/colmo diminuindo a digestibilidade (EUCLIDES et al., 1990), fazendo com que o material ensilado também seja de baixo valor nutritivo.

Contudo, se colhidas em estágio inicial de crescimento vegetativo, quando possuem maior valor nutritivo, apresentaram fermentações secundárias indesejáveis, devido ao alto teor

de umidade, baixos teores de ácido láctico, alto pH e nitrogênio amoniacal. Resultado dos baixos teores de matéria seca, carboidratos solúveis e elevado poder tampão no ponto ideal de colheita para ensilagem (PEREIRA et al., 1999) prejudicando o valor nutritivo, quando comparado com as culturas tradicionais de milho e sorgo.

Estas características parecem ser os principais obstáculos para confecção de silagens com qualidade, mas que podem ser melhoradas pelo manejo adequado dos intervalos de corte. Segundo Ávila et al. (2006), a idade de corte ideal para ensilagem deve variar entre 60 e 70 dias ou menos. Porém, vale ressaltar que a idade de corte será influenciada pela extensão do intervalo entre os cortes, condições edafoclimáticas entre outros. Lavezzo (1992) cita que após comparação do resultado de diversos trabalhos de pesquisa com capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) com idade variando entre 50 à 120 dias de rebrota, observou que existe uma correlação negativa alta entre produtividade e valor nutritivo.

Ao avaliar a composição bromatológica de silagens de capim-mombaça (*Megathyrus maximum* Jacq.), com diferentes idades de rebrota (35, 45, 55 e 65 dias) em seis períodos de fermentação (1, 3, 7, 14, 28 e 56 dias), Vasconcelos et al. (2009) observaram que o valor nutritivo do capim reduziu com a idade de rebrota, o que já era esperado. Ademais, foi observado redução dos teores de MS, proteína bruta, FDN e carboidratos solúveis em função do período fermentativo. O teor de N-NH<sub>3</sub>/NT reduziu e aumentou linearmente com a idade de rebrota e período de fermentação. Com valores de N-NH<sub>3</sub>/NT ao final do período de fermentação, variando de 10,43% (35 dias de rebrota) a 6,65% de N total (65 dias de rebrota).

Segundo Penteado et al. (2007), o aumento do estágio de maturidade da planta, torna-as adequadas para a ensilagem, pelo aumento do teor de matéria seca, carboidratos solúveis e população epífita de bactérias lácticas. Em contra partida, ocorre queda do valor nutritivo podendo resultar em silagens menos digestíveis; como observado por Vasconcelos et al. (2009) em silagens de capim-mombaça com 35, 45, 55 e 65 dias, com valores de digestibilidade variando de 49,63 para 45%.

À umidade da forrageira a ser ensilada, afeta diretamente a proporção de microrganismos presentes no silo. Segundo McDonald et al. (1991), o teor adequado de matéria seca deve variar entre 30 e 40%. Pois teores excessivos de umidade, caracterizados por matéria seca inferior a 20%, reduzem os efeitos preservativos das fermentações ácidas. Devido à diluição dos ácidos orgânicos produzidos pelos microrganismos, prejudicando a redução do pH (<5,0) com desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium* à custa dos carboidratos solúveis e proteínas presentes no material ensilado. Ademais, o alto teor de umidade gera uma grande quantidade de efluente ocasionando perdas do valor nutritivo (OHMOMO et al., 2002; BERGAMASCHINE et al., 2006; JOBIM et al., 2007). Vale ressaltar que uma rápida queda do pH inibe o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, pois são susceptíveis ao pH baixo. Além disso, o aumento do teor de matéria seca permite o controle destes microrganismos, visto que são susceptíveis à baixa umidade (McDONALD et al., 1991). Teor de matéria seca superior a 40% dificulta a compactação, não havendo eliminação adequada do oxigênio, criando condições para fermentações secundárias pela atuação de microrganismos aeróbios pela formação de bolsões de ar. Ainda pode-se observar aquecimento e desenvolvimento de mofo; e alterações químicas como a reação de Maillard. Neste caso, recomendam-se partículas de menor tamanho para melhor acomodação do material dentro do silo (McDONALD et al., 1991; TOSI et al., 1999; EVANGELISTA et al., 2004).

A proporção de carboidratos solúveis presentes nas plantas para ensilagem é essencial no processo fermentativo, pois é o principal substrato utilizado pelos microrganismos para redução do pH a níveis menores que 4,2 e conservação da massa ensilada (McDONALD et al., 1991; SANTOS & ZANINE, 2006; ÁVILA et al., 2006).

A proporção mínima necessária para garantir fermentação láctica de acordo com McDonald et al. (1991), está em torno de 6 a 8% da MS, entretanto, Johnson et al. (1966) *apud* Coan et al. (2007), estabeleceram como mínimo necessário o teor de 15% na MS de forragens colhidas precocemente. Segundo Lima Júnior et al. (2014), apesar de controversa a proporção ideal de carboidratos solúveis na planta a ser ensilada, os níveis entre 6 e 16% vem sendo reportados nas pesquisas como fomentadores da fermentação láctica na ensilagem de gramíneas tropicais.

Quanto a capacidade tampão, esta consiste na capacidade da planta em manter ou resistir às variações de pH. Parte das propriedades tamponantes na silagem é atribuída a um conjunto de ácidos orgânicos em que suas proporções determinam o sucesso da redução do pH na fase de fermentação ativa.

O principal problema de ensilar gramíneas tropicais com alta capacidade tampão é a dependência de uma maior proporção de carboidratos solúveis para aumentar a concentração de ácidos orgânicos para redução do pH; uma vez que o retardamento da queda do pH induz a uma maior perda de qualidade do material ensilado (ÁVILA et al., 2006; COAN et al., 2007). Vale ressaltar que o pH ideal para a conservação é totalmente dependente da umidade. Para silagens com teor de matéria seca superior a 20% é aceitável pH entre 3,6 a 4,2 para conservação satisfatória (McDONALD et al., 1991).

Associado aos fatores relacionados às plantas que afetam a qualidade do material ensilado, também destacam-se os referentes ao manejo utilizado na colheita, picagem e compactação. A picagem promove o rompimento das células com liberação de enzimas, que degradam parte da parede celular, aumentando a proporção de carboidratos solúveis no material ensilado, e acomodação do mesmo no interior do silo. Sendo recomendadas partículas com tamanho de 2 cm, por proporcionar melhor eliminação de oxigênio e acomodação do material dentro do silo; maior disponibilidade de carboidratos solúveis e crescimento de bactérias ácido-láticas pela interação substrato-microrganismo com rápida queda do pH (McDONALD et al., 1991).

Associado a picagem, à compactação permite rápida obtenção do ambiente anaeróbio. No entanto, é dependente do teor de MS e tamanho da partícula (WASCHECK et al., 2008). A boa compactação deve eliminar o máximo de oxigênio e, assim, estimular o crescimento de bactérias produtoras de ácido láctico e reduzir a atividade respiratória das plantas favorecendo a conservação pela rápida queda do pH (SANTOS & ZANINE, 2006).

Com objetivo de avaliar o valor nutritivo de silagens de capim-marandu (*Urochloa brizantha*) com 60 dias de rebrota produzidas a partir de quatro pressões de compactação (100, 120, 140 e 160 kg MS/m<sup>3</sup>), Amaral et al. (2007) observaram que em todos os tratamentos houve baixa produção de efluente, devido alto teor de MS da forragem antes da ensilagem (32%). Além do efeito das pressões de compactação sobre os valores de pH, maiores pressões proporcionaram menores pH (4,9 e 4,8) em comparação com as menores pressões (6,8 e 6,8). Os teores de N-NH<sub>3</sub>/NT das silagens não foram influenciados pelas pressões de compactação (9,5, 10,4, 11,5 e 9,6%). A maior pressão de compactação promoveu decréscimo dos valores da FDN (78,1 a 76,2%) e FDA (40 a 37,9%) e aumento da recuperação de MS (83,1 a 96,4%).

Contudo, Loures et al. (2003) observaram que capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) com 13% de matéria seca submetido a cinco pressões de compactação na ensilagem (356, 446, 531, 684 e 791 kg m<sup>3</sup> de MV) e tamanho de partícula de 0,63 a 1,27 mm apresentou alta produção de efluente à medida que ocorreu aumento das pressões de compactação nos primeiros dias da ensilagem, devido ao baixo teor de matéria seca do capim antes da ensilagem.

Em um levantamento realizado por Igarasi (2002) *apud* Amaral et al. (2007), foi possível observar que a densidade média de compactação utilizada na ensilagem de gramíneas

do gênero *Panicum* e *Urochloa* foi de 142 kg MS/m<sup>3</sup> variando entre 87 a 230 kg MS/m<sup>3</sup> de MS, onde de 93% das amostras avaliadas apresentaram densidade inferior a 200 kg MS/m<sup>3</sup> e 21% menor que 100 kg MS/m<sup>3</sup>. Embora não haja um valor considerado ideal de compactação para silagens de capins, recomenda-se valores entre 550 a 850 kg de MV/m<sup>3</sup> e, valores mínimos de 225 kg de MS/m<sup>3</sup>. Contudo, raramente esses valores são observados em silagens com alto conteúdo de umidade (JOBIM et al., 2007).

Reis & Rosa (2001), citam que é grande a variabilidade da qualidade das silagens de gramíneas tropicais quando se avalia variáveis como pH, nitrogênio amoniacal e a proporção de ácidos orgânicos. Igualmente as variações de qualidade das plantas forrageiras, já que essas são distintas quanto a suas características morfológicas e valor nutritivo.

## 2.5 Aditivos para Ensilagem

Aditivos são produtos adicionados durante a ensilagem de plantas que não apresentam condições desejáveis para conservação, e com o objetivo de melhorar a atividade fermentativa através da modificação do teor de matéria seca, carboidratos solúveis e redução do pH, os quais beneficiam a conservação e melhora do valor nutritivo do material ensilado com o mínimo de perdas.

Na literatura sua classificação é variada em função das suas características físico-químicas, objetivo ou ação esperada. Segundo Neumann et al. (2010) e Schmidt et al. (2014), o aditivo ideal deve proporcionar segurança e facilidade de uso, estimular a fermentação através do fornecimento de carboidratos solúveis, melhorar a qualidade higiênica da silagem, prevenir ou inibir fermentações indesejáveis, proporcionar condições para atividade de microrganismos desejáveis e inibir a atividade de microrganismos como bactérias do gênero *Clostridium*, melhorar o valor nutritivo e estabilidade aeróbia da massa ensilada. Porém, nem todas as características citadas são possíveis de serem encontradas em um único aditivo, ademais, vale ressaltar que a coincidência entre as funções dos mesmos é grande.

Uma extensa variedade de aditivos podem ser utilizados na ensilagem de gramíneas tropicais. Segundo McDonald et al. (1991), os mesmos podem ser classificados em: estimulantes da fermentação - representados normalmente por culturas bacterianas e fontes de carboidratos solúveis que estimulam o desenvolvimento de bactérias lácticas; inibidores de fermentações indesejáveis - representados por ácidos orgânicos; inibidores de deterioração aeróbia e fontes de nutrientes e/ou absorventes de umidade.

Desta forma, deve-se definir qual o objetivo do uso do aditivo, para garantir resultados satisfatórios no processo fermentativo.

### 2.5.1 Aditivos sequestrantes de umidade

Os aditivos sequestrantes de umidade possuem alto teor de matéria seca e por este motivo são os mais utilizados na ensilagem de gramíneas tropicais. Esta característica permite elevar o teor de matéria seca do material ensilado e reduzir a produção de efluentes. Normalmente estes aditivos são fontes de carboidratos, cereais, farelos, entre outros, sendo os mais utilizados a polpa cítrica peletizada, o farelo de trigo e o fubá de milho (ÁVILA et al., 2006; SANTOS et al., 2010; ANDRADE et al., 2010).

Dentre estes aditivos tem-se o destaque para o uso da polpa cítrica peletizada, uma vez que apresenta conteúdo de NDT variando entre 83 e 88% e teor de matéria seca de 88%, e teor de carboidratos solúveis variando entre 11 e 43% (REIS & ROSA, 2001), contribuindo para redução de perdas e preservando os nutrientes que seriam perdidos por fermentações secundárias durante o armazenamento (RIBEIRO et al., 2009).

Bernardes et al. (2005), observaram benefícios quanto ao uso da polpa cítrica (5 e 10%) no perfil fermentativo e microbiológico de silagens de capim-marandu (*Urochloa brizantha*). Rodrigues et al. (2005) utilizando capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), citaram que o alto teor de carboidratos solúveis da polpa cítrica melhorou a atividade fermentativa e o valor nutritivo da silagem com adição de 4,7 a 7,6% de polpa cítrica.

Todavia, um dos entraves do uso da polpa cítrica na ensilagem de capim é o seu custo, que oscila em função do mercado (PEREIRA et al., 1999). Quanto a proporção de polpa cítrica a ser utilizada na ensilagem de gramíneas tropicais, Bergamaschine et al. (2006) citam que resultados expressivos foram obtidos com níveis de inclusão entre 4 e 15%.

Yasuoka et al. (2015), com o objetivo de avaliar o efeito da inclusão polpa cítrica peletizada (10, 20 e 30%) na qualidade da silagem de capim-xaraés (*Urochloa brizantha* cv. Xaraés) com 54 dias de rebrota, observaram que a inclusão da polpa cítrica não influenciou os teores de matéria seca, mas reduziu cerca de 1,2 unidade percentual o teor de proteína bruta para cada 1% de inclusão de polpa cítrica. Os teores da FDN e FDA foram de 67,5 para 63,2%; e 35,4 para 33,7%, respectivamente. Quanto ao pH, somente o nível de inclusão de 30% diferiram dos demais (4,1). Os autores citam que a inclusão de 30% é indicada por melhorar a qualidade da fração fibrosa, mantendo aceitáveis os valores de pH.

Contudo, Rodrigues et al. (2005), citam que os níveis de inclusão inferior a 4,7 e superior a 7,6 podem comprometer a atividade fermentativa ou o valor nutritivo da silagem de capim-elefante.

Fica evidente que o uso de aditivo absorvente em plantas forrageiras é totalmente depende das características do material ensilado. Mas quando utilizado em quantidades adequadas proporciona aumento do teor de matéria seca, melhora o valor nutritivo e torna o ambiente menos favorável para o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, como observado nos trabalhos apresentados, reduzindo perdas por efluentes.

## 2.5.2 Aditivos microbianos

Os aditivos microbianos abrangem hoje a classe de aditivos em mais rápida expansão e adoção em todo mundo. Os fabricantes sugerem que o uso deles melhora a atividade fermentativa, reduz as perdas de nutrientes e proporciona maior estabilidade da massa ensilada após abertura do silo, destacando-se nas pesquisas científicas por apresentarem a vantagem de serem seguros, de fácil manipulação, não corrosivos e não poluírem o meio ambiente (REIS & ROSA, 2001; ÁVILA et al., 2009).

O objetivo dos aditivos microbianos é impedir o crescimento de microrganismos aeróbios, microrganismos anaeróbios indesejáveis como enterobactérias e clostrídeos, inibir a ação de proteases da planta, incluir microrganismos favoráveis a atividade fermentativa e favorecer a recuperação de matéria seca da massa ensilada, além de melhorar a qualidade sanitária da silagem (ZAPOLLATTO et al., 2009).

Basicamente, os inoculantes microbianos contêm bactérias suplementares à população epífita da forrageira e se dividem em dois grupos constituídos de bactérias homofermentativas e bactérias heterofermentativas, ou a combinação destas. O primeiro grupo caracteriza-se por microrganismos capazes de estimular uma rápida atividade fermentativa, com maior produção de ácido lático, menores teores de ácido acético e butírico, com rápida queda do pH e maior recuperação de matéria seca. O segundo grupo representa os microrganismos que utilizam os ácidos disponíveis no material ensilado como substrato, além do ácido lático, produzem ácido acético, evitam o desenvolvimento de leveduras e fungos filamentosos sob baixo pH e permitem maior estabilidade aeróbia das silagens (McDONALD et al., 1991; ZAPOLLATTO et al., 2009; ÁVILA et al., 2009; SCHMIDT et al., 2014). A combinação destas, permite conciliar o efeito benéfico da elevada produção de ácido lático e

rápida queda do pH com a produção de ácido acético, além da maior estabilidade da massa ensilada após abertura do silo (RIBEIRO et al., 2009).

Segundo Zapollatto et al. (2009), existe uma grande diversidade de microrganismos utilizados na inoculação dos aditivos, sendo as principais espécies de bactérias homofermentativas utilizadas: *Lactobacillus plantarum*, *L. acidophilus*, *L. casei*, ademais vários *Pediococcus* e *Enterococcus faecium*. Quanto às bactérias heterofermentativas as mais utilizadas são: *Propionobacterium acidipropionici* e o *Lactobacillus buchneri*.

Contudo, a eficiência dos aditivos microbianos é totalmente dependente das características da planta ensilada e da população epífita da mesma, que é variável ao longo do seu ciclo e condições ambientais (REIS & ROSA, 2001; POZZA et al., 2011).

Grande parte dos aditivos microbianos apresentam em sua formulação uma associação de bactérias com enzimas fibrolíticas derivadas de subprodutos microbianos (PATRIZI et al., 2004). Estas enzimas são utilizadas com o intuito de reduzir o conteúdo de fibra da silagem através da degradação parcial de celulose, da pectina e da hemicelulose, aumentando a disponibilidade de substratos para atuação de microrganismos desejáveis, como bactérias ácido lácticas, resultando em aumento da produção de ácido láctico e rápida queda do pH (REIS & ROSA, 2001; ZAPOLLATTO et al., 2009).

Neste contexto, vale ressaltar que todos os aditivos microbianos devem ser utilizados com o intuito de corrigir as características das plantas forrageiras para melhorar o processo de ensilagem ou de melhorar a atividade fermentativa através da adequação dos microrganismos e do substrato. Assim, o tipo de aditivo a ser utilizado dependerá do teor de matéria seca e carboidratos solúveis do material a ser ensilado, mas também das características do microrganismo inoculado com base na sua classificação e função.

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, R. C.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R.; REIS, R. A. Características fermentativas e químicas de silagens de capim-marandu produzidas com quatro pressões de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.532-539, 2007.
- ANDRADE, I. V. O.; PIRES, A. J. V.; CARALHO, G. G. P.; 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.
- ÁVILA, C. L. S.; PINTO, J. C.; FIGUEREDO, H. C. P.; MORAIS, A. R.; PEREIRA, O.G.; SCHWAN, R.F. Estabilidade aeróbia de silagens de capim-mombaça tratadas com *Lactobacillus buchneri*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.779-787, 2009.
- ÁVILA, C. L. S.; PINTO, J. C.; TAVARES, V. B.; SANTOS, Í. P. A. Avaliação dos conteúdos de carboidratos solúveis do capim-tanzânia ensilado com aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.648-654, 2006.
- BERGAMASCHINE, A. F.; PASSIPÉRI, 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 emurcheada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1454-1462, 2006.
- BERNARDES, T. F.; CHIZZOTTI, F. H. M. Technological innovations in silage production and utilization. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.3, p.629-641, 2012.
- BERNARDES, T. F.; REIS, R. A.; MOREIRA, A. L. Fermentative and microbiological profile of marandu-grass ensiled with citrus pulp pellets. **Scientia Agricola**, v.62, n.3, p.214-220, 2005.
- BORJA, M. S.; OLIVEIRA, R. L.; LIMA, L. S.; BAGALDO, A. R.; CARVALHO, G. G. P.; RIBEIRO, C.V.D.M. Sunflower meal concentrations in massai grass silage. **Revista Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.17, n.2, p. 3041-3046, 2012.
- BRÂNCIO, P. A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; EUCLIDES, V. P. B.; FONSECA, D. M.; ALMEIDA, R. G.; MACEDO, M. C. M.; BARBOSA, R. A. Avaliação de Três Cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob Pastejo: Composição da Dieta, Consumo de Matéria Seca e Ganho de Peso Animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1037-1044, 2003.
- CANO, C. C. P.; CECATO, U.; CANTO, M. W.; RODRIGUES, A. B.; JOBIM, C. C.; RODRIGUES, A. M.; GALBEIRO, S.; NASCIMENTO, W. G. Produção de Forragem do Capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1) Pastejado em Diferentes Alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1949-1958, 2004 (Supl. 2).
- CECATO, U.; MACHADO, A. O.; MARTINS, E. N.; PEREIRA, L. A. F.; BARBOSA, M. A. A. F.; SANTOS, G. T. Avaliação da Produção e de Algumas Características da Rebrotada de Cultivares e Acessos de *Panicum maximum* Jacq. sob duas Alturas de Corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.660-668, 2000.

CHASE, A. Grasses of Brazil and Venezuela. **Agriculture in America**, v.4, p.123-126, 1944.

COAN, R. M.; REIS, R. A.; GARCIA, G. R.; SCHON-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 (supl.).

LEMPP, B.; SOUZA, F.H.D. de; COSTA, J.C.G.; BONO, J.A.M.; VALÉRIO, J.R.; JANK, L.; MACEDO, M.C.M.; EUCLIDES, V.B.P.; SAVIDAN, Y.H. **Capim-massai (*Panicum maximum* cv. Massai)**: alternativa para diversificação de pastagens. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001. 5p. (Embrapa Gado de Corte. Comunicado técnico, 69).

EUCLIDES, V. P. B.; VALLE, C. B.; SILVA, J. M. S.; VIEIRA, A. Avaliação de forrageiras tropicais manejadas para produção de feno em pé. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, n.3, p.393-407, 1990.

EVANGELISTA, A. R.; ABREU, J. G.; AMARAL, P. N. C.; PEREIRA, R. C.; SALVADOR, F. M.; SANTANA, R. A. V. Produção de silagem de capim-marandu (*brachiaria brizantha* stapf cv. marandu) com e sem emurchecimento. **Ciência Agrotécnica**, v.28, n.2, p.443-449, 2004.

FARIA, D. J. G.; GARCIA, R.; TONUCCI, R. G.; TAVARES, V. B.; PEREIRA, O. G.; FONSECA, D. M. Produção e composição do efluente da silagem de capim-elefante com casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.3, p.471-478, 2010.

GOMES, R. A.; LEMPP, B.; JANK, L. CARPEJANI, G. C.; et al. Características anatômicas e morfofisiológicas de lâminas foliares de genótipos de *Panicum maximum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.2, p.205-211, 2011

GREGHI, G. F.; BARCELOS, B.; NETTO, A. S.; VILELA, F. G.; RODRIGUES, P. H. M.; MARINO, C. T. Contribuição da inclusão de polpa cítrica e casca de soja para a qualidade da silagem de resíduo úmido de cervejaria. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.66, n.1, p.277-283, 2014.

JANK, L. Melhoramento e seleção de variedades de *Panicum maximum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, TEMA: O CAPIM COLONIAÇÃO , 12., Piracicaba, 1995. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995, 21-58 p.

JANK, L.; MARTUSCELLO, J. A.; EUCLIDES, V. P. B.; VALLE, C. B.; RESENDE, R. M. S. **Plantas Forrageiras**. In: FONSECA, D.M. E MARTUSCELLO, J.A. Editora: UFV. Cap.5, p.166-196, 2010.

JANUSCKIEWICZ, E. R.; MAGALHÃES, M. A.; RUGGIERI, A. C.; REIS, R. A. Massa de forragem, composição morfológica e química de capim-tanzânia sob diferentes dias de descanso e alturas de resíduo pós-pastejo. **Bioscience Journal**, v. 26, n.2, p.161-172, 2010.

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

LANES, E. C. M.; OLIVEIRA, J. S.; LOPES, F. C.; VILLANI, E. M. A. Silagem de milho como alimento para o período da estiagem: como produzir e garantir boa qualidade. **CES Revista**, p.98-111, 2006.

LAVEZZO, W. Ensilagem de capim-elefante. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J.C.; FARIA, V. P. (Ed.). O capim-elefante. Simpósio Sobre Manejo da Pastagem, 10<sup>a</sup>, 1992, São Paulo. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1992. 169-275 p.

LIMA JÚNIOR, D. M.; RANGEL, A. H. N.; URBANO, S. A.; OLIVEIRA, J. P. F. MACIEL, M. V. Silagem de gramíneas tropicais não graníferas. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.10, n.2, p.01-11, 2014.

LIMA, L. S.; OLIVEIRA, R. L.; BORJA, M. S.; BAGALDO, A. R.; FARIA, E. F. S.; SILVA, T. M.; CARVALHO, G. G. P.; RIBEIRO, C. V. D. M. Peanut cake concentrations in massai grass silage. **Revista Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.18, n.1, p.3265-3272, 2013.

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.1851-1858, 2003 (Supl. 2).

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

MOCHEL FILHO, W. J. E.; CARNEIRO, M. S. S.; ANDRADE, A. C.; PEREIRA, E. S.; ANDRADE, A. P.; CÂNDIDO, M. J. D. S.; MAGALHÃES, J. A.; RODRIGUES, B. H. N.; SANTOS, F. J. S.; COSTA, N. L. Produtividade e composição bromatológica de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob irrigação e adubação azotada. **Revista de Ciências Agrárias**, v.39, n.1, p.81-88, 2016.

MONTEIRO, I. J. G.; ABREU, J. G.; CABRAIL, L. S.; RIBEIRO, M. D.; REIS, R. H. P. Silagem de capim-elefante aditivada com produtos alternativos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.33, n.4, p.347-352, 2011.

NEUMANN, M.; MÜHLBACH, P. R. F.; NÖRNBERG, J. L.; RESTLE, J.; OST, P. R. Efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho (*Zea mays* L.) sobre as perdas durante o processo fermentativo e o período de utilização das silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1395-1405, 2007.

NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; OLIVEIRA, M. R.; FARIA, M. V.; UENO, R. K.; REINERH, L. L.; DURMAN, T. Aditivos químicos utilizados em silagens. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.3, n.5, p.87-195, 2010.

OHMOMO, S; TANAKA, O; KITAMOTO, H. K; CAI, K. Silage and microbial performance, old story but new problems. **Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ**, v.36, n.2, p.59-71, 2002.

OLIVEIRA, E. R.; MONÇÃO, F. P.; MOURA, L. V.; GABRIEL, A. M. A.; TONISSI, R.H.; GÓES, B.; LEMPP, B.; NASCIMENTO, F. A. Valor nutricional de silagem de capim-

mombaça com aditivos agroindustriais. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.3, p.1543-1556, 2014.

OLIVEIRA, J. S.; SOUZA SOBRINHO, F.; REIS, F. A.; SILVA, G. A.; ROSA FILHO, S. N.; SOUZA, J. J. R.; MOREIRA, F. M.; PEREIRA, J. A.; FIRMINO, W. G. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho destinados à silagem em bacias leiteiras do estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.37, n.1, p.45-50, 2007.

OLIVEIRA, R.; RIBEIRO, O. L.; BAGALDO, A. R.; LIMA, L. S.; BORJA, M. S.; CORREIA, B. R.; COSTA, J. B.; LEÃO, A. G. Torta de dendê oriunda da produção do biodiesel na ensilagem de capim-Massai. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.12, n.4, p.881-892, 2011.

ORRICO JUNIOR, M. A. P.; VARGAS JUNIOR, F. M.; QUEIROZ, F. C. R.; ORRICO, A. C. A.; CENTURION, S.R.; SUNADA, N.S. Valor bromatológico da silagem de capim-Massai com diferentes idades de corte. **Revista Agrarian**, v.7, n.25, p.454-459, 2014.

PATRIZI, W. L.; MADRUGA JÚNIOR, C. R. F.; MINETTO, T. P.; NOGUEIRA, E.; MORAIS, M. G. Efeito de aditivos biológicos comerciais na silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.3, p.392-397, 2004.

PAZIANI, S. F.; NUSSIO, L. G.; LOURES, D. R. S.; IGARASI, M. S.; PEDROSO, A. F.; MARI, L. J. Influência do teor de matéria seca e do inoculante bacteriano nas características físicas e químicas da silagem de capim Tanzânia. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.28, n.3, p.265-271, 2006.

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, n.214, p.191-202. 2007.

PEREIRA, R. C.; BANYS, V. L.; SILVA, A. C.; PEREIRA, R. G. A. Adição de polpa cítrica peletizada na ensilagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* schum) cv. cameroon. **Revista Uni Alfenas**, v.5, p.147-152, 1999.

POZZA, M. S. S.; POZZA, P. C.; TSUTSUMI, C. Y.; ALMEIDA, R. Z.; NUNES R. V.; SABEDOT, M. A.; ZAMBOM, M.A. Populações microbianas e composição química de silagem de milho. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.10, n.1, p.91-99, 2011.

REIS, R. A.; ROSA, B. Suplementação Volumosa: conservação do excedente. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; SILVA, S. C.; FARIA, V. P. (Ed.). Planejamento de Sistemas de Produção em Pastagens. Simpósio Sobre Manejo da Pastagem, 18ª, 2001, São Paulo. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. 233-255 p.

RIBEIRO, J. L.; NUSSIO, L. G.; MOURÃO, G. B.; QUEIROZ, O. C. M.; 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.

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, E. M.; ZANINE, A. M. Silagem de gramíneas tropicais. **Colloquium Agrariae**, v. 2, n.1, p.32-45, 2006.

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

SCHMIDT, P.; SOUZA, C.M.; BACH, B .C. Uso estratégico de aditivos em silagens: Quando e como usar? In: JOBIM, C. C.; CECATO, U.; CANTO, M. W.; BANKUTI, F. I (eds.), SIMPÓSIO: PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 5.ed., Maringá, 2014. **Anais...** Maringá: UEM, 2014. 243-264 p.

SILVA, A. B.; CARVALHO, C. A. B.; PIRES, C. A.; ALMEIDA, J. C. C.; NEPOMUCENO, D. D. Effects of nitrogen dosage and urea source on morphological composition and forage accumulation in massai grass. **Semina: Ciências Agrárias**, v.39, n.4, p.1407-1416, 2018.

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

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.

VASCONCELOS, W. A.; SANTOS, E. M.; ZANINE, A. M.; PINTO, T. F.; LIMA, W. C.; EDVAN, R.L.; PEREIRA, O.G. Valor nutritivo de silagens de capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) colhido em função de idades de rebrotação. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, n.4, p.874-884, 2009.

WASCHECK, R. C.; MOREIRA, P. C.; COSTA, D. S.; DUTRA, A. R.; FERREIRA NETO, J. F.; MOREIRA, L.; CAMPOS, R. M.; LAFORGA, C. S.; REZENDE, P. L. P.; RABELO, N.A. Características da silagem de capim colômbio (*Panicum maximum*, jacq) submetido a quatro tempos de emurhecimento pré-ensilagem. **Revista Estudos**, v.35, n.3, p.385-399, 2008.

YASUOKA, J. I.; MEIRELLES, P. R. L.; SILVA, M. G. B.; GRANUZZO, J. T.; SILVA, M. P. Efeito da inclusão de polpa cítrica na ensilagem de capim-xaraés. **Boletim Industrial Animal**, v.72, n.4, p.298-303, 2015.

ZAPOLLATTO, M.; DANIEL, J. 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.

## **CAPÍTULO I**

### **COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA E DINÂMICA DE FERMENTAÇÃO DE SILAGENS DE CAPIM-MASSAI COM ADITIVOS**

## RESUMO

O experimento foi conduzido com objetivo de avaliar a recuperação de matéria seca, as perdas por gases e efluentes, as características fermentativas e o valor nutritivo de silagens de capim-Massai contendo como aditivos o inoculante microbiano e a polpa cítrica peletizada. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial  $2 \times 4$  (presença ou ausência x 10, 20 e 30% da matéria natural), com cinco repetições/tratamento. O material foi acondicionado em silos de PVC por 90 dias. Decorrido este período, foram realizadas pesagens para determinação da recuperação de matéria seca e perdas. Após abertura dos silos, amostras foram coletadas para posteriores análises de nitrogênio amoniacal, pH e composição químico-bromatológica. A adição da polpa cítrica peletizada provocou aumento dos teores de matéria seca (MS) em 28,45%, reduziu as perdas por gases e não houve produção de efluente, além de garantir altas taxas de recuperação de MS. Os valores de pH e N-amoniacal se mantiveram dentro da faixa considerada ideal para silagens de qualidade. Foi observado efeito linear decrescente da adição de polpa cítrica sobre os teores da FDA, FDN, celulose e hemicelulose, mas com pequeno aumento dos teores de lignina. Comportamento contrário foi observado para os teores de CT, que apresentaram acréscimos de 0,05% com os níveis de inclusão de polpa cítrica. Para os teores de proteína bruta a polpa cítrica proporcionou acréscimos de 0,02 unidade percentual para cada 1% de inclusão desse aditivo. Quanto aos teores de PIDN, observou-se efeito de interação, com comportamento quadrático para presença e ausência do inoculante microbiano e, pontos de mínimo igual a 15,88% e de máxima igual a 31,34% de polpa cítrica, respectivamente. Para os valores de PIDA a inclusão de polpa cítrica peletizada provocou efeito linear crescente com aumentos de 0,13% para cada 1% de inclusão desse aditivo na ensilagem de capim-Massai, com variação de 10,83 a 15,11%. As inclusões de 10 a 20% de inclusão de polpa cítrica peletizada, com base na matéria natural do capim, são suficientes para melhorar os parâmetros fermentativos e o valor nutritivo das silagens de capim-Massai.

**Palavras-chave:** Efluente, Inoculante bacteriano, *Megathyrus maximus* x *M. infestum* cv. Massai, Matéria seca, Polpa cítrica.

## ABSTRACT

The experiment was conducted with the objective of evaluate dry matter recovery, losses by gas and effluent, fermentation characteristics and nutritional value of Massai grass silage containing as additives microbial inoculant and pelleted citrus pulp. It was used a completely randomized experimental design in a  $2 \times 4$  factorial scheme (presence or absence  $\times$  10, 20 and 30% of natural matter), with five replications/treatment. The material was ensiled in PVC silos for 90 days. After this period, weighings were carried out to determine dry matter recovery and losses. After opening the silos, samples were collected for further analysis of ammoniacal nitrogen and pH and the chemical-bromatological composition. After this period, weighings were performed to determine dry matter recovery and losses. After opening the silos, samples were collected for further analysis of ammonia nitrogen, pH and chemical composition. The addition of pelleted citrus pulp caused an increase in dry matter (DM) content of 28.45%, reduced gas losses and no effluent production, and guaranteed high DM recovery rates. N-ammonia and pH values remained within the range considered ideal for quality silage. A decreasing linear effect of the addition of citrus pulp was observed on ADF, NDF, cellulose and hemicellulose contents, but with a slight increase in lignin contents. Contrary behavior was observed for CT contents, which increased by 0.05%. For crude protein contents the citrus pulp provided additions of 0.02 percentage units for each 1% inclusion of this additive. Regarding the NDIP contents, interaction effect was observed, with quadratic behavior for the presence and absence of microbial inoculant and minimum points equal to 15.88% and maximum 31.31% of citrus pulp, respectively. For ADIP values the inclusion of pelletized citrus pulp caused increasing linear effect with increases of 0.13% for each 1% inclusion of this additive in Massai grass silage, ranging from 10.83 to 15.11%. Inclusions of 10 to 20% inclusion of pelleted citrus pulp, based on the grass natural matter, are sufficient to improve the fermentative parameters and nutritional value of Massai grass silages.

**Keywords:** Bacterial inoculant, Citric pulp, Effluent, Dry matter, *Megathyrsus maximus x M. infestum* cv. Massai.

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização de plantas forrageiras conservadas sob a forma de silagem é uma prática comum nas propriedades rurais, com o intuito de suprir a escassez de alimento volumoso no decorrer do período seco garantindo a manutenção dos rebanhos. O milho e o sorgo são as forrageiras mais utilizadas para a produção de silagem, entretanto, o uso de outras forrageiras, como as gramíneas tropicais têm aumentado, tornando-se atualmente uma realidade para muitos produtores.

Segundo Bergamaschine et al. (2006) e Coan et al. (2007), dentre as gramíneas tropicais mais utilizadas para a produção de silagem, destacam-se o capim-marandu (*Urochloa brizantha*), o capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) e o capim-Tanzânia (*Megathyrsus maximus* cv. Tanzânia), devido a sua alta produtividade e bom valor nutritivo. Apesar de existir uma ampla variedade de espécies forrageiras sendo utilizadas na forma de silagem, existem ainda forrageiras tropicais com potencial produtivo e nutricional desconhecidos, quando submetidas à ensilagem. Dentre estas pode ser citado o capim-Massai (*Megathyrsus maximus* x *M. infestum* cv, Massai), que quando comparado as demais forrageiras do mesmo gênero se destaca por apresentam boa produção de matéria seca (15,6 t de MS/ha/ano), grande adaptabilidade a diferentes condições climáticas, maior relação folha:colmo (30%) e menor estacionalidade de produção forrageira (53%), mesmo com menor altura (60 cm) apresenta elevados percentuais de proteína bruta nas folhas (12,5%) e nos colmos (8,5%) (EMBRAPA, 2001; SILVA et al., 2018).

Apesar de todas estas vantagens, as gramíneas tropicais em estágio de crescimento vegetativo, ideal para ensilagem, apresentam baixo teor de matéria seca, baixa proporção de carboidratos solúveis e alta capacidade tampão o que pode comprometer o processo fermentativo, favorecendo o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis resultando em silagens de baixa qualidade, com perdas que variam de 7 a 40% (McDONALD et al., 1991; ANDRADE et al., 2010b).

Assim, com o propósito de reduzir as perdas na ensilagem de capim-Massai pesquisas vêm sendo realizadas com o intuito de avaliar o uso de aditivos que favoreçam a ensilagem destes materiais, contribuindo para preservar o valor nutritivo da silagem. Os aditivos têm como função modificar o processo fermentativo, levando a alterações de pH da massa de forragem ensilada. Dentre os materiais que podem ser utilizados como aditivos, os absorventes de umidade destacam-se dos demais por favorecer a redução da produção de efluentes e estimularem a microflora do material ensilado pelo fornecimento de carboidratos solúveis (ÁVILA et al., 2006; ANDRADE et al., 2010). Entre os mais utilizados, atualmente a polpa cítrica, apresenta-se como uma alternativa interessante, haja visto que possui alta proporção de carboidratos solúveis (11 a 43%) e elevada capacidade absorvente (83 a 88% de MS) (PEREIRA et al., 1999a) contribuindo para a fermentação láctica. Além da polpa cítrica, os aditivos microbiológicos também possuem grande destaque na ensilagem, uma vez que abrangem hoje a classe de aditivo em mais rápida expansão e adoção em todo mundo por serem seguros e não poluírem o meio ambiente, também melhoram a qualidade do processo fermentativo, reduzem perdas de nutrientes e proporcionam maior estabilidade da massa ensilada após abertura do silo (ÁVILA et al., 2009). Partindo-se da hipótese científica de que o uso de polpa cítrica associado, ou não ao inoculante microbiano na ensilagem de capim-Massai proporcionará melhor eficiência fermentativa e maximizará o valor nutritivo da massa de forragem ensilada.

Neste contexto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito da utilização de níveis crescentes de polpa cítrica peletizada associada ou não ao inoculante microbiano comercial na ensilagem de capim-Massai em relação à composição químico-bromatológica, parâmetros fermentativos e perdas da forragem ensilada.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Local do Estudo

O experimento foi conduzido no Departamento de Nutrição Animal e Pastagens, do Instituto de Zootecnia (IZ), da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), município de Seropédica - RJ, Brasil, situado a 22°45' de latitude Sul e 43°41' de longitude Oeste e a 33 metros de altitude, no período de dezembro de 2015 a dezembro de 2016.

O clima da região é classificado como Aw, segundo Köepen, com uma estação seca que se estende de abril a setembro e outra quente e chuvosa, de outubro a março com precipitação pluviométrica média anual de 1.354 mm e temperatura média anual de 28 °C.

### 2.2 Área Experimental

A espécie forrageira utilizada foi o capim-Massai (*Megathyrsus maximus x M. infestum* cv. Massai), estabelecido na área experimental do Departamento de Nutrição Animal e Pastagens, em 05/05/2011.

Em 18/12/2015 foi realizada uma adubação de manutenção após o corte de uniformização do capim-Massai, com 100kg/ha de N e 67kg/ha de K<sub>2</sub>O conforme as recomendações do manual de adubação do Rio de Janeiro (PORTZ et al., 2013).

### 2.3 Cortes, Colheita da Forragem e Preparo das Silagens

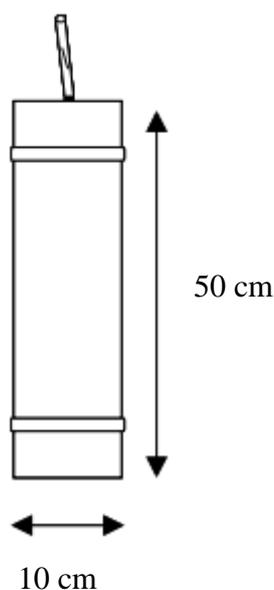
O experimento teve início com o corte de uniformização do capim-Massai (15/12/2015) a 5 cm do solo, utilizando-se de roçadeira costal.

Decorrido um período de 50 dias de crescimento vegetativo (altura média de 35 cm), foi realizado corte e colheita da forragem a 5 cm do solo utilizando-se roçadeira costal. O material foi retirado da área experimental e encaminhado ao Setor de Bovinocultura de Leite pertencente ao Instituto de Zootecnia da UFRRJ, acondicionado em sacos plásticos, para ser picado em picadeira estacionária, em partículas de tamanho médio de 2 cm. Deste material foi coletada uma amostra para determinação da composição químico-bromatológica do capim-Massai antes da ensilagem (Tabela 1), sendo o restante submetido ao tratamento controle e os demais estabelecidos.

A adição da polpa cítrica peletizada ao capim-Massai foi realizada com base na matéria natural (MN) de acordo com os tratamentos. O inoculante microbiano comercial a base de *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici*, amido (85%) e alumínio silicatos na proporção de 1g/L (25 ml/silo) foi homogeneizado à forragem durante o enchimento dos mini-silos, na forma de solução aquosa (água destilada), por meio de pulverizador manual, buscando-se distribuição uniforme na massa de forragem.

Para confecção dos mini-silos experimentais, foram utilizados canos de PVC com 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro (15,7 L), providos de tampas de PVC apropriadas e lacradas com abraçadeiras; na tampa superior foi instalada uma válvula do tipo “Bunsen” para permitir a saída dos gases oriundos da fermentação.

A forragem em seus distintos tratamentos foram compactadas manualmente nos silos em camadas de aproximadamente 10 cm, com densidade média de compactação de 600 kg/m<sup>3</sup>, sendo ensilado de 2,5 a 3,0 kg de material em cada mini-silo. No fundo de cada silo, foi colocada um saco confeccionado em TNT contendo areia lavada e seca (350 g), para drenagem do possível efluente gerado durante a ensilagem. Os silos foram pesados antes do seu enchimento.



**Figura 1.** Mini-silo experimental utilizado para avaliação das silagens de capim-Massai.

**Tabela 1.** Composição químico-bromatológica dos ingredientes antes da ensilagem.

Parâmetros	Capim-Massai (c/ 50 dias)	Polpa cítrica Peletizada	Inoculante microbiano comercial
Matéria seca, %MS	34,54	84,81	88,69
Matéria mineral, %MS	11,74	5,68	8,79
Extrato etéreo, %MS	1,67	3,20	0,38
Proteína bruta, %MS	4,83	8,24	2,04
EB, kcal/kg	3634	3829	3256
FDN, %MS	72,96	24,66	1,53
FDA, %MS	44,60	16,04	0,26
Lignina, %MS	5,09	3,31	0,05
Celulose, %MS	33,66	14,25	0,10
Hemicelulose, %MS	29,57	8,61	1,27
CNF, %MS	6,22	60,27	86,87
N-NH <sub>3</sub> , N Total	3,99	3,97	3,89
PIDA, %PB	10,17	2,77	.
PDIN, %PB	33,58	6,07	.

EB: energia bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; CNF: carboidratos não fibrosos; PIDA: proteína insolúvel em detergente ácido; PIDN: proteína insolúvel em detergente neutro; N-NH<sub>3</sub>/N Total: nitrogênio amoniacal/nitrogênio total.

Após confecção, os mini-silos experimentais foram pesados e armazenados por 90 dias no Laboratório de Ciências Forrageiras do Departamento de Nutrição Animal e Pastagem do Instituto de Zootecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em local protegido da radiação solar, chuva e mantidos sob temperatura ambiente.

## 2.4 Parâmetros Avaliados

Decorridos os 90 dias de armazenamento, os silos foram novamente pesados para determinação das perdas por gases (PG), a produção de efluente (PE) e a recuperação de matéria seca (RMS) conforme as equações propostas por Jobim et al. (2007):

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

Em que: PG = Perdas por gases durante o armazenamento (% da MS inicial)

PSf = Peso do silo no fechamento

PSa = Peso do silo na abertura

MFf = Massa de forragem na ensilagem (kg de matéria natural)

MSf = Teor de MS da forragem na ensilagem (%)

$$PE = [(Pab - Pen) / MVfe] \times 100$$

Em que: PE = Produção de efluentes (kg/t matéria natural)

Pab = Peso do conjunto (silo + saco de areia) na abertura (kg)

Pen = Peso do conjunto (silo + saco de areia) na ensilagem (kg)

MVfe = Massa verde de forragem ensilada (kg)

$$RMS = [(Mfab \times MSab) / (MFfe \times MsFE)] \times 100$$

Em que: RMS = Recuperação de matéria seca (%)

MFab = Massa de forragem na abertura (kg)

MSab = Teor de MS na abertura (%)

MFfe = Massa de forragem no fechamento (kg)

MsFE = Teor de MS da forragem no fechamento (%)

Em seguida, os silos foram abertos e desprezados os 5 cm de silagem da porção superior e inferior. O material remanescente foi colocado em recipientes específicos para cada tratamento, homogeneizado manualmente e dividido em três porções.

A primeira porção foi utilizada logo após abertura dos silos para determinação do pH, conforme metodologia descrita por Silva & Queiroz (2006). A segunda porção foi submetida a pré-secagem, em estufa de ventilação forçada de ar a  $55 \pm 5$  °C até peso constante, em seguida processadas em moinho tipo Willey dotado de peneira com crivos de 1 mm de diâmetro para determinação dos teores de matéria seca (MS: AOAC 934.01), proteína bruta (PB: AOAC 954.01) e matéria mineral (MM) de acordo com a metodologia descrita na AOAC (1990). Extrato etéreo (EE: AOAC 920.29) e energia bruta (EB) segundo Silva & Queiroz (2006). A proporção de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina, celulose de acordo com as técnicas descritas por Van Soest et al. (1991) e a hemicelulose através da diferença entre FDN e FDA; os teores de carboidratos totais (CT) foram obtidos pela equação proposta por Sniffen et al. (1992):  $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$ . Os valores de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) foram calculados multiplicando-se os valores de NIDN e NIDA por 6,25 (LICITRA et al., 1996).

A terceira porção foi utilizada para determinação do nitrogênio amoniacal/nitrogênio total segundo metodologia descrita por Bolsen et al. (1992), onde foram utilizados 25 g de amostra, adicionados a 200 mL de uma solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,2 N), permanecendo em geladeira (repouso) por 48 horas, em seguida filtrada em papel filtro quantitativo (JP41 - faixa

preta). O filtrado permaneceu em geladeira até determinação do N-amoniaco pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1990). Utilizando-se a seguinte fórmula:

$$\% \text{ N amoniacal/ N total} = \frac{\% \text{ N amoniacal na MST} \times 100}{\% \text{ N total na MST}}$$

## 2.5 Delinemaneto Experimental

O experimento foi elaborado em delineamento experimental inteiramente casualizado, organizado em esquema fatorial (2 X 4) (presença ou ausência do inoculante microbiano x 10, 20 e 30% de polpa cítrica peletizada na matéria natural), com 40 unidades experimentais (8 tratamentos x 5 repetições) representadas por mini-silos.

Os tratamentos foram compostos por: capim-Massai com 10, 20 e 30% de polpa cítrica peletizada sem incolante microbiano, capim-Massai com 10, 20 e 30% de polpa cítrica peletizada e com inoculante microbiano e capim-Massai com inoculante microbiano. Sendo o tratamento controle constituído somente pelo capim-Massai.

## 2.6 Análise Estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância de acordo com o modelo estatístico abaixo (I), considerando como fontes de variação os aditivos, seus níveis de inclusão e a interação entre esses fatores, sendo a interação desdobrada, ou não, de acordo com a sua significância. A influência dos níveis de inclusão da polpa cítrica peletizada foi avaliada por análise de regressão linear, tomando como base a significância do modelo ( $P < 0,05$ ) e o valor do coeficiente de determinação.

$$Y_{ijk} = \mu + \text{IMC}_j + \text{DP}_i + (\text{IMC}_j \times \text{DP}_i) + \varepsilon_{ijk}^{(1)}$$

em que:

$Y_{ijk}$  = variável dependente  $k$  sob efeito do inoculante microbiano comercial  $j$  e doses de polpa cítrica peletizada  $i$ ,

$\mu$  = efeito da média geral de todas as observações,

$j = 1$  e  $2$ ,

$i = 1; 2; 3$  e  $4$ ,

$\text{IMC}_j$  = efeito do inoculante microbiano comercial,

$\text{DP}_i$  = efeito da doses de polpa cítrica peletizada,

$\text{IMC}_j \times \text{DP}_i$  = interação entre inoculante microbiano comercial  $j$  e a doses de polpa cítrica peletizada  $i$ , e

$\varepsilon_{ijk}$  = erro aleatório associado a cada observação.

Empregou-se, como ferramenta de auxílio, o pacote ExpDes.pt, do programa estatístico R, versão 3.5.3 (2018).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise da composição químico-bromatológica (Tabela 1) do capim-Massai, com 50 dias de rebrota, mostraram-se superiores aos relatados por Oliveira et al. (2011), Borja et al. (2012) e Lima et al. (2013) trabalhando com capim-Massai (*Megathyrus maximus* x *M. infestum* cv. Massai) aos 40 dias de rebrota quanto aos teores de MS e PB. Para as frações fibrosas, os teores de lignina e celulose foram de 5,09%, 33,66%, inferior aos relatados por Borja et al. (2012) e Lima et al. (2013), que registraram valores de 10,43% e 38,19%, respectivamente.

Para os valores de pH das diferentes silagens detectou-se efeito de interação entre inoculante microbiano x nível de inclusão polpa cítrica peletizada ( $P < 0,05$ ) (Tabela 2). A silagem com 10% de inclusão de polpa cítrica sem inoculante microbiano apresentou valor de pH mais elevado (3,99) que o com mesmo nível de inclusão com a presença de inoculante microbiano (3,89). Os níveis de inclusão de polpa cítrica exerceram efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) para os níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada na ensilagem de capim-Massai com a presença do inoculante microbiano, estimando-se um valor mínimo de pH de 3,99 para o nível de 12,9% desse aditivo.

**Tabela 2.** Valores de pH em silagens de capim-Massai contendo inoculante microbiano comercial e quatro níveis de polpa cítrica peletizada (PC) em percentagem da matéria natural (MN).

Aditivos	Polpa cítrica (%MN)				Equação de Regressão	P-value	R <sup>2</sup>
	0	10	20	30			
	pH						
C/Inoculante	4,00	3,89 <sup>b</sup>	3,95	4,02	$\hat{Y}=3,9966-0,0129.PC+0,0005.PC^2$	0,0017	0,52
S/Inoculante	3,99	3,99 <sup>a</sup>	3,95	3,97	$\hat{Y}=3,96$		
CV (%)	1,4						

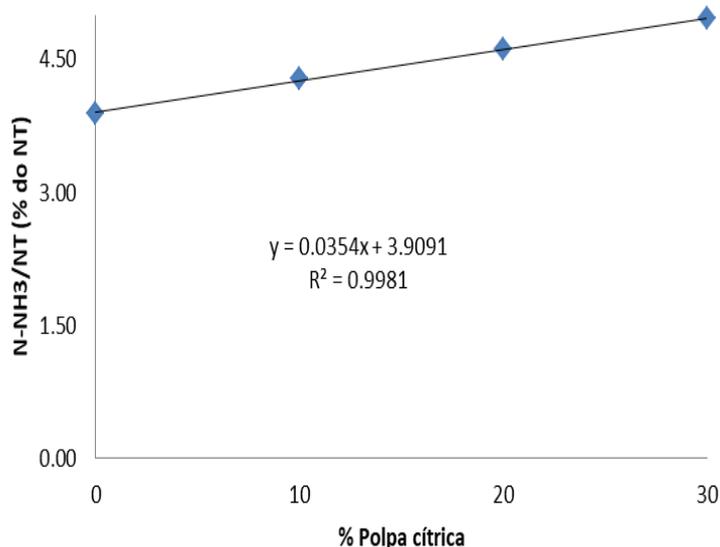
Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste F; CV = coeficiente de variação.

Os valores observados para o pH das silagens encontram-se dentro da faixa considerada ideal (3,8-4,2) para fermentações desejáveis (McDONALD et al., 1991). Os resultados encontrados resultaram da interação entre dois fatores, sendo o primeiro fator devido ao teor de MS do capim-Massai e da polpa cítrica peletizada antes da ensilagem (Tabela 1), proporcionando acréscimos dos teores de MS das silagens, evitando o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, haja visto que têm seu crescimento inibido pela elevação da pressão osmótica. O segundo fator pode estar relacionado a elevada concentração de carboidratos solúveis da polpa cítrica peletizada, atuando como aditivo estimulador da fermentação, aumentando o teor de carboidratos na silagem do capim-Massai.

Vários autores observaram resultados próximos aos obtidos neste estudo; Borja et al. (2012), observaram efeito quadrático dos valores de pH em silagens de capim-Massai com farelo de girassol e registram um valor mínimo estimado de 4,1 para 15% de inclusão deste aditivo. Yasuoka et al. (2015), registraram valores de pH de 4,62 e 4,08 para 10 e 30% de inclusão de polpa cítrica em silagens de capim-xaraés (*Urochloa brizantha* cv. Xaraés) com 26,7% de MS e Bernardes et al. (2005), encontraram valores de 4,2 e 4,0 para 5 e 10% de inclusão de polpa cítrica em silagens de capim-marandu (*Urochloa brizantha*) com 22,9% de MS.

Vale ressaltar que o valor do pH final pode determinar os tipos de microrganismos que atuaram dentro do silo. Segundo McDonald et al. (1991), quanto mais rápido for a queda do

pH ou o estabelecimento de um ambiente ácido na massa ensilada, mais rapidamente é estabelecido um ambiente anaeróbico no silo e, conseqüentemente, menor é a extensão da degradação aeróbia de proteínas e carboidratos, bem como a ação de bactérias do gênero *Clostridium*.



**Figura 2.** Estimativas dos valores de N-Amoniacal (N-NH<sub>3</sub>)/N total em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.

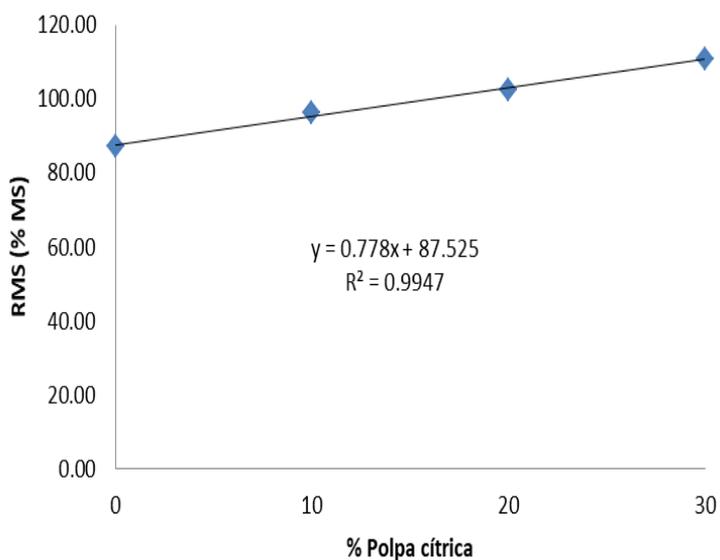
Quanto ao teor de N-NH<sub>3</sub>/NT, não foi observado efeito ( $P>0,05$ ) de interação entre os fatores e nem do inoculante microbiano, registrando-se os respectivos valores médios de 99,27 e 98,27%, para presença e ausência deste aditivo. Contudo, foi observado efeito ( $P<0,05$ ) dos níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada, com incremento 0,035 unidade percentual nos teores de N-NH<sub>3</sub>/NT para cada 1% de inclusão desse aditivo na silagem (Figura 1), com valores que variaram de 3,89 a 4,96%. Estes valores são baixos e estão dentro de uma faixa considerada desejável, indicando que não ocorreu quebra excessiva da proteína por bactérias do gênero *Clostridium*. Segundo Muck (1988), silagens com valores de N-NH<sub>3</sub> até 10% do NT são consideradas de boa qualidade e silagens com N-NH<sub>3</sub> superior a 15% podem ser menos aceitas pelos animais, resultando em baixo consumo. Além disso, pelos valores de pH observados, esperava-se baixa proteólise devido a menor atividade das enzimas vegetais que desintegram proteína da forragem dentro do silo, ativas somente em pH acima de 5,0 (McDONALD et al., 1991).

Efeito linear decrescente nos teores de N-NH<sub>3</sub>/NT foram observado por Rodrigues et al. (2005) que relataram redução de 0,32 unidade percentual para cada 1% de polpa cítrica adicionada ao capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) e Ribeiro et al. (2014) redução 0,54, para cada unidade percentual de torta de mamona, adicionado a silagem de capim-elefante emurcheçada.

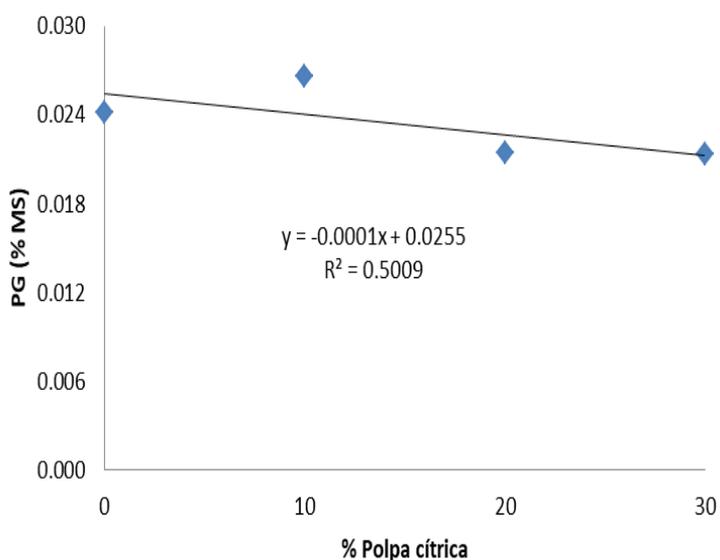
Não foi observado efeito ( $P>0,05$ ) de interação entre os fatores e nem do inoculante microbiano sobre a recuperação de matéria seca (RMS) e perdas por gases (PG), registrando-se os respectivos valores médios de 99,27 e 98,27% e 0,023 e 0,025%, para presença e ausência do inoculante microbiano, respectivamente.

No entanto, os níveis crescentes da inclusão da polpa cítrica peletizada provocaram efeito linear crescente ( $P<0,05$ ) da RMS do capim-Massai na ensilagem, com acréscimos de 0,77 unidade percentual para cada 1% de inclusão desse aditivo (Figura 2), com um incremento de, aproximadamente 27,08% na RMS quando foram adicionados 30% de polpa cítrica peletizada em comparação a silagem exclusiva de capim-Massai.

As PG apresentou efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ) (Figura 3), com maiores perdas observada no nível de 10% (0,027%) e menor no nível de 30% (0,021%) de inclusão de polpa cítrica. No presente estudo não foram observadas perdas por efluentes nos diferentes tratamentos. Andrade et al. (2010b) também não obtiveram produção de efluentes com a inclusão de 14,23% de farelo de cacau na ensilagem de capim-elefante.



**Figura 3.** Estimativas dos valores de recuperação de matéria seca (RMS) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.

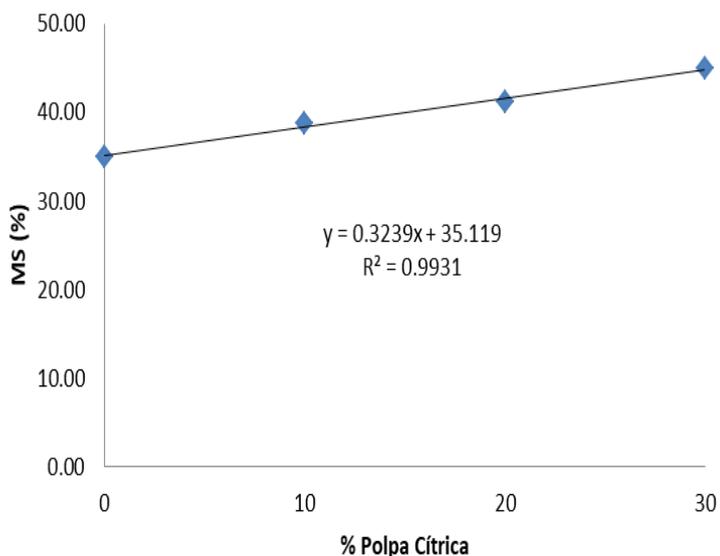


**Figura 4.** Estimativa das perdas por gases (PG) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.

O teor de umidade da planta forrageira na produção de efluente é extensivamente citado na literatura (RODRIGUES et al., 2005; TAVARES et al., 2009; MACEDO et al., 2015). Estes estudos mostraram que a produção de efluente é inversamente proporcional ao teor de MS da massa de forragem ensilada, conforme observado no presente estudo.

Tavares et al. (2009), citaram que com o aumento do teor de MS das silagens pela inclusão da polpa cítrica peletizada, a produção de efluente reduziu e cessou. Rodrigues et al. (2005), também observaram redução na produção de efluentes devido ao uso da polpa cítrica peletizada, além da melhoria da atividade fermentativa e consequentemente redução de perdas por gases.

Em geral o benefício causado pela inclusão da polpa cítrica peletizada pode ser observado através da elevada RMS e redução das perdas na forma de gases e efluente, além de menor atividade de microrganismos indesejáveis, traduzida pelos menores valores de pH e N-NH<sub>3</sub>/NT encontrados.

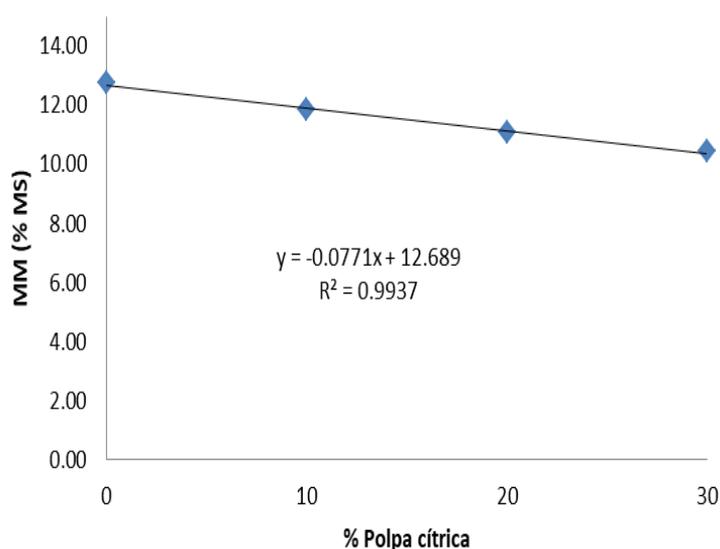


**Figura 5.** Estimativas dos valores de matéria seca (MS) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.

Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) de interação entre os fatores e nem do inoculante microbiano sobre os teores MS das silagens, com os respectivos valores médios de 99,27 e 98,27%, para presença e ausência deste aditivo, respectivamente. Entretanto, foi observado efeito ( $P < 0,05$ ) dos níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada na massa ensilada. A polpa cítrica proporcionou aumento linear ( $P < 0,05$ ) dos teores de MS das silagens, estimando-se acréscimos de 0,32 unidade percentual para cada 1% de polpa cítrica adicionada (Figura 4).

Com isso, foi possível obter um incremento de 28,45% no teor de MS das silagens quando foram adicionados 30% de polpa cítrica peletizada em comparação a silagem exclusiva de capim-Massai. Esse resultado já era esperado, haja visto que a polpa cítrica peletizada apresentou cerca de 84,81% de MS antes da ensilagem, caracterizando-a como um excelente aditivo sequestrante de umidade.

Com aumento dos níveis de inclusão de polpa cítrica, as silagens atingiram um elevado teor de MS, acima da faixa de 30 a 40% de MS tido como ideal por McDonald et al. (1991) para que haja maior eficiência no processo fermentativo da silagem. Tal perfil corrobora com o aumento dos teores de MS também observado por Rodrigues et al. (2005), ao adicionarem níveis crescente de polpa cítrica (0; 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5 e 15%) ao capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) contendo 20,71% de MS, os quais observaram acréscimos de 0,54% a cada 1% de inclusão de polpa adicionada, já Yasuoka et al. (2015) registraram acréscimo de 1,33% para silagem com 30% de inclusão de polpa cítrica quando comparada a silagem exclusiva de capim-xaraés (*Urochloa brizantha* cv. Xaraés). Lima et al. (2013), registraram teores de 40,4% de MS com a adição de 24% de farelo de amendoim em silagens de capim-Massai.



**Figura 6.** Estimativas dos teores de matéria mineral (MM) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.

Não observou-se efeito ( $P > 0,05$ ) de interação entre os fatores e nem do inoculante microbiano sobre os valores de MM, com os respectivos valores médios de 11,49 e 11,57%, para presença ou ausência deste aditivo, respectivamente. Porém, os níveis crescentes de inclusão de polpa cítrica proporcionaram efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ) da MM do capim-Massai na ensilagem, com redução de 0,07 unidade percentual para cada 1% de inclusão desse aditivo na ensilagem de capim-Massai (Figura 5), com teores que variaram de 12,75 a 10,44%.

Segundo Wascheck et al. (2008), a redução do teor de MM das silagens é um indicativo de boa conservação da massa de forragem ensilada, visto que quando ocorre fermentações secundárias indesejáveis, ocorrem perdas de material orgânico, aumentando o teor de MM na matéria seca. Contudo, comportamento contrário foi observado por estes autores, que registraram aumento de 0,10 unidade percentual em silagens de capim-colômbio emurchecidas (*Megathyrsus maximum* Jacq.)

**Tabela 3.** Teores de extrato etéreo (EE) e energia bruta (EB) em silagens de capim-Massai contendo inoculante microbiano comercial e quatro níveis de polpa cítrica peletizada (PC) em percentagem da matéria natural (MN).

Aditivos	Polpa cítrica (%MN)				Equação de Regressão	P-value	R <sup>2</sup>
	0	10	20	30			
<b>EE (%MS)</b>							
C/Inoculante	2,37 <sup>b</sup>	2,31	2,28	2,53 <sup>a</sup>	$\hat{Y}=2,34$	0,0034	0,55
S/Inoculante	2,72 <sup>a</sup>	2,24	2,47	2,17 <sup>b</sup>	$\hat{Y}=2,6182-0,0143.PC$		
<b>CV (%)</b>	7,87						
<b>EB (kcal/kg)</b>							
C/Inoculante	4.265 <sup>a</sup>	4.124 <sup>a</sup>	4.114	4.177 <sup>a</sup>	$\hat{Y}=4.261,2-17,917.PC+0,5064.PC^2$	<0,001	0,92
S/Inoculante	4.053 <sup>b</sup>	3.959 <sup>b</sup>	4.119	4.022 <sup>b</sup>	$\hat{Y}=4.069$		
<b>CV (%)</b>	0,47						

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste F; CV = coeficiente de variação.

Para os teores de EE foi verificado efeito ( $P < 0,05$ ) de interação entre inoculante microbiano x nível de inclusão polpa cítrica peletizada (Tabela 3). Observou-se que no tratamento controle o teor de EE foi 0,33 unidade percentual superior ao nível 0% com inoculante microbiano. Comportamento contrário foi observado no nível de 30% de inclusão de polpa cítrica que apresentou teor de EE de 0,36 unidade superior ao tratamento sem inoculante. Não sendo observado diferença significativa ( $P > 0,05$ ) para presença ou ausência do inoculante nos níveis 10 e 20% de inclusão.

No tocante aos níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada sem a presença de inoculante microbiano, houve efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ) dos níveis de inclusão deste aditivo na ensilagem do capim-Massai, com teores de EE que variaram de 2,7 a 2,17%.

Possivelmente o resultado encontrado deve-se ao baixo teor de EE do capim-Massai e da polpa cítrica peletizada (Tabela 1) na ensilagem, resultando em valores abaixo de 3% da MS. De acordo com o NRC (2001), altos teores de EE na dieta de ruminantes, superior a 6 e 7% na MS, pode causar reduções da digestibilidade da fibra e da taxa de passagem.

Redução dos teores de EE também foi observado por Ferrari Júnior & Lavezzo (2001), que registraram reduções de 0,04 unidade percentual para cada unidade de raspa de mandioca adicionada em silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), com valores médios desta fração de 2,87%, semelhante a esta pesquisa.

Comportamento contrário foi observado por Oliveira et al. (2011), Borja et al. (2012) e Lima et al. (2013) que registraram aumentos de 0,11, 0,09 e 0,17 unidade porcentual para cada 1% de inclusão de torta de dendê, farelo de girassol e farinha de amendoim na ensilagem de capim-Massai, contudo, vale ressaltar que o teor de EE dos aditivos utilizados foram de 7,78; 6,74 e 8,66%, respectivamente, acima do observado para a polpa cítrica (Tabela 1).

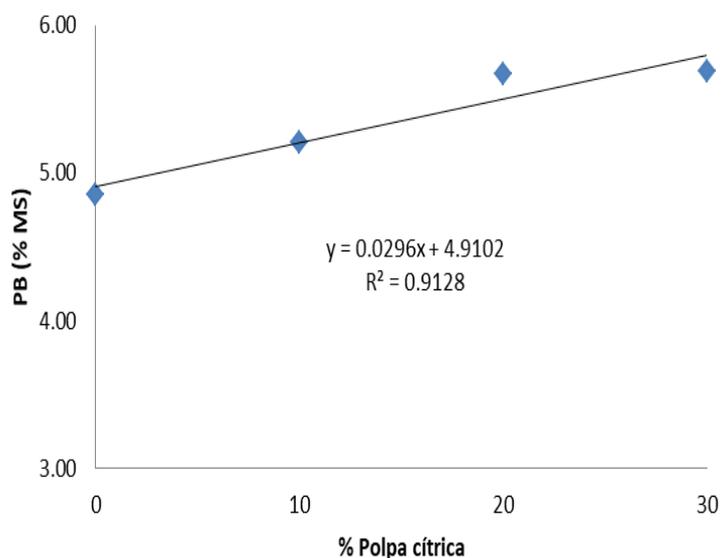
Quanto aos valores de EB das silagens desta pesquisa também foi observado efeito de interação ( $P < 0,05$ ) entre inoculante microbiano x nível de inclusão polpa cítrica peletizada (Tabela 3). As silagens com 0, 10 e 30% de inclusão de polpa cítrica peletizada com o inoculante microbiano apresentaram os maiores teores de EB, quando comparado com as silagens sem a presença deste aditivo. Não sendo observada diferença ( $P < 0,05$ ) significativa da presença ou ausência do inoculante microbiano no nível de 20% de inclusão de polpa, com o valor médio de 4.116 kcal/kg.

Para os níveis de inclusão da polpa cítrica peletizada com inoculante microbiano, houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) dos níveis de polpa cítrica na ensilagem do capim-Massai, estimando teor mínimo de 4.102,72 kcal/kg de EB no nível de inclusão de 17,69% desse aditivo. Quanto aos níveis de inclusão da polpa cítrica peletizada sem o inoculante microbiano, não houve equações de regressão ajustadas para estimativa desta variável ( $P > 0,05$ ), o que resultou em um valor médio de 4.048,3 kcal/kg.

De modo geral os valores de EB encontrados são semelhantes aos observados por Evangelista et al. (2004), que registraram valor médio de 4.330 kcal/kg em silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) emurchecidas e adicionado 4% de polpa cítrica peletizada e Pereira et al. (1999b), que observaram valores de 4.130 Kcal/kg em silagens de capim-elefante com 10% de inclusão de leucena.

Para os teores de proteína bruta (PB) não foi observado efeito ( $P > 0,05$ ) de interação entre os fatores e nem do inoculante microbiano, com valores médios de 5,38 e 5,33%, para presença e ausência deste aditivo, respectivamente. Entretanto, os níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada provocaram efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ) dos teores de PB na ensilagem do capim-Massai, proporcionando acréscimo de 0,02 unidade percentual no teor de PB para cada 1% de inclusão desse aditivo (Figura 6), com média variando entre 4,85 e 5,69%. Estes valores estão abaixo da média de 6 a 8%, considerada como ideal para que ocorra fermentação microbiana adequada no rúmen (VAN SOEST, 1994). Em função da idade de

corte do capim-Massai e, o seu teor de proteína bruta originalmente baixo (Tabela 1), determinou baixos valores de PB na composição química das silagens.



**Figura 7.** Estimativa dos teores de proteína bruta (PB) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.

Yasuoka et al. (2015) citaram que o uso de aditivos sequestrantes de umidade podem causar queda no valor nutritivo da mistura, geralmente das frações proteicas. Como observado por estes autores avaliando níveis crescentes de polpa cítrica peletizada na ensilagem de capim-xaraés (*Urochloa brizantha* cv. Xaraés), que registraram redução de 0,35 unidade percentual para cada 1% de inclusão desse aditivo nos teores de PB.

Entretanto, esse comportamento não foi observado nesta pesquisa e, de modo geral, os teores encontrados de PB das silagens são semelhantes aqueles de Pires et al. (2009), que relatam teores médios de 6,2% com 15% de inclusão de farelo de mandioca; Bonfá et al. (2015), que registraram valores próximos 5,3%, quando utilizaram 50% de casca de maracujá e Rodrigues et al. (2005) que observaram valores médios de 6,79%, com inclusões de polpa cítrica peletizada em silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum).

**Tabela 4.** Teores de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) em silagens de capim-Massai contendo inoculante microbiano comercial e quatro níveis de polpa cítrica peletizada (PC) em percentagem da matéria natural (MN).

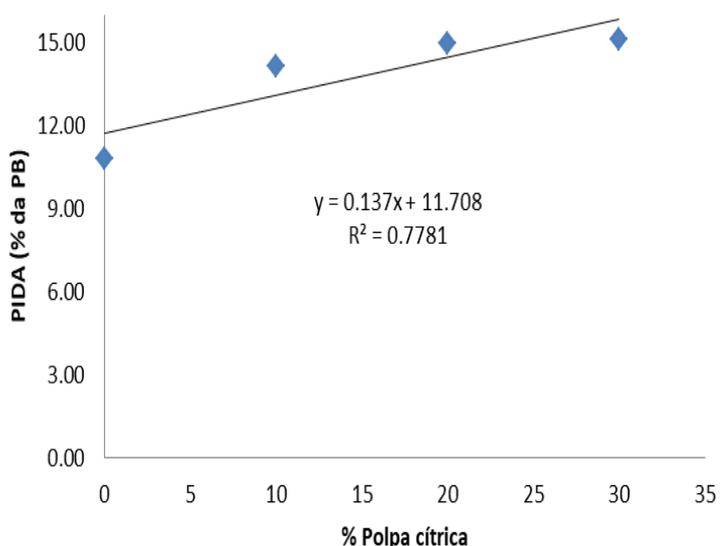
Aditivo	Polpa cítrica (% MN)				Equação de Regressão	P-value	R <sup>2</sup>
	0	10	20	30			
	<b>PIDN (%PB)</b>						
C/Inoculante	33,67 <sup>a</sup>	27,50	29,36 <sup>b</sup>	31,79	$\hat{Y}=33,296-0,6827.PC+0,0215.PC^2$	0,0117	0,40
S/Inoculante	24,95 <sup>b</sup>	25,27	33,65 <sup>a</sup>	30,94	$\hat{Y}=23,988+0,4916.PC-0,0076.PC^2$	0,0010	0,49
<b>CV (%)</b>	8,93						

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si (P<0,05) pelo teste F; CV = coeficiente de variação.

Para os valores de PIDN foi observado efeito ( $P < 0,05$ ) de interação entre inoculante microbiano x nível de inclusão polpa cítrica peletizada (Tabela 4). Para o nível 0% de inclusão de polpa cítrica com o inoculante microbiano o teor de PIDN foi 8,72 unidade percentual superior ao tratamento controle. Comportamento contrário foi observado no nível de 20% de inclusão, que apresentou teor de PIDN de 4,29 unidade superior ao tratamento com inoculante microbiano. Quanto aos demais níveis de inclusão, 10 e 30% não foi observado diferença significativa ( $P > 0,05$ ) da presença ou ausência do inoculante microbiano, apresentando os respectivos valores médios de 26,38 e 31,37%.

Para aos níveis de inclusão de polpa cítrica com inoculante microbiano, foi observado efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) dos níveis de polpa cítrica na ensilagem do capim-Massai, com valor mínimo de 27,88% de PIDN no nível de inclusão de 15,88% desse aditivo. Com um decréscimo de 4,31 unidades percentuais no teor de PIDN entre o nível 0 e 20% de inclusão de polpa cítrica e acréscimo de 2,43% entre os níveis 20 e 30% de inclusão nos teores de PIDN. Já para os níveis de inclusão da polpa cítrica sem o inoculante microbiano, também foi observado efeito quadrático ( $P < 0,05$ ), com valor máximo 31,94% de PIDN no nível de inclusão de 31,34% desse aditivo. Com acréscimo de 8,7 unidades percentuais no teor de PIDN entre o nível 0 e 20% de inclusão de polpa e decréscimo de 2,71% entre os níveis 20 e 30% de inclusão nos teores desta variável.

De modo geral, os níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada, proporcionaram aumento dos teores de PIDN nas silagens de capim-Massai, ou seja, maior concentração dos compostos nitrogenados de lenta degradação. Segundo Sniffen et al. (1992), a fração do PIDN é constituída de compostos nitrogenados associados à parede celular vegetal, assim, aumento nos teores de PIDN das silagens pode reduzir a disponibilidade da fração fibrosa, prejudicando a utilização dos nutrientes destes alimentos pelos animais. Aumento dos teores de PIDN também foi observado por Maia et al. (2015), que registraram acréscimo de 0,13 pontos percentuais para cada 1% de inclusão de resíduo de acerola na silagem de capim-elfante (*Pennisetum purpureum* Schum).



**Figura 8.** Estimativas dos teores de proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.

Para os teores de PIDA, não houve efeito ( $P > 0,05$ ) de interação entre os fatores e nem do inoculante microbiano nem, com os respectivos valores médios de 14,21 e 13,31%, para presença e ausência deste aditivo.

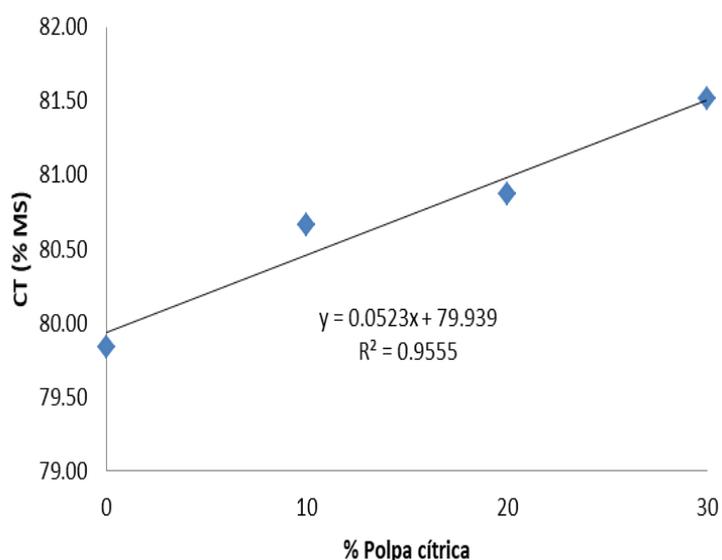
No entanto, os níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada proporcionaram efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ) com aumentos de 0,13 unidade percentual para cada 1% de inclusão desse aditivo na ensilagem de capim-Massai (Figura 7). Com o menor valor de PIDA observada na silagem controle e maiores valores nos demais níveis de inclusão, variando de 10,83 a 15,11%.

Acréscimos nos teores de PIDA pode ocorrer devido a formação de produtos da reação de Maillard, dado pelo aquecimento dentro do silo, provocado por fermentações secundárias indesejáveis resultantes da elevação do teor de matéria seca ou, então, da baixa disponibilidade de água livre da forragem (SNIFFEN et al., 1992). Entretanto, nesta pesquisa o aumento do teor desta fração pode ser atribuído ao capim-Massai que apresentou em sua composição um elevado teor de PIDA quando comparado à polpa cítrica (Tabela 1).

O mesmo comportamento foi observado por Maia et al. (2015), que registraram acréscimo de 0,13 pontos percentuais para cada 1% de inclusão de resíduo de acerola na silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), contudo, vale ressaltar que esse aumento ocorreu devido ao elevado teor PIDA do resíduo utilizado em relação ao capim-elefante. Bonfá et al. (2015), registraram efeito contrário, redução de 0,082 pontos percentuais à medida que aumentaram os níveis de inclusão de casca de maracujá na ensilagem de capim-elefante.

Segundo Maia et al. (2015), a análise dos teores de PIDA é de grande importância, visto que representa a fração do N-total indisponível, uma vez que é oriunda da complexação de compostos nitrogenados com a FDA. Assim, quanto maior for a PIDA menor será a disponibilidade de proteína. Contudo, os teores de PB desta pesquisa aumentaram com os níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.

Vale ressaltar que os demais parâmetros avaliados para caracterização da qualidade das silagens desta pesquisa permaneceram na faixa ideal indicando silagens de boa qualidade.



**Figura 9.** Estimativas dos teores de carboidratos totais (CT) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.

Não foi observado efeito ( $P > 0,05$ ) do inoculante microbiano nem de interação entre os fatores sobre os teores de carboidratos totais (CT), com os respectivos valores médios de 80,76 e 80,70%, para presença e ausência do inoculante microbiano. Contudo, os níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada provocaram efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ) dos teores de

CT na ensilagem do capim-Massai, proporcionando incremento de 0,05 unidade percentual para cada 1% de inclusão desse aditivo (Figura 8).

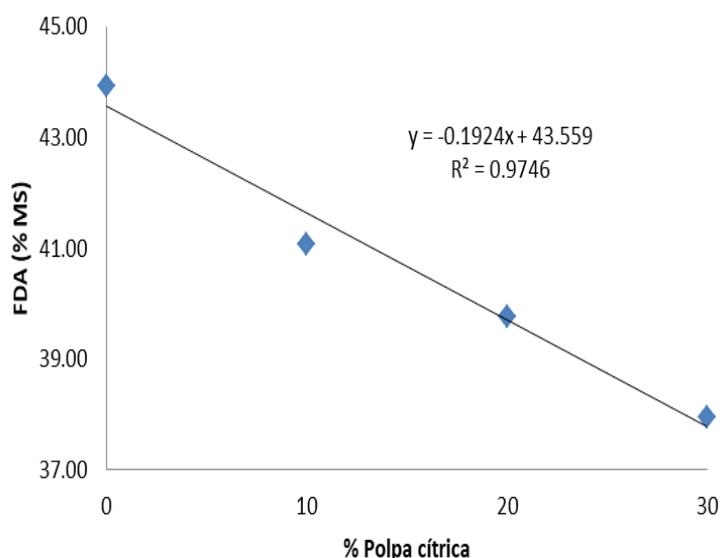
O aumento dos teores de CT possivelmente se deve ao baixo teor de proteína bruta e extrato etéreo do capim-Massai e da polpa cítrica peletizada (Tabela 1), visto elevado teor dessas frações nos alimentos leva à redução desta variável (CT) (SNIFFEN et al., 1992).

Os valores encontrados nesta pesquisa estão de acordo com Van Soest (1994) o qual cita que em média as plantas forrageiras apresentam conteúdos de CT que variam de 50 a 80% e sua principal função é ser fonte de energia para os animais. Andrade et al. (2010a), relatam teores de CT de 83% para silagem de capim-elefante com 10% de inclusão de farelo de mandioca, enquanto Pires et al. (2009) determinaram teores CT de 88,6%, em silagens de capim-elefante com 15% de inclusão de farelo de mandioca adicionada.

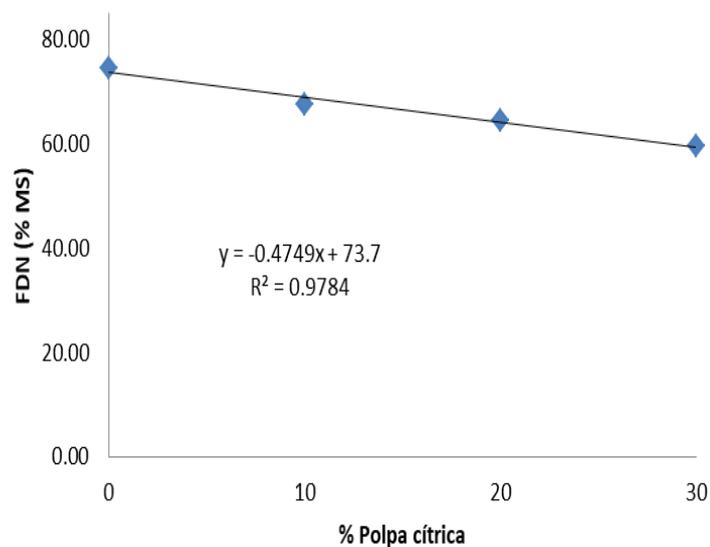
Efeito linear decrescente do teor de CT foi observado por Carvalho et al. (2007), que registraram redução de 0,22 unidade percentual para cada 1% de inclusão de farelo de cacau na ensilagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum). Perim et al. (2014), observaram o mesmo comportamento, com redução 0,26 unidade percentual para cada 1% de inclusão de farelo de milho na ensilagem de capim-piatã (*Urochloa brizantha* cv. Piatão). No entanto, vale ressaltar que o teor de proteína bruta e extrato etéreo dos aditivos utilizados por estes pesquisadores apresentaram teores destas frações, respectivamente, de 36 e 83% superiores ao do capim-elefante e 15 e 43% superiores ao do capim-piatã.

Quanto aos componentes da porção fibrosa, não foi observado efeito ( $P>0,05$ ) de nem de interação entre os fatores e nem da presença ou ausência do inoculante microbiano sobre os teores da FDA e FDN, com valores médios de 40,89 e 40,46%, 66,41 e 66,74%, respectivamente.

No entanto, os níveis crescentes de inclusão de polpa cítrica peletizada proporcionaram efeito linear decrescente ( $P<0,05$ ) dos teores da FDA e FDN da silagem. Estimando-se decréscimos de 0,19 e 0,47 unidade percentual para cada 1% de inclusão desse aditivo (Figura 9 e 10). Com adição de 30% de polpa cítrica peletizada, o teor da FDA e FDN reduziram para 37,95 e 59,65%, respectivamente, ficando 5,97 e 14,80 pontos percentuais abaixo do teor obtido na silagem exclusiva de capim-Massai.



**Figura 10.** Estimativas dos teores de fibra em detergente ácido (FDA) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.



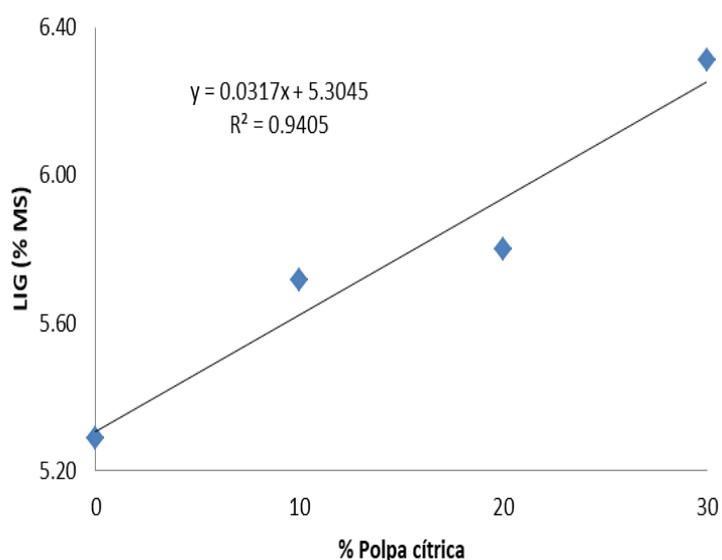
**Figura 11.** Estimativas dos teores de fibra em detergente neutro (FDN) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.

Possivelmente a redução dos teores dessas variáveis pode estar relacionado à melhor atividade fermentativa do material ensilado. Além disso, a polpa cítrica apresenta um menor teor da FDA e FDN em relação ao capim-Massai e, uma maior proporção de CNF (Tabela 1), representando um indicativo de melhor qualidade das silagens que continham este aditivo. Ademais, a redução dos teores da FDA e FDN das silagens podem contribuir para melhor digestibilidade dos alimentos e conseqüentemente aumento do consumo de MS pelos animais.

Efeito linear decrescente dos teores da FDA e FDN também foi observado por Yasuoka et al. (2015) que registraram variação de 35,56 a 33,72% e 66,38 e 63,26%, respectivamente, em ensilagens de capim-xaraés (*Urochloa brizantha* cv. Xaraés) para 10, 20 e 30% de inclusão de polpa cítrica. Borja et al. (2012), registraram reduções de 0,40 e 0,53 unidade percentual para cada 1% de inclusão de farelo de girassol na ensilagem de capim-Massai, com valores médios de 39,95 e 58,1%, enquanto, Oliveira et al. (2011), reduções de 0,10 e 0,09 para cada 1% de inclusão de torta de dendê também na ensilagem de capim-Massai.

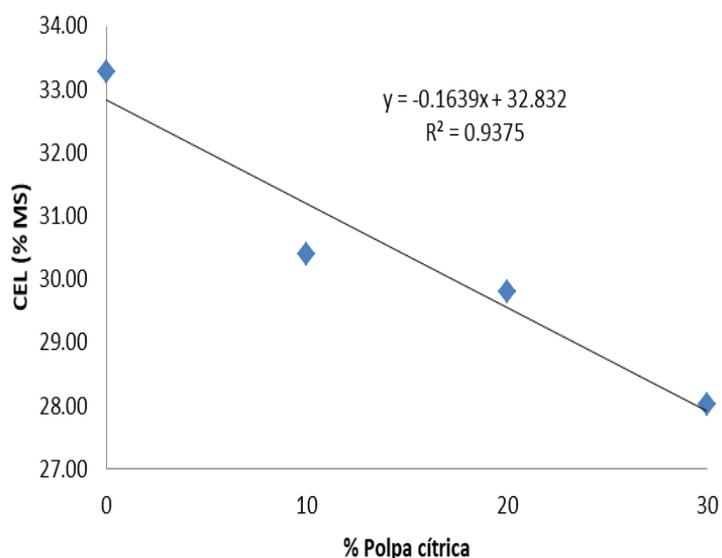
Quanto aos teores de lignina e celulose também não houve efeito ( $P < 0,05$ ) de interação entre os fatores e nem da presença ou ausência do inoculante microbiano sobre os teores destas variáveis, com valores médios de 5,89 e 5,66% e 30,61 e 30,13%, respectivamente.

Contudo, os teores de lignina aumentaram linearmente ( $P < 0,05$ ) com os níveis de inclusão de polpa cítrica, estimando-se aumentos de 0,03 unidade percentual para cada 1% de inclusão desse aditivo (Figura 11), devido a lignina proveniente da polpa cítrica.



**Figura 12.** Estimativas dos teores de lignina (LIG) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.

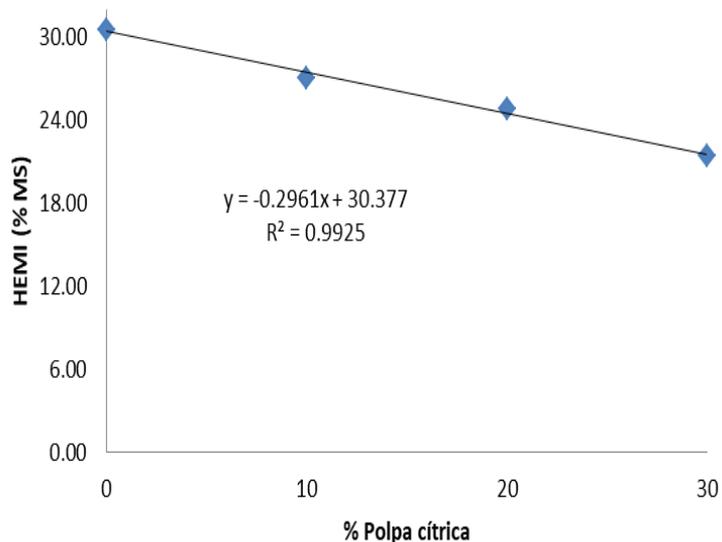
Comportamento contrário foi observado para celulose, que apresentou redução linear ( $P < 0,05$ ) com os níveis de inclusão de polpa cítrica, com queda de 0,16 ponto percentual para cada 1% de inclusão desse aditivo (Figura 13). De modo geral, esse resultado pode estar relacionado à menor concentração de celulose na polpa cítrica (14,25%) em relação ao capim-Massai (33,66%). Ademais, a redução dos teores de celulose, devido aos níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada, acompanha os resultados desta pesquisa quanto aos teores da FDA, já que a celulose corresponde à maior fração da FDA.



**Figura 13.** Estimativas dos teores de celulose (CEL) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.

Os teores de lignina desta pesquisa são inferiores aos observados por Rodrigues et al. (2005) que registraram valores médios de 15,22%, trabalhando com níveis crescentes polpa cítrica na silagem de capim-elefante. Borja et al. (2012), encontraram valores de lignina e

celulose de 11% e 31,7%, respectivamente, em silagens de capim-Massai e Oliveira et al. (2011), valores médios de 13,54% e 33,29% para lignina e celulose em silagens de capim-Massai.



**Figura 14.** Estimativas dos teores de hemicelulose (HEMI) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.

Para hemicelulose também não foi observado efeito ( $P > 0,05$ ) de interação entre os fatores e nem da presença ou ausência do inoculante microbiano, com valores médios de 25,60 e 26,70%, respectivamente. Contudo, os níveis de inclusão da polpa cítrica peletizada exerceram efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ) sobre os teores de hemicelulose, com decréscimo de 0,29 ponto percentual para cada unidade de inclusão desse aditivo na ensilagem do capim-Massai (Figura 13).

A silagem contendo 30% de inclusão de polpa cítrica apresentou o menor teor de hemicelulose (21,39%) quando comparada as demais, com maior teor observado no nível 0% (30,53%). Neste caso, como os teores de hemicelulose do capim-Massai (29,77%) foram superiores aos da polpa cítrica (8,61%), é possível que a diferença observada se deva ao uso dessa fração pelos microrganismos como substrato para fermentação.

A redução do teor de hemicelulose das silagens também pode ser justificada pela hidrólise ácida da mesma, causada por ácidos orgânicos produzidos no decorrer da atividade fermentativa, bem como pela ação de hemicelulases provenientes da forragem e dos microrganismos, contudo, a efetividade da ação destas enzimas varia significativamente conforme a fonte e os substratos utilizados. Ademais, metade da hemicelulose contida na forragem (até 20%) pode ser hidrolisada e a maior parte da hidrólise ocorre na fase inicial da ensilagem (McDONALD et al., 1991).

O mesmo comportamento foi observado por Ferrari Junior & Lavezzo (2001), que registraram reduções de 0,51 unidade percentual para cada 1% de farelo de mandioca. Andrade et al. (2010b) e Ribeiro et al. (2014), observaram reduções de 0,35 e 1,47 unidade percentual para cada unidade farelo de mandioca e torta de mamona adicionada ao capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) na ensilagem, enquanto, Borja et al. (2012), registraram reduções de 0,13 para cada 1% de inclusão de farelo de girassol em silagens de capim-Massai, com valores médios de 19,7%. Já Oliveira et al. (2014), registraram valores de 37,81 a 27,6%, em silagens de capim-mombaça (*Megathyrsus maximum* Jacq.) com 5% de farelo de trigo.

## 4 CONCLUSÃO

A polpa cítrica peletizada é eficiente na recuperação de matéria seca e redução do teor de umidade das silagens na faixa de 10 a 20% de inclusão, eliminando totalmente as perdas por efluente.

A polpa cítrica melhora as características fermentativas das silagens de capim-Massai, mantendo os valores de pH e de nitrogênio amoniacal dentro da faixa considerada ideal.

As inclusões de polpa cítrica peletizada em níveis de 10 a 20%, com base na matéria natural do capim, são suficientes para melhorar os parâmetros fermentativos e o valor nutritivo das silagens de capim-Massai.

Nas condições do presente experimento o uso do aditivo microbiano não apresentou efeito sobre a maior parte das variáveis avaliadas.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, I. V. O.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; VELOSE, C. M.; BONOMO, P. Fracionamento de proteína e carboidratos em silagens de capim-elefante contendo subprodutos agrícolas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.11, p.2342-2348, 2010a.

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

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 15 .ed., Virginia: Arlington. 1117p., 1990.

ÁVILA, C. L. S.; PINTO, J. C.; FIGUEREDO, H. C. P.; MORAIS, A. R.; PEREIRA, O.G.; SCHWAN, R.F. Estabilidade aeróbia de silagens de capim-mombaça tratadas com *Lactobacillus buchneri*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.779-787, 2009.

BERGAMASCHINE, A. F.; PASSIPÉRI, 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 emurcheada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1454-1462, 2006.

BERNARDES, T. F.; REIS, R. A.; MOREIRA, A. L. Fermentative and microbiological profile of marandu-grass ensiled with citrus pulp pellets. **Scientia Agricola**, v.62, n.3, p.214-220, 2005.

BOLSEN, K. K.; LIN, C.; BRENT, B. E.; FEYIERHERM, A. M.; URBAN, J. E.; AIMUTIS, W. R. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.3066 - 3083, 1992.

BONFÁ, C. S.; CASTRO, G. H. F.; VILLELA, S. D. J.; SANTOS, R. A.; EVANGELISTA, A. R.; JAYME, C. G.; GONÇALVES, L. C.; PIRES NETO, O. S.; BARBOSA, J. A. S. Silagem de capim-elefante adicionada de casca de maracujá. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, n.3, p.801-808, 2015.

BORJA, M. S.; OLIVEIRA, R. L.; LIMA, L. S.; BAGALDO, A. R.; CARVALHO, G. G. P.; RIBEIRO, C.V.D.M. Sunflower meal concentrations in massai grass silage. **Revista Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.17, n.2, p.3041-3046, 2012.

CARVALHO; G. G. P.; GARCIA, R.; PIRES, A. J. V.; PEREIRA, O. G.; FERNANDES, F. E. P.; OBEID, J. A.; CARVALHO, B. M. A. Fracionamento de carboidratos de silagem de capim-elefante emurcheado ou com farelo de cacau. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1000-1005, 2007.

COAN, R. M.; REIS, R. A.; GARCIA, G. R.; SCHON-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 (supl.).

EVANGELISTA, A. R.; ABREU, J. G.; AMARAL, P. N. C.; PEREIRA, R. C.; SALVADOR, F. M.; SANTANA, R. A. V. Produção de silagem de capim-marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf cv. Marandu) com e sem emurchecimento. **Ciência Agrotecnologia**, v.28, n.4, p.443-449, 2004.

FERRARI JÚNIOR, E.; LAVEZZO, W. Qualidade da Silagem de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) Emurchecido ou Acrescido de Farelo de Mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1424-1431, 2001.

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

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.347-358, 1996.

LIMA, L. S.; OLIVEIRA, R. L.; BORJA, M. S.; BAGALDO, A. R.; FARIA, E. F. S.; SILVA, T. M.; CARVALHO, G. G. P.; RIBEIRO, C. V. D. M. Peanut cake concentrations in massai grass silage. **Revista Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.18, n.1, p.3265-3272, 2013.

MACEDO, F. B.; LUZ, P. H. C.; FARIA, L. A.; BRAGA, G. J.; PETERNELLI, M.; HERLINH, V. R. Additives in ensiling palisade grass managed under grazing intensities. **Acta Scientiarum**, v.37, n.4, p.357-363, 2015.

MAIA, I. S. A. S.; BRAGA, A. P.; GERRA, D. G. F.; LIMA JÚNIOR, D. M. valor nutritivo de silagens de capim elefante com níveis crescentes de resíduo da agroindústria da acerola. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.9, n.2, p.190-194, 2015.

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

MUCK, R.E. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.11, p.2992-3002, 1988.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 450p.

OLIVEIRA, E. R.; MONÇÃO, F. P.; MOURA, L. V.; GABRIEL, A. M. A.; TONISSI, R.H.; GÓES, B.; LEMPP, B.; NASCIMENTO, F. A. Valor nutricional de silagem de capim-mombaça com aditivos agroindustriais. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.3, p.1543-1556, 2014.

OLIVEIRA, R.; RIBEIRO, O. L.; BAGALDO, A. R.; LIMA, L. S.; BORJA, M. S.; CORREIA, B. R.; COSTA, J. B.; LEÃO, A. G. Torta de dendê oriunda da produção do biodiesel na ensilagem de capim-Massai. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.12, n.4, p.881-892, 2011.

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.191-194, 1999b.

PEREIRA, R. C.; BANYS, V. L.; SILVA, A. C.; PEREIRA, R. G. A. Adição de polpa cítrica peletizada na ensilagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* schum) cv. cameroon. **Revista Uni Alfnas**, v.5, p.147-152, 1999a.

PERIM, R. C.; COSTA, K. A. P.; EPIFANIO, P. S.; TEIXEIRA, D. A. A.; FERNANDES, P. B.; SANTOS JÚNIOR, D. R. Protein and carbohydrate fractionation of Piata palisadegrass ensiled with energetic meals. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.36, n.2, p.193-200, 2014.

PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; GARCIA, R.; CARVALHO JÚNIOR, J. N.; RIBEIRO, L. S. O.; CHAGAS, D. M. T. Fracionamento de carboidratos e proteínas de silagens de capim-elefante com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.38, n.3, p.422-427892, 2009.

PORTZ, A.; RESENDE, A. S. de; TEIXEIRA, A. J.; ABOUD, A. C. de S.; MARTINS, C. A. da C.; CARVALHO, C. A. B. de; LIMA, E.; ZONTA, E.; PEREIRA, J. B. A.; BALIEIRO, F. de C.; ALMEIDA, J. C. de C.; SOUZA, J. F. de; GUERRA, J. G. M.; MACEDO, J. R. de; SOUZA, J. N. de; FREIRE, L. R.; VASCONCELOS, M. A. da S.; LEAL, M. A. de A.; FERREIRA, M. B. C.; MANHÃES, M.; GOUVE, R. F. de; BUSQUET, R. N. B.; BHERING, S. B. Recomendações de adubos, corretivos e de manejo da matéria orgânica para as principais culturas de Estado do Rio de Janeiro. In: FREIRE, L.R.; BALIEIRO, F.C.; ZONTA, E. et al. **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. 1. ed. Seropédica: UFRRJ, 2013. Cap. 14, p. 257–414.

R Core Team (2018). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RIBEIRO, L. S. O.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; PEREIRA, M. L. A.; SANTOS, A. B.; ROCHA, L. C. Características fermentativas, composição química e fracionamento de carboidratos e proteínas de silagem de capim-elefante emurchecido ou com adição de torta de mamona. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.3, p.1447-1462, 2014.

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.

SILVA, A. B.; CARVALHO, C. A. B.; PIRES, C. A.; ALMEIDA, J. C. C.; NEPOMUCENO, D. D. Effects of nitrogen dosage and urea source on morphological composition and forage accumulation in massai grass. **Semina: Ciências Agrárias**, v.39, n.4, p.1407-1416, 2018.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2006. 235 p.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, D. J.; VAN SOEST, P. J.; FOX, P. G.; RUSSELL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562-3577, 1992.

TAVARES, V. B.; PINTO, J. C.; EVANGELISTA, A. R.; FIGUEREDO, H. C. F.; ÁVILA, C. L. S.; LIMA, E. 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.

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

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.

WASCHECK, R. C.; MOREIRA, P. C.; COSTA, D. S.; DUTRA, A. R.; FERREIRA NETO, J. F.; MOREIRA, L.; CAMPOS, R. M.; LAFORGA, C. S.; REZENDE, P. L. P.; RABELO, N.A. Características da silagem de capim colômbio (*Panicum maximum*, jacq) submetido a quatro tempos de emurchecimento pré-ensilagem. **Revista Estudos**, v.35, n.3, p.385-399, 2008.

YASUOKA, J. I.; MEIRELLES, P. R. L.; SILVA, M. G. B.; GRANUZZO, J. T.; SILVA, M. P. Efeito da inclusão de polpa cítrica na ensilagem de capim-xaraés. **Boletim Industrial Animal**, v.72, n.4, p.298-303, 2015.

## **CAPÍTULO II**

### **FRACIONAMENTO DE CARBOIDRATOS E PROTEÍNAS DE SILAGENS DE CAPIM-MASSAI COM ADITIVOS**

## RESUMO

A conservação do excedente de forragem produzida na estação chuvosa é uma alternativa viável para suprir a escassez de alimento volumoso no período seco. Entretanto, o baixo teor de matéria seca, a baixa proporção de carboidratos solúveis e a alta capacidade tampão no estágio ideal de corte prejudica a atividade fermentativa, resultando em silagens de baixa qualidade. Assim, o uso de tecnologias que visam minimizar os efeitos destas variáveis supracitadas sobre o perfil fermentativo da silagem é uma alternativa para o uso de forrageiras com alta capacidade produtiva. O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito do uso de níveis crescente de polpa cítrica peletizada associada ou não a inoculante microbiano comercial na ensilagem de capim-Massai em relação ao fracionamento de carboidratos e proteínas das diferentes silagens. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial  $2 \times 4$  (presença ou ausência x 10, 20 e 30% da matéria natural), com cinco repetições/tratamento. O material foi ensilado em silos de PVC, que permaneceram fechados por 90 dias. Não foi observado efeito da presença ou ausência do inoculante microbiano nem de interação entre os fatores sobre as frações proteicas e energéticas. O teor de CT, as frações de energéticas (A + B1, B2 e C), o teor de PB e as frações nitrogenadas B1 + B2 e C foram influenciadas pelos níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada, o que não foi observado nas demais frações A e B3 das silagens. Os teores de CT, as frações A + B1 e C aumentaram de em função dos níveis de inclusão da polpa cítrica, enquanto os teores da fração B2 foram reduzidas. Também foi observado aumento dos teores de PB e da fração proteica indigestível (C). As frações de energéticas variaram de 32,12 a 42,97%; 54,93 a 41,31% e 12,95 a 15,72% para A + B1, B2 e C, respectivamente. Enquanto as frações proteicas variaram de 29,81 a 22,13% e 10,83 e 15,11%, para B1 + B2 e C. Assim, recomenda-se os níveis de 20 a 30% de inclusão de polpa cítrica peletizada na ensilagem de capim-Massai, por proporcionarem melhores perfis de carboidrato e proteína das silagens.

**Palavras-chave:** Conservação de forragens, Inoculante bacteriano, *Megathyrus maximus* x *M. infestum* cv. Massai, Polpa cítrica, Subproduto, Valor nutritivo.

## ABSTRACT

The conservation of the excess of forage produced in the rainy season is a viable alternative to supply the shortage of bulky food in the dry period. However, the low dry matter content, the low proportion of soluble carbohydrates and high buffer capacity at the ideal cutting stage impairs the fermentative activity, resulting in silage and low quality. Thus, the use of technologies that aim to minimize the effects of these variables on the fermentative profile of silage is an alternative for the use of forage with high productive capacity. The objective of this study was to evaluate the effect of increasing levels of pelleted citrus pulp associated or not to commercial microbial inoculant on Massai grass silage in relation to carbohydrate and protein fractionation of different silages. The experimental design was completely randomized, in a  $2 \times 4$  factorial scheme (presence or absence  $\times$  10, 20 and 30% of natural matter), with five replications/treatment. The material was ensiled in PVC silos, which remained closed for 90 days. There was no effect of the presence or absence of microbial inoculant or interaction between factors on protein and energy fractions. The CT content, the energy fractions (A + B1, B2 and C), the CP content and the nitrogen fractions B1 + B2 and C were influenced by the levels of inclusion of pelletized citrus pulp, which was not observed in the others. fractions A and B3 of silages. The levels of TC, fractions A + B1 and C increased as a function of the inclusion levels of citrus pulp, while the levels of fraction B2 were reduced. It was also observed increase of CP and indigestible protein fraction (C). The energy fractions ranged from 32.12 to 42.97%; 54.93 to 41.31% and 12.95 to 15.72% for A + B1, B2 and C, respectively. While protein fractions ranged from 29.81 to 22.13% and 10.83 to 15.11% for B1 + B2 and C. Thus, 20 to 30% inclusion levels of pelletized citrus pulp in Massai grass silage because they provide better carbohydrate and protein profiles of silages.

**Keywords:** By-product, Bacterial inoculant, Citric pulp, Forage conservation, *Megathayrsus maximus*  $\times$  *M. infestum* cv. Massai, Nutritive value.

## 1 INTRODUÇÃO

A alimentação animal é um dos principais fatores responsáveis pelos custos variáveis dos sistemas de produção, deste modo, a formulação das dietas deve ser cuidadosamente ajustada visando a máxima eficiência para suprir as exigências de energia e proteína.

Informações do alimento quanto às suas frações e degradabilidade, mesmo que por estimativa, permite a formulação de dietas mais adequadas. A identificação e classificação das diferentes frações de carboidratos e proteínas e a relação da disponibilidades destes, tornaram-se possíveis devido ao desenvolvimento dos sistemas de análises de alimentos baseados na solubilidade das frações em soluções detergentes (BARCELOS et al., 2001).

Segundo Carvalho et al. (2008), os atuais sistemas de adequação de dietas necessitam de informações sobre as frações dos alimentos, para que se possa estimar com maior exatidão o desempenho dos animais e a eficiência de uso dos nutrientes. Estimativas da caracterização das frações de carboidratos e proteínas dos alimentos é instrumento valioso na formulação de dietas que visam à maximização do crescimento dos microrganismos ruminais. Contudo, a dificuldade de se produzir alimento de qualidade principalmente devido a estacionalidade da produção forrageira, têm impulsionado nutricionistas e produtores a produzirem silagem de gramíneas tropicais em detrimento as culturas tracionais de milho e sorgo.

O capim-Massai (*Megathyrsus maximus* x *M. infestum* cv, Massai) uma forrageira pouco difundida em nosso meio sobre a forma de silagem, apresenta-se como uma alternativa economicamente mais atrativa do que o estabelecimento de uma cultura anual para produção de silagem. Devido a sua alta produtividade (15,6 t de MS/ha/ano), grande adaptabilidade a diferentes condições climáticas, alta relação folha:colmo (30%) e baixa estacionalidade da produção forrageira (53%) e elevado porcentual de proteína bruta nas folhas (12,5%) e nos colmos (8,5%) (EMBRAPA, 2001; SILVA et al., 2018).

Contudo, fatores limitantes como o baixo teor de matéria seca, baixa proporção de carboidratos solúveis e alto poder tampão no estágio de crescimento vegetativo, ideal para ensilagem, prejudicam a atividade fermentativa, favorecendo o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis resultando em silagens de baixa qualidade (McDONALD et al., 1991). Neste contexto, com o propósito de reduzir as perdas na ensilagem de capim-Massai e preservação das frações proteicas e energéticas, têm-se utilizado de aditivos para melhorar o processo de fermentação anaeróbia para garantir a máxima conservação do alimento ensilado.

Dentre os aditivos que podem ser utilizados, os absorventes de umidade destacam-se por favorecer a redução da produção de efluentes e estimularem a microflora do material ensilado pelo fornecimento de carboidratos solúveis (ÁVILA et al., 2006; ANDRADE et al., 2010). Além destes, os aditivos microbiológicos também possuem grande destaque, uma vez que abrangem hoje a classe de aditivo em mais rápida expansão e adoção em todo mundo por serem seguros e não poluírem o meio ambiente, melhorem a qualidade do processo fermentativo, reduzirem perdas de nutrientes e proporcionarem maior estabilidade da massa ensilada após abertura do silo (REIS & ROSA, 2001; ÁVILA et al., 2009). Partindo-se da hipótese científica de que o uso de polpa cítrica associado, ou não ao inoculante microbiano na ensilagem de capim-Massai maximizará o valor energético e proteico da massa de forragem ensilada.

Assim, neste contexto o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da utilização de níveis crescente de polpa cítrica peletizada associada ou não a inoculante microbiano comercial na ensilagem de capim-Massai em relação ao fracionamento de proteínas e carboidratos na forragem ensilada.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Local do Estudo

O experimento foi conduzido no Departamento de Nutrição Animal e Pastagens, do Instituto de Zootecnia (IZ), da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), município de Seropédica - RJ, Brasil, situado a 22°45' de latitude Sul e 43°41' de longitude Oeste e a 33 metros de altitude, no período de dezembro de 2015 a dezembro de 2016.

O clima da região é classificado como Aw, segundo Köepen, com uma estação seca que se estende de abril a setembro e outra quente e chuvosa, de outubro a março com precipitação pluviométrica média anual de 1.354 mm e temperatura média anual de 28 °C.

### 2.2 Área Experimental

A espécie forrageira utilizada foi o capim-Massai (*Megathyrus maximus x M. infestum* cv. Massai), estabelecido na área experimental do Departamento de Nutrição Animal e Pastagens, em 05/05/2011.

Em 18/12/2015 foi realizada uma adubação de manutenção após o corte de uniformização do capim-Massai, com 100kg/ha de N e 67kg/ha de K<sub>2</sub>O conforme as recomendações do manual de adubação do Rio de Janeiro (PORTZ et al., 2013).

### 2.3 Cortes, Colheita da Forragem e Preparo das Silagens

O experimento teve início com o corte de uniformização do capim-Massai (15/12/2015) a 5 cm do solo, utilizando-se de roçadeira costal.

Decorrido um período de 50 dias de crescimento vegetativo (altura média de 35 cm), foi realizado corte e colheita da forragem a 5 cm do solo utilizando-se roçadeira costal. O material foi retirado da área experimental e encaminhado ao Setor de Bovinocultura de Leite pertencente ao Instituto de Zootecnia da UFRRJ, acondicionado em sacos plásticos, para ser picado em picadeira estacionária, em partículas de tamanho médio de 2 cm. Deste material foi coletada uma amostra para determinação da composição químico-bromatológica do capim-Massai antes da ensilagem (Tabela 1), sendo o restante submetido ao tratamento controle e os demais estabelecidos.

A adição da polpa cítrica peletizada ao capim-Massai foi realizada com base na matéria natural (MN) de acordo com os tratamentos. O inoculante microbiano comercial a base de *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici*, amido (85%) e alumínio silicatos na proporção de 1g/L (25 ml/silo) foi homogeneizado à forragem durante o enchimento dos mini-silos, na forma de solução aquosa (água destilada), por meio de pulverizador manual, buscando-se distribuição uniforme na massa de forragem.

Para confecção dos mini-silos experimentais, foram utilizados canos de PVC com 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro (15,7 L) (Anexo), providos de tampas de PVC apropriadas e lacradas com abraçadeiras; na tampa superior foi instalada uma válvula do tipo “Bunsen” para permitir a saída dos gases oriundos da fermentação.

A forragem em seus distintos tratamentos foram compactadas manualmente nos silos em camadas de aproximadamente 10 cm, com densidade média de compactação de 600 kg/m<sup>3</sup>, sendo ensilado de 2,5 a 3,0 kg de material em cada mini-silo. No fundo de cada silo, foi colocada um saco confeccionado em TNT contendo areia lavada e seca (350 g), para drenagem do possível efluente gerado durante a ensilagem. Os silos foram pesados antes do seu enchimento.

**Tabela 1.** Composição químico-bromatológica dos ingredientes antes da ensilagem.

<b>Parâmetros</b>	<b>Capim-Massai (c/ 50 dias)</b>	<b>Polpa cítrica Peletizada</b>	<b>Inoculante microbiano comercial</b>
Matéria seca, %MS	34,54	84,81	88,69
Matéria mineral, %MS	11,74	5,68	8,79
Extrato etéreo, %MS	1,67	3,20	0,38
Proteína bruta, %MS	4,83	8,24	2,04
EB, kcal/kg	3634	3829	3256
FDN, %MS	72,96	24,66	1,53
FDA, %MS	44,60	16,04	0,26
Lignina, %MS	5,09	3,31	0,05
Celulose, %MS	33,66	14,25	0,10
Hemicelulose, %MS	29,57	8,61	1,27
CNF, %MS	6,22	60,27	86,87
N-NH <sub>3</sub> , N Total	3,99	3,97	3,89
PIDA, %PB	10,17	2,77	.
PDIN, %PB	33,58	6,07	.

EB: energia bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; CNF: carboidratos não fibrosos; PIDA: proteína insolúvel em detergente ácido; PDIN: proteína insolúvel em detergente neutro; N-NH<sub>3</sub>/N Total: nitrogênio amoniacal/nitrogênio total.

Após confecção, os mini-silos experimentais foram pesados e armazenados por 90 dias no Laboratório de Ciências Forrageiras do Departamento de Nutrição Animal e Pastagem do Instituto de Zootecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em local protegido da radiação solar, chuva e mantidos sob temperatura ambiente.

#### 2.4 Parâmetros Avaliados

Decorridos 90 dias de armazenamento, os silos foram abertos e desprezados os 5 cm de silagem da porção superior e inferior. O material remanescente foi colocado em recipiente específico para cada tratamento, homogeneizado e retirado uma amostra representativa para análise. Esta foi submetida à pré-secagem em estufa de ventilação forçada de ar regulada a 55±5 °C, até peso constante e, em seguida, processada em moinho de facas tipo Willey dotado de peneira com crivos de 1 mm de diâmetro, para posterior determinação dos teores de proteína bruta (PB: AOAC 954.01) e carboidratos totais (CT) obtidos pela equação proposta por Sniffen et al. (1992):  $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$ . Os carboidratos fibrosos foram obtidos a partir da FDN corrigido para matéria mineral e proteína (FDN<sub>cp</sub>); os carboidratos não fibrosos (CNF), ou seja, as frações A + B1, pela diferença entre os carboidratos totais e o FDN<sub>cp</sub> (HALL, 2003) e a fração C, determinada pela percentagem de lignina multiplicada por 2,4. Logo a fração B2, que corresponde à fração disponível da fibra, foi obtida pela diferença entre a FDN<sub>cp</sub> e a fração C.

Os teores de compostos nitrogenados insolúveis em detergente neutro (NIDN) e ácido (NIDA) foram determinados conforme Silva & Queiroz (2006). O fracionamento de proteína foi determinado segundo metodologia descrita por Licitra et al. (1996) onde, a fração A (NNP) foi obtida por diferença entre o nitrogênio total da amostra e o insolúvel em ácido tricloroacético (TCA) a 10%. A fração B1 determinada pela diferença entre a fração do nitrogênio solúvel total menos a fração A, em que o nitrogênio insolúvel total foi determinado a partir do tratamento de 0,5 g da amostra com tampão borato-fosfato, em seguida pela diferença entre o nitrogênio total menos o nitrogênio insolúvel no tampão borato-fosfato. A

fração B3 foi calculada pela diferença entre o NIDN e o NIDA, determinados por meio da fervura de 0,5 g de amostra, com solução detergente neutra e ácida durante uma hora, respectivamente, com análise dos resíduos também para nitrogênio. A fração C considerada como o nitrogênio insolúvel em detergente ácido e a fração B2, foram determinadas então pela diferença entre 100 e as frações A, B1, B3 e C, como porcentagem da proteína.

## 2.5 Delineamento Experimental

O experimento foi elaborado em delineamento experimental inteiramente casualizado, organizado em esquema fatorial (2 X 4) (presença ou ausência do inoculante microbiano x 10, 20 e 30% de polpa cítrica peletizada na matéria natural), com 40 unidades experimentais (8 tratamentos x 5 repetições) representadas por mini-silos.

Os tratamentos foram compostos por: capim-Massai com 10, 20 e 30% de polpa cítrica peletizada sem inoculante microbiano, capim-Massai com 10, 20 e 30% de polpa cítrica peletizada e com inoculante microbiano e capim-Massai com inoculante microbiano. Sendo o tratamento controle constituído somente pelo capim-Massai.

## 2.6 Análise Estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância de acordo com o modelo estatístico abaixo (I), considerando como fontes de variação os aditivos, seus níveis de inclusão e a interação entre esses fatores, sendo a interação desdobrada, ou não, de acordo com a sua significância. A influência dos níveis de inclusão da polpa cítrica peletizada foi avaliada por análise de regressão linear, tomando como base a significância do modelo ( $P < 0,05$ ) e o valor do coeficiente de determinação.

$$Y_{ijk} = \mu + IMC_j + DP_i + (IMC_j \times DP_i) + \epsilon_{ijk}^{(1)}$$

em que:

$Y_{ijk}$  = variável dependente  $k$  sob efeito do inoculante microbiano comercial  $j$  e doses de polpa cítrica peletizada  $i$ ,

$\mu$  = efeito da média geral de todas as observações,

$j = 1$  e  $2$ ,

$i = 1; 2; 3$  e  $4$ ,

$IMC_j$  = efeito do inoculante microbiano comercial,

$DP_i$  = efeito das doses de polpa cítrica peletizada,

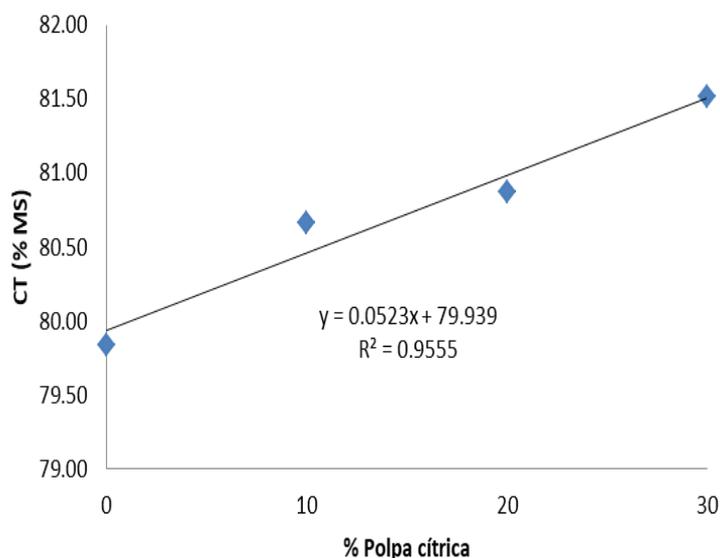
$IMC_j \times DP_i$  = interação entre inoculante microbiano comercial  $j$  e as doses de polpa cítrica peletizada  $i$ , e

$\epsilon_{ijk}$  = erro aleatório associado a cada observação.

Empregou-se, como ferramenta de auxílio, o pacote ExpDes.pt, do programa estatístico R, versão 3.5.3 (2018).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores referentes aos carboidratos totais (CT) das silagens de capim-Massai e sua respectiva equação de regressão e coeficiente de determinação estão apresentados na Figura 1.



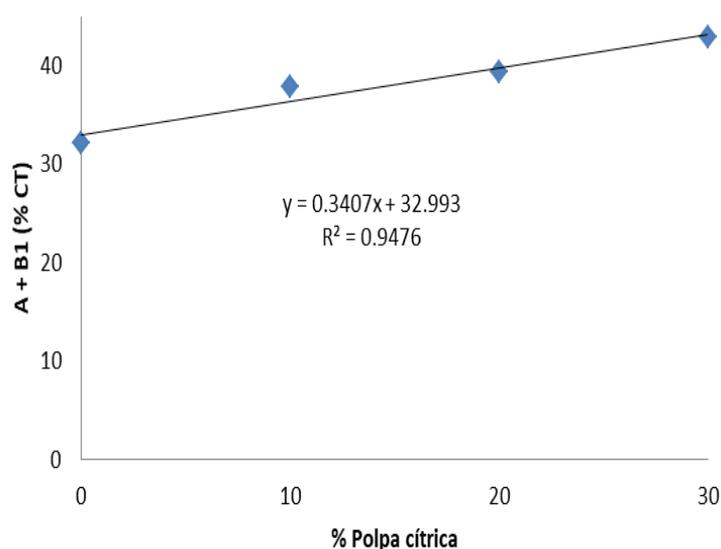
**Figura 1.** Estimativa dos teores de carboidratos totais (CT) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.

Não foi observado efeito ( $P > 0,05$ ) de interação entre os fatores e nem da presença ou ausência do inoculante microbiano sobre os teores de CT, com os respectivos valores médios de 80,76 e 80,70%. Conforme a análise de regressão, os níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada provocaram aumento linear ( $P < 0,05$ ) dos teores de CT na ensilagem do capim-Massai, estimando-se incremento de 0,019 unidade percentual para cada 1% de inclusão desse aditivo.

O aumento dos teores de CT possivelmente se deve ao baixo teor de proteína bruta e extrato etéreo do capim-Massai e da polpa cítrica peletizada (Tabela 1), visto elevado teor dessas frações nos alimentos leva à redução desta variável (CT) (SNIFFEN et al., 1992).

Os valores encontrados nesta pesquisa estão de acordo com Van Soest (1994) o qual cita que em média as plantas forrageiras apresentam conteúdos de CT que variam de 50 a 80% e sua principal função é ser fonte de energia para os animais. Andrade et al. (2010a), relatam teores de CT de 83% para silagem de capim-elefante com 10% de inclusão de farelo de mandioca, enquanto Pires et al. (2009) determinaram teores CT de 88,6%, em silagens de capim-elefante com 15% de inclusão de farelo de mandioca adicionada.

Efeito linear decrescente do teor de CT foi observado por Carvalho et al. (2007), que registraram redução de 0,22 unidade percentual para cada 1% de inclusão de farelo de cacau na ensilagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum). Perim et al. (2014), observaram o mesmo comportamento, com redução 0,26 unidade percentual para cada 1% de inclusão de farelo de milho na ensilagem de capim-piatã (*Urochloa brizantha* cv. Piatã). No entanto, vale ressaltar que o teor de proteína bruta e extrato etéreo dos aditivos utilizados por estes pesquisadores apresentaram teores destas frações, respectivamente, de 36 e 83% superiores ao do capim-elefante e 15 e 43% superiores ao do capim-piatã.



**Figura 2.** Estimativa dos teores da fração A + B1 (% CT) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.

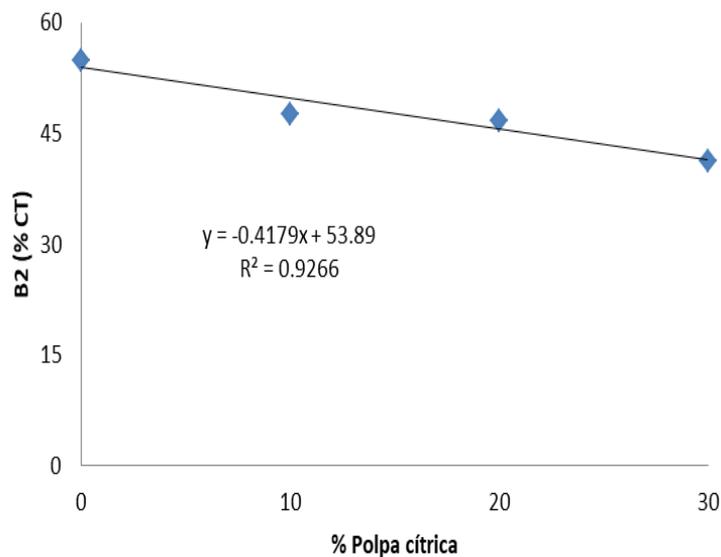
Os valores referentes à composição dos teores de carboidratos não fibrosos (CNF) (rápida degradação), representados pela fração A + B1 das silagens de capim-Massai e sua respectiva equação de regressão e coeficiente de determinação estão apresentados na Figura 2.

Não foi observado efeito ( $P > 0,05$ ) de interação entre os fatores e nem da presença ou ausência do inoculante microbiano nem sobre a fração A + B1, com os respectivos valores médios de 80,76 e 80,70%. No entanto, foi observado comportamento linear crescente ( $P < 0,05$ ) dos níveis de inclusão de polpa cítrica na massa ensilada para esta variável, estimando-se aumento de 0,34 unidade percentual para cada 1% de inclusão desse aditivo na ensilagem de capim-Massai. Com isso, foi possível obter um acréscimo de, aproximadamente, 33,77% pontos percentuais nos teores da fração A + B1 quando foram adicionados 30% de polpa cítrica peletizada em comparação a silagem exclusiva de capim-Massai.

O aumento dos teores da fração A + B1 nos diferentes níveis de inclusão (0, 10, 20 e 30% na MN) deve-se aos menores teores de FDNcp das silagens, que reduziram com o aumento dos níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada, 68,52; 62,50; 60,75 e 58,59%, respectivamente. Além, do elevado teor da fração A + B1 (79,69%) da polpa cítrica.

Alimentos com elevado teor da fração A + B1 são boas fontes energia para o aumento de microrganismos ruminais que utilizam os carboidratos não fibrosos, no entanto, se faz necessário a inclusão de fontes proteicas de rápida e média degradação para rápida sincronização entre liberação de energia e nitrogênio (CARVALHO et al., 2007).

Aumento da fração A + B1 também foi observado por Pires et al. (2009), que registraram valores de 34,5%, em silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) com 15% de inclusão de farelo de mandioca adicionada. Ribeiro et al. (2014), observaram que o uso de torta de mamona não promoveu incremento nesta fração e registraram um valor médio de 7,8%, mesmo o aditivo utilizado apresentando cerca de 18% de CNF.



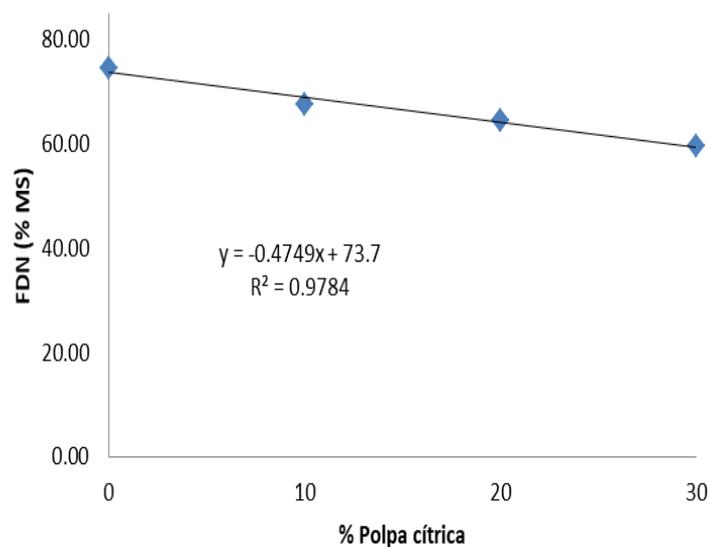
**Figura 3.** Estimativa dos teores da fração B2 (% CT) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.

Os valores referentes aos teores dos componentes da parede celular potencialmente degradável, representada pela fração B2 das silagens de capim-Massai e sua respectiva equação de regressão e coeficiente de determinação estão apresentados na Figura 3.

Não foi observado efeito ( $P > 0,05$ ) de interação entre os fatores e nem da presença ou ausência do inoculante microbiano sobre os teores desta variável, com os respectivos valores médios de 46,94 e 48,30%. Contudo, os níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada provocaram efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ) dos teores da fração B2, com redução de 0,41 unidade percentual para cada 1% de inclusão de polpa.

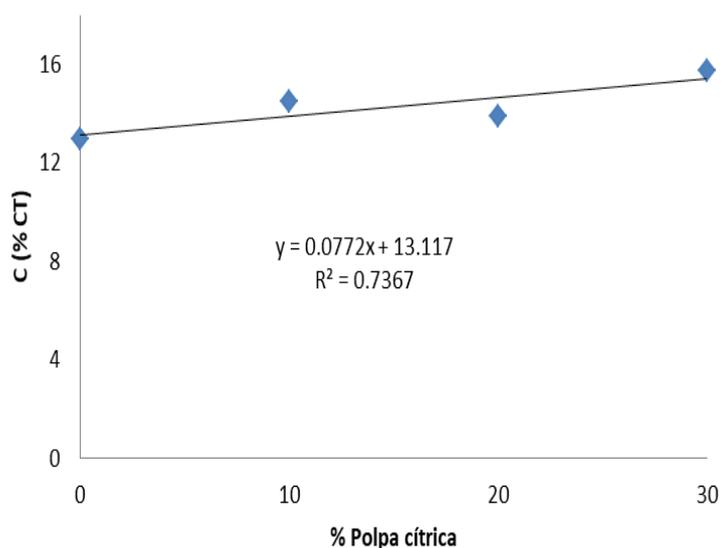
A redução da fração B2 coincide com o aumento dos teores da fração A + B1 nas diferentes silagens desta pesquisa, indicando degradação da parede celular da massa de forragem ensilada, como observado pela redução da FDN (Figura 4) devido a adequada atividade fermentativa dentro do silo, o que contribuiu para o aumento das frações de alta digestibilidade (BARCELOS et al., 2001; ANDRADE et al., 2010). Ademais, Malafaia et al. (1998) e Perim et al. (2014), citam que a fração B2 dos alimentos está diretamente correlacionada com o teor da FDN, o que justifica o maior valor desta fração no nível 0% de inclusão de polpa cítrica.

Os resultados estão em conformidade com Perim et al. (2014), que observaram efeito linear decrescente na fração B2, com redução de 0,45 unidade percentual para cada unidade de farelo de milho adicionado ao capim-piatã (*Urochloa brizantha* cv. Piatã); Carvalho et al. (2007), relataram redução 0,75, na ensilagem de capim-elefante elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) e Oliveira et al. (2012), reduções de 0,8 e 0,6 unidade percentual para cada 1% de inclusão de farelo de mandioca, adicionada às silagens de capim-elefante sem e com emurchecimento, respectivamente. Vale ressaltar que o teor da FDN dos aditivos utilizados por estes pesquisadores foram de 20,81, 43,6 e 16,3%, enquanto os teores da FDN do capim foram de 66,50, 66,35, e 71,9 e 69,5%, respectivamente.



**Figura 4.** Estimativa dos teores da fibra em detergente neutro (FDN) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.

Os valores referentes a fração indigestível (fração C) das silagens de capim-Massai e sua respectiva equação de regressão e coeficiente de determinação estão apresentados na Figura 5



**Figura 5.** Estimativa dos teores da fração C (% CT) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.

Não foi observado efeito ( $P > 0,05$ ) de interação entre os fatores e nem da presença ou ausência do inoculante microbiano sobre os teores desta fração, com respectivos valores médios de 14,26 e 14,29%. Para os níveis de inclusão polpa cítrica peletizada, houve efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ) dessa fração em função dos níveis de inclusão deste aditivo. Com aumento de 0,07 unidade percentual para cada 1% de inclusão de polpa cítrica.

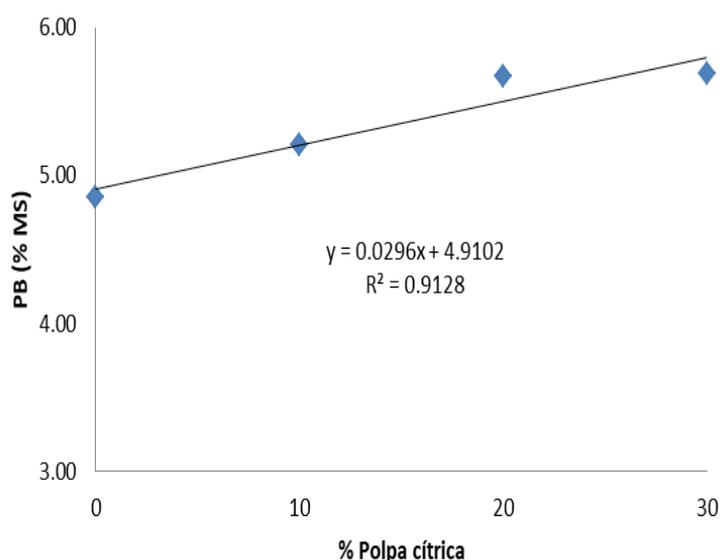
O efeito linear crescente observado na fração C desta pesquisa, se deve ao teor da fração C (7,94% do CT) da polpa cítrica peletizada e do capim-Massai (12,12%) antes da

ensilagem. Entretanto, mesmo com uma variação de 21,38% observada nos valores da fração C, esta representou somente 13,17% do CT.

O mesmo comportamento foi observado por Carvalho et al. (2007), que registraram aumento de 0,12 unidade percentual superior ao encontrado nestas pesquisa para cada 1% de farelo de cacau adicionado ao capim-elefante na ensilagem.

Apesar do aumento da fração C, a fração A1 + B1 e B2 representou em média 86,82% do teor de CT das silagens com polpa cítrica peletizada, o que confirma esse subproduto como uma fonte alternativa de carboidratos potencialmente digestíveis.

Os valores referentes a proteína bruta (PB) das silagens de capim-Massai e sua respectiva equação de regressão e coeficiente de determinação estão apresentados na Figura 6.



**Figura 6.** Estimativa dos teores de proteína bruta (PB) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.

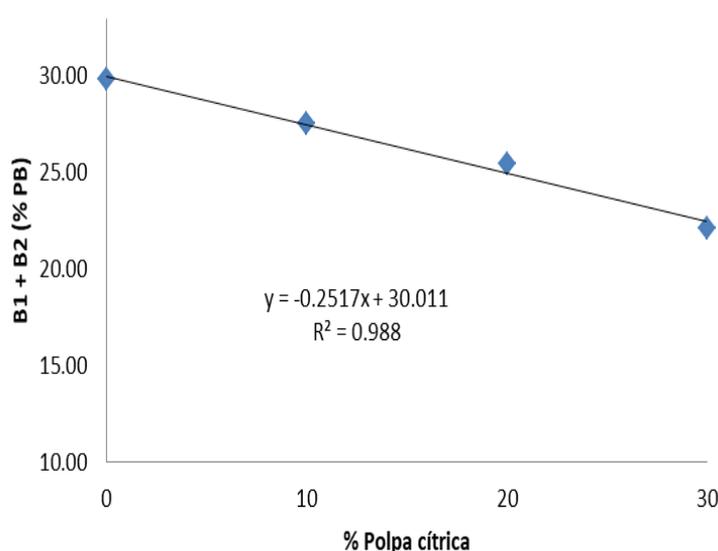
Não foi observado efeito ( $P > 0,05$ ) de interação entre os fatores e nem da presença ou ausência do inoculante microbiano sobre os teores de proteína bruta (PB), com valores médios de 5,38 e 5,33%, respectivamente. Entretanto, os níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada provocaram efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ) dos teores de PB na ensilagem do capim-Massai, proporcionando acréscimo de 0,02 unidade percentual no teor de PB para cada 1% de inclusão desse aditivo, com média variando entre 4,85 e 5,69%. Os valores que estão abaixo da média de 6 a 8%, considerada como ideal para que ocorra fermentação microbiana adequada no rúmen (VAN SOEST, 1994). Em função da idade de corte do capim-Massai, o seu teor de proteína bruta era originalmente baixo, o que determinou baixos valores desta variável na composição química das silagens.

Yasuoka et al. (2015), citaram que o uso de aditivos sequestrantes de umidade, podem causar queda no valor nutritivo da mistura, geralmente das frações proteica. Como observado por estes autores avaliando níveis crescentes de polpa cítrica peletizada na ensilagem de capim-xaraés (*Urochloa brizantha* cv. Xaraés), que registraram redução de 0,35 unidade percentual para cada 1% de inclusão desse aditivo nos teores de PB.

Entretanto, esse comportamento não foi observado nesta pesquisa e de modo geral os teores encontrados de PB das silagens são semelhantes aos de Pires et al. (2009), que relatam teores médios de 6,2% com 15% de inclusão de casca de café; Bonfá et al. (2015), que registraram valores próximos 5,3%, quando utilizaram 50% de casca de maracujá e Rodrigues

et al. (2005) que observaram valores médios de 6,79%, com inclusões de polpa cítrica peletizada em silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum).

Quanto ao teor de nitrogênio não-proteico das silagens, representado pela fração A, não foi observado influência ( $P>0,05$ ) de interação entre os aditivos, do inoculante microbiano e dos níveis de inclusão da polpa cítrica peletizada. Os teores médios da fração A, estimados para as silagens contendo 0, 10, 20 e 30% de inclusão de polpa cítrica, foram de 45,07; 41,87; 44,40 e 45,14%, respectivamente. Os valores médios da fração A1 das silagens desta pesquisa foram maiores quando comparados aos de Carvalho et al. (2008), que relataram teores de 33,4% para silagem de capim-elefante com 7% de inclusão de farelo de cacau, enquanto, Andrade et al. (2010), determinaram teores que variaram de 36,7 a 31,6%, 25,2 a 21,9% e 20,4 a 14,9% em silagens de capim-elefante com níveis crescente de farelo de mandioca, casca de café e farelo de cacau.



**Figura 7.** Estimativa dos teores da fração B1 + B2 (% PB) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.

Os valores referente as frações B1 e B2 (proteínas solúveis e insolúveis verdadeiras), consideradas única (B1 + B2) nesta pesquisa, das silagens de capim-Massai e sua respectiva equação de regressão e coeficiente de determinação estão apresentados na Figura 7.

Quanto aos valores desta fração não foi observado efeito ( $P>0,05$ ) de interação entre os fatores e nem da presença ou ausência do inoculante microbiano, com os respectivos valores médios de 24,77 e 27,70%.

Porém, os níveis de inclusão da polpa cítrica provocaram efeito linear decrescente ( $P<0,05$ ) dos teores desta fração na massa ensilada, com redução de 0,25 unidade percentual para cada 1% de inclusão desse aditivo na ensilagem do capim-Massai, com uma variação de 29,81 para 22,13%.

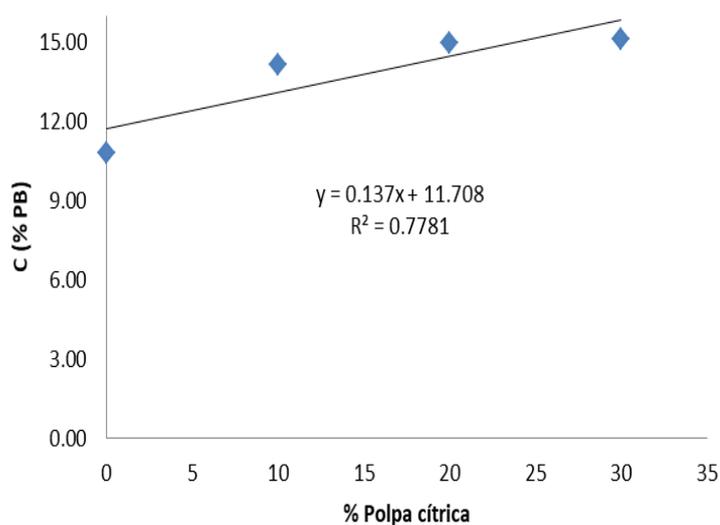
Comportamento contrário foi observado por Ribeiro et al. (2014), que registraram aumento de 1,06 unidade percentual de B1 + B2 para cada 1% de inclusão de torta de mamona adicionada a ensilagem de capim-elefante, sendo verificados os respectivos valores de 20,6; 26,9; 33,3 e 39,7%, para 0, 6, 12 ou 18% de inclusão.

Contudo, diante dos resultados encontrados nesta pesquisa, mesmo com redução entre os níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada, fica evidente que a adição desse aditivo ao capim-Massai colaborou para um melhor valor proteico das silagens (PB), haja visto que ela possui em média 44,44% desta fração.

A fração B3 (proteína associada à parede celular e de lenta degradação) não foi influenciada ( $P>0,05$ ) pela interação entre os aditivos, o inoculante microbiano e os níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada. Os teores médios da fração B3, estimados para as silagens contendo 0, 10, 20 e 30% de polpa cítrica, foram de 14,29; 16,44; 15,18 e 17,62%, respectivamente.

Como esta fração é caracterizada pelos teores de proteínas ligadas a parede celular, numericamente o resultado encontrado deve-se à adição da polpa cítrica peletizada a ensilagem do capim-Massai, mesmo esta apresentando baixos teores de PIDN e PIDA (Tabela 1), causou elevação dos teores da fração C, com maiores valores de B3.

No entanto, os teores médios encontrados da fração B3 desta pesquisa podem ser considerados próximos aos de Perim et al. (2014), que relataram teores de 12,67% para silagem de capim-piatã (*Urochloa brizantha* cv. Piatã) com 16% de inclusão de farelo de milho.



**Figura 8.** Estimativa dos teores da fração C (% PB) em silagens de capim-Massai com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada.

Os valores referente à proteína insolúvel e não digerível das silagens de capim-Massai, representadas pela fração C e sua respectiva equação de regressão e coeficiente de determinação estão apresentados na Figura 8.

Para fração C não foi observado efeito ( $P>0,05$ ) de interação entre os fatores e nem da presença ou ausência do inoculante microbiano para os teores desta fração, com os respectivos valores médios de 14,21 e 13,31%. Contudo, os níveis crescentes de polpa cítrica peletizada causaram efeito linear crescente ( $P<0,05$ ), com aumentos de 0,13 unidade percentual para cada 1% de inclusão desse aditivo na ensilagem de capim-Massai.

Segundo Sniffen et al. (1992), acréscimos nos teores desta fração podem ocorrer devido a formação de produtos da reação de Maillard, dado pelo aquecimento dentro do silo, provocado por fermentações secundárias indesejáveis resultantes da elevação do teor de matéria seca ou, então, da baixa disponibilidade de água livre da forragem. Contudo, nesta pesquisa o aumento do teor desta fração pode ser atribuído ao capim-Massai que apresentou em sua composição um elevado teor de PIDA quando comparado à polpa cítrica (Tabela 1).

Os teores da fração C das silagens desta pesquisa foram semelhantes aos encontrados por Pires et al. (2009) que relataram teores de 12 e 15,3%, em silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) com 15% de inclusão de casca de café e farelo de

cacau, enquanto, Ribeiro et al. (2014), relatam redução de 0,31 unidade percentual para cada unidade de torta de mamona adicionada em silagens de capim-elefante, com valores que variam 15,5 a 11,4%.

O fracionamento de proteína dos alimentos é de fundamental importância, pois possibilita estimar seus respectivos teores, além do maior ou menor escape de nitrogênio ruminal. Favorecendo a escolha de alimentos proteicos de alta qualidade para compor as dietas dos animais.

#### 4 CONCLUSÃO

A adição de polpa cítrica peletizada aumenta o teor de CT das silagens, com maior percentual das frações A + B1 e B2.

A adição de polpa peletizada proporciona aumento do teor de PB sem causar efeito sobre as frações A1 e B3. A fração B1 + B2 sofreu redução com os níveis de inclusão deste aditivo, com acréscimos na fração C.

Recomenda-se os níveis de 20 a 30% de inclusão de polpa cítrica peletizada na ensilagem de capim-Massai, por proporcionarem melhores perfis de carboidrato e proteína das silagens.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, I. V. O.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; VELOSE, C. M.; BONOMO, P. Fracionamento de proteína e carboidratos em silagens de capim-elefante contendo subprodutos agrícolas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.11, p.2342-2348, 2010.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 15 .ed., Virginia: Arlington. 1117p., 1990.

ÁVILA, C. L. S.; PINTO, J. C.; FIGUEREDO, H. C. P.; MORAIS, A. R.; PEREIRA, O.G.; SCHWAN, R.F. Estabilidade aeróbia de silagens de capim-mombaça tratadas com *Lactobacillus buchneri*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.779-787, 2009.

ÁVILA, C. L. S.; PINTO, J. C.; TAVARES, V. B.; SANTOS, Í. P. A. Avaliação dos conteúdos de carboidratos solúveis do capim-tanzânia ensilado com aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.648-654, 2006.

BARCELOS, A. F.; PAIVA, P. C. A.; PÉREZ, J. R. O.; CARDOSO, R. M.; SANTOS, V. B. Estimativa das Frações dos Carboidratos, da Casca e Polpa Desidratada de Café (*Coffea arabica* L.) Armazenadas em Diferentes Períodos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1566-1571, 2001.

BONFÁ, C. S.; CASTRO, G. H. F.; VILLELA, S. D. J.; SANTOS, R. A.; EVANGELISTA, A. R.; JAYME, C. G.; GONÇALVES, L. C.; PIRES NETO, O. S.; BARBOSA, J. A. S. Silagem de capim-elefante adicionada de casca de maracujá. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, n.3, p.801-808, 2015.

BORJA, M. S.; OLIVEIRA, R. L.; LIMA, L. S.; BAGALDO, A. R.; CARVALHO, G. G. P.; RIBEIRO, C.V.D.M. Sunflower meal concentrations in massai grass silage. **Revista Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.17, n.2, p.3041-3046, 2012.

CARVALHO, G. G. P.; GARCIA, R.; PIRES, A. J. V.; PEREIRA, O. G.; FERNANDES, F. É. P.; CECON, P. R.; AZEVÊDO, J. A. G. Fracionamento de proteínas de silagem de capim-elefante emurhecido ou com farelo de cacau. **Ciência Animal Brasileira**, v.9, n.3, p.648-656, 2008.

CARVALHO; G. G. P.; GARCIA, R.; PIRES, A. J. V.; PEREIRA, O. G.; FERNANDES, F. E. P.; OBEID, J. A.; CARVALHO, B. M. A. Fracionamento de carboidratos de silagem de capim-elefante emurhecido ou com farelo de cacau. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1000-1005, 2007.

HALL, M. B. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**, v.81, n.12, p.3226-3232, 2003.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.347-358, 1996.

MALAFAIA, P. A. M.; VALADARES FILHO, S. C.; VIEIRA, R. A. M.; SILVA, J. F. C.; PEREIRA, J. C. Determinação das Frações que Constituem os Carboidratos Totais e da

Cinética Ruminal da Fibra em Detergente Neutro de Alguns Alimentos para Ruminantes **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.4, p.790-796, 1998.

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

OLIVEIRA, A. C.; GARCIA, R.; PIRES, A. J. V.; OLIVEIRA, H. C.; ALMEIDA, V. V. S.; VELOSO, C. M.; ROCHA NETO, A. L.; OLIVEIRA, U. L. C. Farelo de mandioca na ensilagem de capim-elefante: fracionamento de carboidratos e proteínas e características fermentativas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.4, p.1020-1031, 2012.

OLIVEIRA, R.; RIBEIRO, O. L.; BAGALDO, A. R.; LIMA, L. S.; BORJA, M. S.; CORREIA, B. R.; COSTA, J. B.; LEÃO, A. G. Torta de dendê oriunda da produção do biodiesel na ensilagem de capim-massai. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.12, n.4, p.881-892, 2011.

PEREIRA, R. C.; BANYS, V. L.; SILVA, A. C.; PEREIRA, R. G. A. Adição de polpa cítrica peletizada na ensilagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* schum) cv. cameroon. **Revista Uni Alfenas**, v.5, p. 147-152, 1999.

PERIM, R. C.; COSTA, K. A. P.; EPIFANIO, P. S.; TEIXEIRA, D. A. A.; FERNANDES, P. B.; SANTOS JÚNIOR, D. R. Protein and carbohydrate fractionation of Piata palisadegrass ensiled with energetic meals. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 36, n.2, p.193-200, 2014.

PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; GARCIA, R.; CARVALHO JÚNIOR, J. N.; RIBEIRO, L. S. O.; CHAGAS, D. M. T. Fracionamento de carboidratos e proteínas de silagens de capim-elefante com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.38, n.3, p.422-427892, 2009.

PORTZ, A.; RESENDE, A. S. de; TEIXEIRA, A. J.; ABBOUD, A. C. de S.; MARTINS, C. A. da C.; CARVALHO, C. A. B. de; LIMA, E.; ZONTA, E.; PEREIRA, J. B. A.; BALIEIRO, F. de C.; ALMEIDA, J. C. de C.; SOUZA, J. F. de; GUERRA, J. G. M.; MACEDO, J. R. de; SOUZA, J. N. de; FREIRE, L. R.; VASCONCELOS, M. A. da S.; LEAL, M. A. de A.; FERREIRA, M. B. C.; MANHÃES, M.; GOUVE, R. F. de; BUSQUET, R. N. B.; BHERING, S. B. Recomendações de adubos, corretivos e de manejo da matéria orgânica para as principais culturas de Estado do Rio de Janeiro. In: FREIRE, L.R.; BALIEIRO, F.C.; ZONTA, E. et al. **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. 1. ed. Seropédica: UFRRJ, 2013. Cap. 14, p. 257-414.

R Core Team (2018). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

REIS, R. A.; ROSA, B. Suplementação Volumosa: conservação do excedente. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; SILVA, S. C.; FARIA, V. P. (Ed.). Planejamento de Sistemas de Produção em Pastagens. Simpósio Sobre Manejo da Pastagem, 18ª, 2001, São Paulo. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. P. 233-255.

RIBEIRO, L. S. O.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; PEREIRA, M. L. A.; SANTOS, A. B.; ROCHA, L. C. Características fermentativas, composição química e fracionamento de carboidratos e proteínas de silagem de capim-elefante emurcheado ou com adição de torta de mamona. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.3, p.1447-1462, 2014.

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.

SILVA, A. B.; CARVALHO, C. A. B.; PIRES, C. A.; ALMEIDA, J. C. C.; NEPOMUCENO, D. D. Effects of nitrogen dosage and urea source on morphological composition and forage accumulation in massai grass. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n.4, p.1407-1416, 2018.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2006. 235 p.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, D. J.; VAN SOEST, P. J.; FOX, P. G.; RUSSELL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562-3577, 1992.

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

YASUOKA, J. I.; MEIRELLES, P. R. L.; SILVA, M. G. B.; GRANUZZO, J. T.; SILVA, M. P. Efeito da inclusão de polpa cítrica na ensilagem de capim-xaraés. **Boletim Industrial Animal**, v.72, n.4, p.298-303, 2015.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

- ✓ O capim-Massai, quando ensilado com alto teor de matéria seca (acima de 30% de MS) associado a polpa cítrica peletizada, proporciona menores perdas na fase fermentativa, pela reduzida produção de efluentes e desenvolvimento de processos fermentativos indesejáveis, justificando portanto o seu uso.
- ✓ Nestas condições, as silagens podem se mostrar menos estáveis após abertura dos silos, uma vez que o elevado teor de matéria seca e A + B1 pode permitir a proliferação de microrganismos responsáveis pela deterioração aeróbia.
- ✓ O uso da polpa cítrica peletiza promoveu aumento nos teores de matéria seca e carboidratos totais durante o período fermentativo das silagens, porém, com pequenos aumentos dos teores de PIDA.
- ✓ Com base nos resultados encontrados, referentes ao estudo de regressão, sugere-se mais pesquisas para investigar o uso de modelos de regressão não lineares na ensilagem de gramíneas tropicais, considerando as significâncias dos modelos e o valor dos coeficientes de determinação desta pesquisa.
- ✓ Não foi observado efeito do inoculante microbiano comercial sobre as silagens para a maior parte das variáveis, e acredita-se que possa ser observado efeito sobre silagens com menor teor de matéria seca do que a utilizada neste experimento.

## **ANEXOS**

## CAPÍTULO I. COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA E DINÂMICA DE FERMENTAÇÃO DE SILAGENS DE CAPIM-MASSAI COM ADITIVOS

**Tabela 5.** Características fermentativas e de perdas em silagens de capim-Massai contendo inoculante microbiano comercial e quatro níveis de polpa cítrica peletizada (PC) em percentagem da matéria natural (MN).

Aditivos	Polpa cítrica (%MN)				Equação de Regressão	P-value	R <sup>2</sup>
	0	10	20	30			
<b>pH</b>							
C/Inoculante	4,00	3,89 <sup>b</sup>	3,95	4,02	$\hat{Y}=3,9966-0,0129.PC+0,0005.PC^2$	0,0017	0,52
S/Inoculante	3,99	3,99 <sup>a</sup>	3,95	3,97			
CV (%)	1,4						
<b>N-NH<sub>3</sub>/N (%) total**</b>							
C/Inoculante	3,86	4,43	4,54	4,91	$\hat{Y}=3,9091+0,0354.PC$	<0,001	0,99
S/Inoculante	3,92	4,16	4,71	5,01			
CV (%)	4,9						
<b>Recuperação de MS (%)</b>							
C/Inoculante	87,24	97,44	100,92	111,48	$\hat{Y}=87,525+0,7782.PC$	<0,001	0,99
S/Inoculante	86,90	95,17	103,99	110,44			
CV (%)	4,11						
<b>Perdas por gases (%)</b>							
C/Inoculante	0,02	0,02	0,02	0,02	$\hat{Y}=0,0255-0,0001.PC$	<0,001	0,50
S/Inoculante	0,03	0,03	0,02	0,02			
CV (%)	16,48						

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si (P<0,05) pelo teste F; CV = coeficiente de variação; N-NH<sub>3</sub>/N total\*\* = nitrogênio amoniacal em percentagem do nitrogênio total.

**Tabela 6.** Teores de matéria seca, matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE) e energia bruta (EB) em silagens de capim-Massai contendo inoculante microbiano comercial e quatro níveis de polpa cítrica peletizada (PC) em percentagem da matéria natural (MN).

Aditivos	Polpa cítrica (%MN)				Equação de Regressão	P-value	R <sup>2</sup>
	0	10	20	30			
<b>Matéria seca (%MS)</b>							
C/Inoculante	35,03	39,19	40,59	44,81	$\hat{Y}=35,1193+0,3239.PC$	<0,001	0,99
S/Inoculante	35,05	38,22	41,70	45,22			
CV (%)	3,59						
<b>MM (%MS)</b>							
C/Inoculante	13,22	12,10	10,93	9,69	$\hat{Y}=12,689-0,0771.PC$	<0,001	0,99
S/Inoculante	12,29	11,58	11,23	11,19			
CV (%)	10,07						
<b>EE (%MS)</b>							
C/Inoculante	2,37 <sup>b</sup>	2,31	2,28	2,53 <sup>a</sup>	$\hat{Y}=2,34$ $\hat{Y}=2,6182-0,0143.PC$	<0,0001	0,55
S/Inoculante	2,72 <sup>a</sup>	2,24	2,47	2,17 <sup>b</sup>			
CV (%)	7,87						
<b>EB (kcal/kg)</b>							
C/Inoculante	4.265 <sup>a</sup>	4.124 <sup>a</sup>	4.114	4.177 <sup>a</sup>	$\hat{Y}=4.261,2-$ $17,917.PC+0,5064.PC^2$ $\hat{Y}=4.069$	0,0034	0,92
S/Inoculante	4.053 <sup>b</sup>	3.959 <sup>b</sup>	4.119	4.022 <sup>b</sup>			
CV (%)	0,47						

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si (P<0,05) pelo teste F; CV = coeficiente de variação.

**Tabela 7.** Teores de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) em silagens de capim-Massai contendo inoculante microbiano comercial e quatro níveis de polpa cítrica peletizada (PC) em percentagem da matéria natural (MN).

Aditivo	Polpa cítrica (% MN)				Equação de Regressão	P-value	R <sup>2</sup>
	0	10	20	30			
<b>PB (%MS)</b>							
C/Inoculante	4,98	5,15	5,67	5,72	$\hat{Y}=4,9102+0,0296.PC$	<0,001	0,91
S/Inoculante	4,73	5,27	5,66	5,66			
CV (%)	5,51						
<b>PIDN (%PB)</b>							
C/Inoculante	33,67 <sup>a</sup>	27,50	29,36 <sup>b</sup>	31,79	$\hat{Y}=33,296-$ $0,6827.PC+0,0215.PC^2$ $\hat{Y}=23,988+0,4916.PC-$ $0,0076.PC^2$	0,0117	0,40
S/Inoculante	24,95 <sup>b</sup>	25,27	33,65 <sup>a</sup>	30,94			
CV (%)	8,93						
<b>PIDA (%PB)</b>							
C/Inoculante	10,30	15,08	15,26	16,21	$\hat{Y}=11,7084+0,137.PC$	<0,001	0,77
S/Inoculante	11,36	13,21	14,69	14,02			
CV (%)	14,25						

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si (P<0,05) pelo teste F; CV = coeficiente de variação.

**Tabela 8.** Teores de carboidratos totais (CT) e constituintes da fração fibrosa em silagens de capim-Massai contendo inoculante microbiano comercial e quatro níveis de polpa cítrica peletizada (PC) em percentagem da matéria natural (MN), em percentagem da matéria seca.

Aditivo	Polpa cítrica (%MN)				Equação de Regressão	P-value	R <sup>2</sup>
	0	10	20	30			
<b>CT (%)</b>							
C/Inoculante	79,43	80,44	81,11	82,06	$\hat{Y}=79,939+0,0523.PC$	<0,001	0,95
S/Inoculante	80,26	80,90	80,64	80,98			
CV (%)	1,51						
<b>Fibra em detergente ácido (%)</b>							
C/Inoculante	44,33	41,29	40,10	37,85	$\hat{Y}=43,5594-0,1924.PC$	<0,001	0,97
S/Inoculante	43,52	40,85	39,41	38,05			
CV (%)	3,2						
<b>Fibra em detergente neutro (%)</b>							
C/Inoculante	75,09	66,78	64,77	59,01	$\hat{Y}=73,7-0,4749.PC$	<0,001	0,97
S/Inoculante	73,82	68,49	64,36	60,29			
CV (%)	2,42						
<b>Lignina (%)</b>							
C/Inoculante	5,29	6,05	5,84	6,41	$\hat{Y}=5,3045+0,0317.PC$	<0,001	0,94
S/Inoculante	5,28	5,38	5,76	6,12			
CV (%)	5,3						
<b>Celulose (%)</b>							
C/Inoculante	33,45	30,15	30,21	28,65	$\hat{Y}=32,832-0,1639.PC$	<0,001	0,93
S/Inoculante	33,10	30,65	29,38	27,39			
CV (%)	3,08						
<b>Hemicelulose (%)</b>							
C/Inoculante	30,77	26,18	24,67	20,78	$\hat{Y}=30,377-0,2961.PC$	<0,001	0,99
S/Inoculante	30,30	27,82	28,95	22,01			
CV (%)	5,86						

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si ( $P<0,05$ ) pelo teste F; CV = coeficiente de variação.

## CAPÍTULO II. FRACIONAMENTO DE CARBOIDRATOS E PROTEÍNAS DE SILAGENS DE CAPIM-MASSAI COM ADITIVOS

**Tabela 2.** Fracionamento de carboidratos das silagens de capim-Massai contendo inoculante microbiano comercial e quatro níveis de polpa cítrica peletizada (PC) em percentagem da matéria natural (MN).

Aditivos	Polpa cítrica (%MN)				Equação de Regressão	P-value	R <sup>2</sup>
	0	10	20	30			
<b>CT (%MS)</b>							
C/Inoculante	79,43	80,44	81,11	82,06	$\hat{Y}=79,939+0,0523.PC$	<0,001	0,95
S/Inoculante	80,26	80,90	80,64	80,98			
<b>CV (%)</b>	1,51						
<b>A + B1 (%CT)</b>							
C/Inoculante	32,76	38,30	39,60	44,55	$\hat{Y}=32,993+0,3407.PC$	<0,001	0,94
S/Inoculante	31,48	37,50	39,25	41,40			
<b>CV (%)</b>	6,32						
<b>B2 (%CT)</b>							
C/Inoculante	54,54	47,18	45,98	40,07	$\hat{Y}=53,89-0,4179.PC$	<0,001	0,92
S/Inoculante	55,33	47,98	47,35	42,55			
<b>CV (%)</b>	6,85						
<b>C (%CT)</b>							
C/Inoculante	12,70	14,52	14,44	15,39	$\hat{Y}=13,117+0,0772.PC$	0,0034	0,73
S/Inoculante	13,20	14,52	13,40	16,05			
<b>CV (%)</b>	6,60						
<b>Fibra em detergente neutro (%)</b>							
C/Inoculante	75,09	66,78	64,77	59,01	$\hat{Y}=73,7-0,4749.PC$	<0,001	0,97
S/Inoculante	73,82	68,49	64,36	60,29			
<b>CV (%)</b>	2,42						

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si (P<0,05) pelo teste F; CT = carboidratos totais; CV = coeficiente de variação.

**Tabela 3.** Frações proteicas de silagens de capim-Massai contendo inoculante microbiano comercial e quatro níveis de polpa cítrica peletizada (PC) em percentagem da matéria natural (MN), expresso em % da proteína bruta (PB).

Aditivos	Polpa cítrica (%MN)				Equação de Regressão	P-value	R <sup>2</sup>
	0	10	20	30			
	<b>PB (%MS)</b>						
C/Inoculante	4,98	5,15	5,67	5,72	$\hat{Y}=4,9102+0,0296.PC$	<0,001	0,91
S/Inoculante	4,73	5,27	5,66	5,66			
<b>CV (%)</b>	5,51						
	<b>A1 (%PB)</b>						
C/Inoculante	47,01	40,46	44,62	45,15	.		.
S/Inoculante	43,01	43,28	44,17	45,14	.		.
<b>CV (%)</b>	13,57						
	<b>B1 + B2 (%PB)</b>						
C/Inoculante	27,58	25,89	24,44	21,18	$\hat{Y}=30,011-0,2517.PC$	0,013	0,98
S/Inoculante	32,05	29,22	26,47	23,06			
<b>CV (%)</b>	10,27						
	<b>B3 (%PB)</b>						
C/Inoculante	14,98	18,58	15,68	17,46	.		.
S/Inoculante	13,59	14,30	14,67	17,78	.		.
<b>CV (%)</b>	15,44						
	<b>C (%PB)</b>						
C/Inoculante	10,30	15,08	15,26	16,21	$\hat{Y}=11,7084+0,1370.PC$	0,0239	0,77
S/Inoculante	11,36	13,21	14,69	14,02			
<b>CV (%)</b>	14,25						

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si (P<0,05) pelo teste F; CV = coeficiente de variação.