



**Universidade Federal do Pará**  
**Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural**  
**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Amazônia Oriental**  
**Universidade Federal Rural da Amazônia**  
**Programa de Pós-Graduação em Agriculturas Amazônicas**

**Jorge Cardoso de Azevedo**

**RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA DE FRUTAS COMO ADITIVOS PARA  
ENSILAGEM DE CAPIM ELEFANTE**

**Belém**  
**2015**

**Jorge Cardoso de Azevedo**

**RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA DE FRUTAS COMO ADITIVOS PARA  
ENSILAGEM DE CAPIM ELEFANTE**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural. Universidade Federal do Pará. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental. Universidade Federal Rural da Amazônia. Área de concentração: Produção Animal. Orientador: Prof Dr. Felipe Nogueira Domingues Co-orientador: Dr. Norberto Silva Rocha

**Belém  
2015**

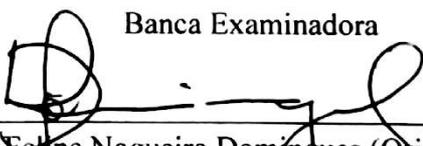
**Jorge Cardoso de Azevedo**

**Resíduos da agroindústria de frutas como aditivos na ensilagem de capim elefante**

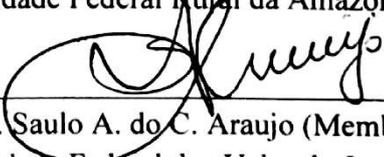
Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural. Universidade Federal do Pará. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental. Universidade Federal Rural da Amazônia.  
Área de concentração: Produção Animal.

Data da aprovação. Belém - PA: 27 / 03 / 2015

Banca Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Felipe Nogueira Domingues (Orientador)  
Universidade Federal do Pará (UFPA)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Cristian Faturi (Membro Titular)  
Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Saulo A. do C. Araujo (Membro Titular)  
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Pará.

À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, por permitir e disponibilizar todo o aporte necessário para a execução do meu trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Felipe Nogueira Domingues pela orientação, conhecimento transmitido, conselhos, críticas, enfim por confiar em minha capacidade de conduzir esse trabalho.

Ao Prof. Dr. Saulo Aberto do Carmo Araujo, que me acolheu na Universidade Federal dos Vales dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, fornecendo todo o aporte necessário para a realização desse trabalho.

Ao Co-orientador Dr. Norberto de Silva Rocha pela orientação, pela grande amizade formada, pela grande ajuda no experimento e pelas valiosas sugestões que foram fundamentais para a realização desse trabalho.

À Dra. Tatiana Oliveira da Silva, pela amizade e sugestões que contribuíram grandemente para o aprimoramento do meu trabalho.

À Profa. Dra. Lilisn de Araujo Pantoja, pela confiança, pelo apoio e pela ajuda nas análises microbiológicas.

Ao Prof. Dr Alexandre Soares dos Santos, por permitir que as análises microbiológicas fossem realizadas no laboratório de bioprocessos e biotransformação (LabBBIO/UFVJM).

À minha mãe, Silvia e ao meu pai, Jorge, por sempre me passarem bom exemplos, me ensinando os valores da vida: caráter, dignidade, respeito, amor e educação. Amo vocês.

Aos meus irmãos, Carolina e Daniel, pela torcida, por todo carinho, atenção e amor dedicado a nossa família, mesmo distante vocês acalmaram meu coração.

À minha noiva, Luana, por estar sempre presente em minha vida, me incentivando, proporcionando amor, amizade e companherismos ao longo desses anos. Você preencheu a lacuna que faltava em minha vida. Obrigado pela sua paciência mesmo quando não mereci, te amo meu amor!

A técnica de laboratório Ilva de Fatima Souza, pela amizade, auxílio e apoio durante a condução das análises laboratoriais.

Aos funcionários da Fazenda do Moura, Dona Wal, Neth, Celeste, Vitinho, Liu, Netinho Cicinho, Ronalad, seu Mário, seu Geraldo e Alex, por toda ajuda e pelos momentos juntos vividos. Sem vocês não seria possível a realização desse trabalho.

Ao Arilson Moraes Cardoso, foram anos de amizade sincera e companheirismo.

As alunas de Pós-Graduação Cíntia Gonçalves Guimares e Caroline Salezzi Bonfá, pela contribuição, colaboração, auxílio e participação no trabalho.

“Escolha um trabalho que gostes e não terás que trabalhar nem um dia na tua vida”

Confúcio

## RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar o potencial de utilização de resíduos da agroindústria de fruticultura (banana, manga e maracujá), como aditivos absorventes de umidade na ensilagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) cultivar Napier, sob diferentes massas específicas, determinando seu efeito na qualidade fermentativa, características microbiológicas e composição bromatológica. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 3, sendo composto por testemunha, resíduo de banana (RB), resíduo de manga (RMg); e resíduo de maracujá (RMj) e três massas específicas (400, 500 e 600 kg MV/m<sup>3</sup>). Após 240 dias de fermentação os silos experimentais foram abertos e retiradas amostras para determinação do teor de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) fibra em detergente neutro corrigidos para cinzas e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM), lignina (LIG), carboidratos totais (CHOT) e carboidratos não fibrosos (CNF), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDIN/NT), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA/NT), potencial hidrogênio (pH), nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), bactérias ácidos láticas (BAL), fungos filamentosos (FUN) e leveduras (LEV). Os tratamentos foram analisados através do software R, considerando significativo ao nível de 5% de probabilidade (P<0,05). Para comparação das médias de cada tratamento, quando esta influenciou a variável resposta, foi adotado o teste de Tukey de 5% de significância. O efeito da massa específica no silo é mais efetivo na silagem exclusiva de capim-elefante, onde a compactação de 600 kg /m<sup>3</sup> contribui para melhorias no processo fermentativo, microbiológico. A massa específica exerce pouco efeito sobre a composição bromatológica. A adição do resíduo de banana na ensilagem do capim-elefante promoveu melhorias apenas na composição bromatológica, elevando os teores de MS, PB, CNF e redução nos componentes fibrosos (FDNcp e FDAcp), porém não favorece o processo fermentativo e microbiológico. A adição de subprodutos de maracujá e manga promove o aumento da MS e favorece o processo fermentativo, microbiológico e bromatológico da silagem, independente da massa específica.

**Palavra Chave:** Aditivos absorventes. Composição Bromatológica. Massa específica. *Pennisetum purpureum*. Processo fermentativo. Processo Microbiológico.

## ABSTRACT

The main purpose of that research was to measure the potential of agribusiness fruit production waste use (banana, mango, passion), such as absorbing additives on humidity at ensilage of elephant grass (*Pennisetum purpureum*) cultivate Napier, through different specific masses, defining its effect on fermentation quality, microbiological characteristics, and chemical composition. Treatments were distributed in a completely randomized design with four replicates, in factorial 4 x 3, being composed of witness, banana waste (BW), mango waste (MW), passion waste (PW) and three specific masses (400, 500 and 600 kg MV/m<sup>3</sup>). After 240 days of fermentation on experimental silos samples were opened and excluded to determine the content of dry matter (DM), crude protein (CP), ether extract (EE), neutral detergent fiber corrected to ash and protein (NDFap), acid detergent fiber corrected to ash and protein (ADFap), hemicellulose (HCEL), lignin (Lig), total carbohydrates (TC), nonfiber carbohydrates (NFC), neutral detergent insoluble nitrogen (NDIN), acidic detergent insoluble nitrogen (ADIN, % total N), potential of hydrogen (pH), ammonium nitrogen (N-NH<sub>3</sub>), lactic acid bacteria (LAB), filamentous fungi (FUN), and yeast. The software R was used to analyze the treatments, considering the significance of 5% probability (P<0.05). To compare the average of each treatment, when it influenced the variable response, the Tukey test of 5% of significance was used. The effect of specific mass on silo is more effective in exclusive silage of elephant grass, the compaction of 600 kg MV/m<sup>3</sup> contribute for improvements on the fermentative and microbiological process. The specific mass does not influence a lot on the chemical composition. The addition of banana waste on elephant grass ensilage contribute improvements only on the chemical composition, rising the values of DM, PB, NFC and reduction of fibrous components (NDFcp and ADFcp), but it does not improve the fermentative and microbiological process. The addition of passion and mango by-products foment the improvement of DM and promote the fermentative, microbiological, and chemical process of silage, no matter the specific mass.

**Keyword:** Absorbing additives. Chemical composition. Specific mass. *Pennisetum purpureum*. Fermentative process. Microbiological process.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição químico-bromatológica do capim-elefante, resíduos da banana, manga e maracujá.....	35
Tabela 2 - Valores médios de material seca, pH, nitrogénio amoniacal, para a interação aditivo x massa específica das silagens de capim-elefante no momento de abertura dos silos.....	40
Tabela 3 - Valores médios de carboidratos totais, carboidratos não fibrosos, para a interação aditivo x massa específica das silagens de capim-elefante no momento de abertura dos silos.....	44
Tabela 4 - Valores médios de hemicelulose, FDNcp, FDAcp e bolores das silagens de capim-elefante no momento de abertura dos silos.....	45
Tabela 5 - Valores médios de proteína bruta e extrato etéreo, para a interação aditivo x massa específica das silagens de capim-elefante no momento de abertura dos silos.....	47
Tabela 6 - Valores médios de nitrogênio insolúvel em detergente neutro em porcentagem do nitrogênio total (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) em porcentagem do nitrogênio total para a interação aditivo x massa específica das silagens de capim-elefante no momento de abertura dos silos. ....	50
Tabela 7 - Valores médios do desenvolvimento das bactérias ácido lácticas e leveduras, para a interação aditivo x massa específica das silagens de capim-elefante no momento de abertura dos silos.....	53

## LISTA DE ABREVIATURAS E SILGAS

BAL – Bactéria ácido láctica

BDA - Batata Dextrose Agar

CHOT - Carboidratos totais

CNF - Carboidratos não fibrosos

DZO - Laboratório de Nutrição Animal do departamento de Zootecnia

EE - extrato etéreo

FDA - Fibra em detergente ácido

FDAc<sub>p</sub> - Fibra em detergente ácido corrigidos para cinzas e proteína

FDN - Fibra em detergente neutro

FDN<sub>c<sub>p</sub></sub> - Fibra em detergente neutro corrigidos para cinzas e proteína

HEM - Hemicelulose

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LabBBio - Laboratório de bioprocessos e biotransformação

LIG – Lignina

ME - massa específica

MM - Matéria mineral

MS – Matéria seca;

NIDA - nitrogênio insolúvel em detergente ácido

NIDA/NT - Nitrogênio insolúvel em detergente ácido

NIDIN/NT - nitrogênio insolúvel em detergente neutro

NIDN - nitrogênio insolúvel em detergente neutro

N-NH<sub>3</sub> - nitrogênio amoniacal

PB – Proteína Bruta;

pH - Potencial hidrogeniônico

RB – Resíduo de banana

RMg – Resíduo de manga

RMj – Resíduo de maracujá

UFC - Unidades formadoras de colônias

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
2.2. ENSILAGEM DE CAPIM-ELEFANTE.....	14
2.3. TEOR DE MATÉRIA SECA NA MATÉRIA VERDE.....	16
2.4. UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS ABSORVENTES DE UMIDADE.....	17
2.5. UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA DE FRUTAS COMO ADITIVO PARA ENSILAGEM DE CAPIM-ELEFANTE.....	18
2.6. MASSA ESPECÍFICA.....	20
2.7. FERMENTAÇÃO E MICRORGANISMOS ENVOLVIDOS NA ENSILAGEM.....	21
<b>2.7.1. Bactérias ácido lácticas (BAL).....</b>	<b>23</b>
<b>2.7.2. Leveduras e fungos filamentosos.....</b>	<b>23</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>26</b>
<b>3. ARTIGO Resíduos da agroindústria de frutas como aditivos para ensilagem de capim elefante.....</b>	<b>31</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>31</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>31</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>32</b>
<b>Material E Métodos.....</b>	<b>34</b>
<b>Resultado E Discussão.....</b>	<b>38</b>
<b>Conclusão.....</b>	<b>54</b>
<b>Referências.....</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização de áreas para a produção de forragem destinada exclusivamente ao corte para ser fornecida como alimento no cocho, corresponde a uma prática amplamente difundida nas propriedades rurais brasileiras. Estas áreas, denominadas de capineiras, são usualmente exploradas de forma intensiva para proporcionarem alta produção de massa forrageira com adequado valor nutritivo para a produção animal. O capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) destaca-se entre as outras forrageiras na sua utilização como capineira, pois apresenta alta produtividade, elevado valor nutricional, alta taxa de rebrotação, adaptação climática e adaptação ao corte.

A estacionalidade da produção de forragem é um dos principais fatores responsáveis pelos baixos índices de produtividade da pecuária nacional, uma vez que o desenvolvimento do dossel forrageiro é acelerado principalmente nos períodos de alta pluviosidade e temperaturas elevadas, o que resulta em um excedente da produção. Em geral, o excedente da produção forrageira é subutilizado na propriedade, resultando em cortes mais tardios do capim, comprometendo assim, tanto o manejo da capineira como a qualidade da massa a ser fornecida no cocho. Neste panorama, a conservação do excedente da produção forrageira constitui interessante estratégia para aproveitamento deste material, o qual poderá ser utilizado, posteriormente, durante a estação seca ou em períodos de estiagem durante a estação das águas.

A qualidade de conservação da forragem ensilada, a qual é uma referência ao padrão de fermentação no silo e que determina a magnitude das perdas em quantidade e em qualidade da silagem (JOBIM; NUSSIO, 2013) possui o propósito de manter o valor nutritivo o mais próximo possível do material que lhe deu origem.

As gramíneas tropicais quando possuem um elevado valor nutricional, também apresentam baixo teor de matéria seca (18 – 25% de MS), reduzido teor de carboidratos solúveis (7 - 8%) em sua composição alto poder tampão (10 a 20 e.mg.), o que podem comprometer a qualidade do produto final – a silagem (McDONALD, 1981; JOBIM et al., 2007; SANTOS et al., 2010).

Uma alternativa interessante para reduzir as perdas no processo de conservação de forragem e melhorar a qualidade da silagem tem sido a inclusão de aditivos que modulem o processo fermentativo, com o objetivo de redução de perdas, tanto durante o armazenamento quanto por ocasião da utilização da forragem. De maneira geral, os aditivos absorventes de

umidade são os mais recomendados para inclusão na silagem de capins tropicais, pois possuem a capacidade de elevar o teor de matéria seca e também, na maioria das vezes, de contribuir com a adição de carboidratos solúveis favorecendo os processos fermentativos e melhorando a qualidade do produto final (SIQUEIRA, 2013).

Entre os aditivos absorventes de umidade que podem ser utilizados para a produção de silagem de capim-elefante, tem-se como uma das alternativas, a utilização dos resíduos da fruticultura como: resíduo de banana, manga e maracujá. Segundo Lousada Júnior. et al . (2005); Lousada Júnior. et al., (2006) subprodutos originados da indústria de fruticultura, além de contribuir para a melhoria do padrão fermentativo das silagens de capim-elefante, quando utilizados em níveis adequados, podem ainda elevar o valor nutritivo da silagem.

Devido crescente preocupação com a sustentabilidade ambiental e econômica da atividade pecuária, os resíduos da agroindústria têm sido cada vez mais incorporados na alimentação de ruminantes. A inclusão de resíduos do processamento de frutas na silagem de capim pode contribuir, de forma efetiva, para melhorar a qualidade do produto final. Em corroboração, Ferreira et al. (2009) reportaram que a inclusão de resíduos de frutas na ensilagem de gramíneas tropicais pode, além de reduzir os custos com a alimentação, melhorar as características fermentativas das silagens. Pesquisas sobre o uso de subprodutos da fruticultura são importantes, pois possibilita um destino adequado aos resíduos com potencial de causarem impactos ambientais e podem ser uma alternativa para melhor qualidade de conservação das forragens ensiladas oriundas de gramíneas tropicais.

Diante deste panorama, objetivamos com este trabalho, avaliar o potencial de utilização de resíduos da agroindústria de frutas, banana, manga, maracujá como aditivos absorventes de umidade na ensilagem, do capim-elefante.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. ENSILAGEM DO CAPIM-ELEFANTE

A utilização de silagem na alimentação animal é uma prática importante na sustentabilidade dos sistemas produtivos, considerando os custos com a alimentação, principalmente nos períodos de escassez de forragem.

A ensilagem é um método de conservação de forragem que compreende os procedimentos de colheita, picagem, compactação e armazenamento em condições de anaerobiose, visando o desenvolvimento de bactérias produtoras de ácido láctico a partir de substratos como carboidratos solúveis, ácidos orgânicos e compostos nitrogenados solúveis (PAHLOW et al., 2003; SANTOS et al., 2010). O objetivo do processo de ensilagem é manter as características do material, o mais próximo do original. As alterações na composição da gramínea em relação perdas de matéria seca (MS) e energia devem ser mínimas. Alterações que ocorrem oriundas do processo de armazenamento nos teores de fibra e proteína bruta (PB), as perdas de MS, possuem um impacto significativo na lucratividade da atividade (MUCK, 1988).

A ensilagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*), seja em área cultivada para produção direta ou como forma de aproveitamento do excedente produzido em capineiras, no período favorável para o crescimento forrageiro, constitui estratégia interessante para a suplementação do rebanho em períodos de escassez de alimento (RODRIGUES et al., 2005; FERREIRA et al., 2009).

Entre os argumentos para utilização do capim-elefante no processo de ensilagem podem ser elencados: alta produtividade por área ao longo do ano, elevado número de cultivares, grande adaptabilidade, facilidade de cultivo, menor risco quando comparado às culturas tradicionalmente utilizadas para a produção de silagem, boa aceitabilidade pelos animais e satisfatório valor nutricional, quando cortado no momento adequado (TOSI, 1973).

Com relação aos principais pontos críticos para a ensilagem do capim-elefante são destacados: (1) elevado teor de umidade no momento adequado para o corte (15 a 22% de MS); (2) baixo teor de carboidratos solúveis (6 a 18%); e (3) alta capacidade tampão (10 a 20 e.mg.) (TOSI, 1973; SILVEIRA, 1987; BERGAMASCHINE et al., 2006).

Em relação ao manejo preconizado para ensilagem do capim-elefante, Vilela (1990), baseado em informações que associam produção de massa forrageira ao valor nutritivo da forragem, sugeriu que o corte seja realizado a uma altura entre 1,50 a 1,85 m. Vale lembrar que embora o equilíbrio quantitativo e qualitativo do capim-elefante seja alcançado neste

ponto de crescimento, alguns fatores podem ser considerados limitantes para a obtenção de silagens de boa qualidade. Neste contexto, é justamente no estágio de desenvolvimento forrageiro preconizado para o corte do capim-elefante que o teor de umidade se encontra bastante elevado (85 a 78% de umidade), o que favorece a ação de microrganismos indesejáveis (predominância da fermentação butírica), ocasionando perdas de matéria seca e energia, redução no consumo da silagem pelos animais e maior lixiviação de nutrientes solúveis devido ao incremento na produção de efluentes (WILKINSON, 1983).

Os baixos teores de carboidratos solúveis presentes nos capins tropicais impedem que o processo fermentativo se desenvolva de forma eficiente (McDONALD, 1981). Segundo Muck (1988) os carboidratos solúveis são os substratos prontamente disponíveis para o desenvolvimento das bactérias desejáveis, sobretudo as lácticas, o que viabiliza a adequada produção de ácido láctico e, conseqüentemente, a rápida redução do potencial Hidrogeniônico (pH), condição necessária para inibição da atividade proteolítica das enzimas vegetais e do desenvolvimento das bactérias indesejáveis.

A capacidade tampão em plantas forrageiras pode ser definida como a resistência que a massa ensilada apresenta em reduzir o seu pH (CHERNEY; CHERNEY, 2003). Quando a planta apresenta alta capacidade tampão, a velocidade de redução do pH torna-se lenta e em consequência as perdas no processo de ensilagem são maiores, o que afeta negativamente a qualidade da silagem. Neste caso, a alta capacidade tampão, característica dos capins tropicais, atua dificultando a redução do pH durante o processo de ensilagem, o que pode acarretar perdas significativas de qualidade no produto final.

O somatório destes principais entraves à produção de silagem de capim-elefante tem ocasionado grandes perdas no campo, o que tem culminado em resultados frustrantes aos pecuaristas. Este panorama tem motivado novas pesquisas a buscar soluções para transpor estes entraves e, assim, melhorar a qualidade da silagem de capim-elefante.

As principais alternativas que têm sido empregadas com bastante sucesso para incrementar o teor de matéria seca e/ou o teor de carboidratos solúveis do capim-elefante para ensilagem consistem nas técnicas de emurchecimento ou inclusão de aditivos (TAVARES et al., 2009).

Com relação aos aditivos para ensilagem de capim-elefante, diversos produtos têm sido utilizados, sendo estes incorporados com intuito de aumentar os teores de MS e carboidratos solúveis para favorecer o processo fermentativo. Entre os aditivos absorventes de umidade que podem ser utilizados para a produção de silagem de capim-elefante, tem-se

como uma das alternativas, a utilização dos resíduos da fruticultura como: resíduo de banana, manga e maracujá.

## 2.2. TEOR DE MATÉRIA SECA NA MATÉRIA VERDE

As gramíneas tropicais normalmente quando estão na época de corte apresentado bons valores nutritivos, possuem também baixo teor de MS e carboidratos solúveis, favorecendo o surgimento de microrganismos oportunistas e comprometendo a processo de conservação (EVANGELISTA et al., 2004). O teor de MS do material a ser ensilado é um fator determinante das rotas fermentativas que predominaram durante a ensilagem (BRITO et al., 2000). A produção de efluentes é influenciada por fatores como teor de MS e grau de compactação, onde a sua produção é menos significativa com forragens ensiladas próximas a 30% de MS (HAIGH, 1999) e mais significativa quando as forragens são ensiladas com o teor de MS abaixo de 28%, acarretando em perdas de compostos nutritivos e prejudicando a fermentação (VAN SOEST, 1994). Os extremos não são interessantes para o processo de conservação da massa ensilada, pois teores de MS elevados, acima de 40%, também prejudicam a fermentação, dificultando a compactação e a eliminação do oxigênio (VILELA, 1984; JOBIM; PEREIRA FILHO; SILVA, 2009).

Segundo Lavezzo (1985) pode se esperar uma boa fermentação quando a forrageira a ser ensilada apresenta valores entre 28 a 34% de MS. De acordo com McDonald, Henderson e Heron (1991), o ideal é que plantas apresentem os teores de MS entre 30 e 35%. Já para Jobim, Pereira Filho e Silva (2009) o teor de MS da forrageira a ser ensilada deve estar entre 28 a 40%. Apesar de haver pequenas variações da amplitude da MS na matéria verde da planta a ser ensilada pelos autores, é consenso que quando a planta possuir teores entre 30 a 34% ela apresenta o momento ideal para ser ensilada.

Alguns autores propõem que para obter silagens de gramíneas tropicais com qualidade satisfatória, é necessário recorrer a técnicas com o uso de aditivos sequestrantes de umidade. O aditivo utilizado deve promover o aumento de MS e fornecer carboidratos solúveis, beneficiando o processo fermentativo e acelerando a queda do pH da massa ensilada (BALSALOBRE; NUSSIO; MARTHA, 2001; FERRARI JÚNIOR; LAVEZZO, 2001; BERNARDINO et al., 2005; RODRIGUES et al., 2005; CARVALHO et al., 2007), possuir baixo custo e facilidade de aquisição.

### 2.3. UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS ABSORVENTES DE UMIDADE

Segundo Bergamaschine et al. (2006) as gramíneas forrageiras tropicais não apresentam teores adequados de MS e carboidratos solúveis que proporcionem eficiente processo fermentativo, essa situação pode ser modificada pelo uso da técnica que mistura produtos à massa ensilada (aditivos). Os principais objetivos do uso de aditivos na silagem são: atuar no processo fermentativo, melhorar a composição química da silagem, diminuir as perdas, aumentar a estabilidade aeróbia, melhorar a digestibilidade da fibra e elevar o teor de MS (SANTOS et. al., 2009).

Os aditivos adicionados no processo de ensilagem podem ser classificados em quatro tipos. Estimulantes (produtos ricos em carboidratos que estimulam o crescimento de BAL, inibidores (controlam o crescimento de um determinado microrganismo, inibidor de deterioração aeróbia), nutrientes (melhoram o valor nutritivo) (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991) e aditivos absorventes de umidade. Contudo, o que ocorre na prática não é tão simples, normalmente um aditivo apresenta mais de uma característica. O tipo de aditivo a ser utilizado depende das características do material a ser ensilado e do custo do aditivo.

Nas últimas décadas vem crescendo o interesse dos produtores pelo uso de silagens no Brasil. Dentre as gramíneas, o capim-elefante, por ser adaptado ao clima tropical, ser uma planta perene, fácil implantação, alto potencial de produção, torna-se mais interessante que outras culturas. Buscando-se adequar valor nutritivo com produtividade, recomenda-se o corte da forragem ainda nova, quando a mesma apresenta um melhor valor nutritivo, porém a gramínea nessa fase possui alto teor de umidade, baixo teor de carboidratos solúveis e alta capacidade tampão, esses atributos são inibitórios do processo fermentativo, sendo necessário buscar alternativas para contornar essas características indesejáveis da planta. Com isso torna-se necessário adotar meios de eliminar o excesso de umidade da planta, e uso de aditivos absorventes tem se tornado uma técnica cada vez mais atrativa.

O intuito da inclusão de aditivos absorventes de umidade em silagens é o de promover o aumento do teor de MS, proporcionando melhores condições para fermentação (JONES; JONES, 1995), no entanto outros benefícios podem ocorrer como: melhoria no valor nutritivo, aumento da digestibilidade, menores perdas no processo de ensilagem e uma maior estabilidade aeróbia. Ensilagens de gramíneas com alto teor de umidade, além de prejudicar a fermentação, geram uma elevada produção de efluentes, carregando uma grande quantidade de nutrientes (açúcares, ácidos orgânicos, proteínas e etc) oriundos do material ensilado (McDONALD et al., 1981).

Os aditivos absorventes assumem um papel importante no processo de ensilagem de gramíneas contendo alta umidade, pois eles são caracterizados por reduzir o processo de perdas da silagem. A utilização de subprodutos de frutas como aditivos na ensilagem de capim-elefante, apresenta-se como uma alternativa para diminuir as perdas da silagem, melhorando o processo fermentativo, atuando como uma fonte extra de carboidratos, adequando os teores de MS e podendo melhorar as características bromatológica da planta. Segundo Lousada Júnior. et al . (2005); Lousada Júnior. et al., (2006) subprodutos originados da indústria de fruticultura, além de contribuírem para a melhoria do padrão fermentativo das silagens de capim-elefante, quando utilizados em níveis adequados podem ainda elevar o valor nutritivo da silagem.

#### 2.4. UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA DE FRUTAS COMO ADITIVO PARA ENSILAGEM DE CAPIM-ELEFANTE

Os três maiores produtores mundiais de frutas são: a China, a Índia e o Brasil que, juntos, respondem por 43,6% do total produzido no mundo e têm suas produções destinadas principalmente aos seus mercados internos (SANTOS et al., 2013). Segundos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2013 a produção nacional de frutas correspondeu a 40.180.224 toneladas, com destaque para as produções de banana que correspondeu a 6.892.622 (17,15%), manga a 1.163.000 (2,89%) e maracujá a 838.224 (2,08%) toneladas produzidas.

Minas Gerais ocupa atualmente a terceira posição no ranking nacional, se destacando o município de Jaíba (MG) que obteve um aumento de 78,2% no valor da sua produção frutícola, grande parte desse aumento se deve a expansão da área cultivada de manga (233,3%).

Grande parte das frutas frescas é absorvida pelo mercado interno e 47% do total produzido é destinado para a indústria de processamento (SANTOS et al., 2013), onde são geradas perdas no processo de beneficiamento, resultando toneladas de resíduos agroindustriais que se não tiverem um destino adequado podem acarretar sérias consequências ambientais. Segundo Nunes et al., (2007) algumas frutas a porção descartada poderá ser elevada, como na manga (30-50%), banana (20%) e maracujá (65-70%), resultando em um aumento desordenado na produção de resíduos.

A cobrança da sociedade mundial por uma exploração agropecuária mais sustentável, com intuito de prover alimentos de qualidade em quantidade sem, contudo, negligenciar os

impactos ambientais tem motivado uma gama de pesquisas para o melhor aproveitamento dos resíduos agroindustriais. Neste contexto, estudos com a incorporação de subprodutos e/ou resíduos da agroindústria na nutrição animal têm sido cada vez mais frequentes (BERNARDINO et al., 2005; FREITAS et al., 2006; CÂNDIDO et al., 2007; FERREIRA et al., 2009), visando avaliar o potencial destes materiais na alimentação animal e redução de possíveis impactos ambientais pelo acúmulo destes no ecossistema em que vivemos. Em corroboração, Santos et al. (2010) relataram que a incorporação de restos de cultura ou subprodutos da agroindústria com alto teor de MS e satisfatório teor de carboidratos solúveis pode incrementar as características fermentativa da ensilagens de capins tropicais e, assim, proporcionar uma silagem de melhor qualidade.

De acordo com Pereira et al. (2009), a busca por conhecimentos quanto à qualidade e viabilidade de utilização de resíduos da agroindústria cresce no Brasil em função da necessidade de fornecimento contínuo de nutrientes aos animais ao longo do ano, visto que, em condições tropicais, não há uma efetiva produção de forragem durante todo o ano. Entretanto, existem consideráveis perdas econômicas através do desperdício de material com bom valor nutritivo devido à escassez de dados quanto ao uso de resíduos agroindustriais na alimentação animal.

Segundo Ferreira et al. (2009), os resíduos da agroindústria de frutas são constituídos por casca, caroço, frutas descartadas e resto de polpa aderente nestes compostos. A proporção de cada parte da fruta no resíduo da indústria, bem como sua composição química, varia consideravelmente com a variedade da fruta, grau de maturidade, qualidade da produção fotossintética e tecnologia empregada pela agroindústria (MULLER, 1978).

Diversos estudos têm sido conduzidos para avaliar o potencial de utilização de resíduos da agroindústria no sistema de produção animal. Neste panorama, os resíduos da agroindústria de beneficiamento de frutas tem despertado grande interesse por parte dos pesquisadores. De forma geral, os resíduos do processamento de frutas têm sido utilizados em pesquisas visando à substituição total e/ou parcial dos alimentos volumosos e grãos de cereais, pode ainda ser empregados como aditivos no processo de ensilagem de gramíneas tropicais (MULLER, 1978; OLIVEIRA FILHO et al., 2002; LALLO et al., 2003).

Com relação à utilização dos resíduos da agroindústria de frutas como aditivos na ensilagem de capim-elefante, poucos artigos têm sido relatados na literatura. Pompeu et al. (2006) reportaram que a adição do resíduo de maracujá desidratado como aditivo (até 20% de inclusão na matéria natural) para silagem de capim-elefante melhorou o valor nutritivo da silagem, sem haver comprometimento do processo fermentativo. Cândido et al. (2007)

relataram que a incorporação de níveis crescentes de resíduo desidratado de maracujá (até 14% de inclusão), como aditivo na ensilagem de capim-elefante, favoreceu o processo fermentativo e melhorou a composição bromatológica da silagem em comparação ao tratamento controle (somente silagem de capim-elefante). Sá et al., (2007) constatou que a adição do subproduto da manga (até 20% de inclusão), como aditivo na ensilagem de capim-elefante, proporcionou melhorias qualitativas nas silagens produzidas, elevando os teores de MS e PB além de reduções dos componentes fibrosos e dos teores de N-NH<sub>3</sub>, favorecendo melhorias no processo fermentativo. Rêgo et al., (2010) trabalhando com a adição do subproduto do processamento de manga (até 8,6% de inclusão) na ensilagem de capim-elefante, constatou melhorias no processo fermentativo, porém o resíduo deve ser usado com cautela, pois apresenta baixos níveis de proteína, o que pode comprometer a sua utilização para a nutrição animal.

## 2.5. MASSA ESPECÍFICA

Nos processos de conservação de forragem, as perdas de nutrientes ocorrem em diversas magnitudes. A qualidade final da silagem depende diretamente do material que a originou e das condições que foi ensilado. Para uma adequada fermentação no processo de ensilagem decorrente das bactérias produtoras do ácido láctico (BAL), além dos teores de umidade e carboidratos solúveis, é primordial que a retirada do oxigênio ocorra mais rápido possível, tal condição depende principalmente da efetiva compactação, favorecendo com isso o crescimento de lactobacilos anaeróbios (TAVARES et al., 2009). A correta compactação da silagem é importante para excluir o oxigênio e garantir condições anaeróbias para preservação dos nutrientes (JOHNSON et al., 2002).

Segundo Jobim et al., (2007) o termo densidade, embora utilizado mundialmente vem sendo indevidamente empregado para definir a massa específica (kg de MV ou MS/m<sup>3</sup>) de uma silagem armazenada. A densidade de um material é definida como a relação entre as massas específicas do corpo e de um líquido padrão (água), nas mesmas condições, e é adimensional (não possui unidade). A massa específica (ME) é a razão entre a massa de uma quantidade da substância e o volume por ela ocupado.

Embora não haja um valor considerado ideal para avaliação em um silo, com o objetivo de manter alta a concentração de nutrientes no material ensilado, recomenda-se para ensilagem de capim-elefante (baixo teor de matéria seca), ME próximas a 550 kg de MV/m<sup>3</sup> (LOURES et al., 2003), e inferiores a 850 kg de MV/m<sup>3</sup> (valor é obtido apenas em condições

bastante favoráveis). Contudo deve-se tomar cuidado, pois ME muito elevadas contribui para elevar os valores de perdas de MS da silagem, assim como influencia em sua qualidade. Quando se utiliza uma alta intensidade de compactação, pode ocorrer aumento das perdas de nutrientes (carboidratos, PB e minerais) através do aumento de efluente gerados (LOURES et al., 2003), o que acarreta perdas qualitativas e quantitativas. Esse processo é mais crítico em volumosos úmidos, como as gramíneas tropicais (JOBIM et al., 2007). Contudo é necessário buscar o equilíbrio, pois silagens confeccionadas com baixa ME proporcionam elevados períodos de respiração, maior consumo de carboidratos solúveis, elevadas perdas de MS, maior intensidade de produção de gases, maior porosidade (oxigênio residual remanescente), produção de ácidos orgânicos mais lenta, acarretando num pH final da silagem elevado (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

Quanto maior a ME, maior a capacidade do silo. Logo, ME maiores podem reduzir o custo anual de armazenamento por tonelada de silagem (BOLSEN; BOLSEN, 2004). Uma adequada ME no silo, ocasiona processo fermentativo favorável, provendo a redução do pH e aumento da taxa de recuperação de MS da silagem (AMARAL, et al., 2007). Elevada ME propicia a eliminação do oxigênio e garantem a condição de anaerobiose, além de reduzirem o custo de estocagem da forragem, em decorrência de uma maior quantidade estocada em um mesmo silo e da redução das perdas por deterioração (MUCK; MOSER; PITT, 2003). Compactações mais intensas podem promover decréscimo nos valores de NIDIN, FDN e FDA e aumento na recuperação de MS e na digestibilidade verdadeira *in vitro* da MS (AMARAL et al., 2007).

## 2.6. FERMENTAÇÃO E MICRORGANISMOS ENVOLVIDOS NA ENSILAGEM

O objetivo do processo de ensilagem é preservar a gramínea através de uma fermentação bem sucedida, a qual exige três elementos: um ambiente anaeróbico, substrato adequado para as BAL e uma população suficiente de bactérias lácticas, que irão inibir os microrganismos indesejados (MUCK, 1988; McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991; PAHLOW et al., 2003). Segundo Bernardes (2003) a fermentação consiste na conversão de carboidratos solúveis em ácidos orgânicos, por meio de microrganismos inerentes ao próprio ambiente, no qual tendo encontrado condições adequadas, prevalecem. O intuito é reduzir o pH, inibindo os microrganismos responsáveis pela deterioração da silagem e para isso é necessário manter o ambiente anaeróbico, estabilizando os processos fermentativos

As transformações biológicas envolvidas no processo de ensilagem resultam na silagem, o qual é dividido em várias fases. A primeira fase é realizada por bactérias presentes na cultura e o ocorre logo após o corte (microrganismos epifíticos), onde os carboidratos solúveis são convertidos em água, dióxido de carbono e calor (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991; JASTER, 1995). A segunda fase caracteriza pelo rápido consumo do oxigênio residual, onde quase todo oxigênio é consumido. Nessa fase as enterobactérias que por suportarem o calor produzido se estabelecem e iniciam o processo fermentativo e criam um ambiente favorável para o surgimento das BAL, coexistindo por até uma semana, onde com a redução do pH abaixo de 5,0 ocorre o declínio da população de enterobactérias (WOOLFORD, 1984; MUCK, 1991).

Segundo Oude Elferink et al., (2001) os valores baixos de pH, são responsáveis pela redução da atividade anaeróbias das bactérias, podendo sobreviver sob estas condições alguns microrganismos ácidos tolerantes, em estado de inatividade ou na forma de esporo. A estabilização da massa ensilada caracteriza a terceira fase do processo de ensilagem, que desde que mantida as condições, durara até a abertura do silo.

São diversos os microrganismos envolvidos no processo de fermentação de silagens oriundas de gramíneas tropicas e são poucos os trabalhos que caracterizam esses microrganismos. Trabalhos conduzidos com gramíneas temperadas concluíram que os microrganismos envolvidos na ensilagem, variam com a forrageira ensilada e com os processos envolvidos na ensilagem (WOOLFORD, 1984). A microbiota da silagem envolvida no processo de conservação pode ser dividida em microrganismos desejáveis, caracterizados pelas BAL e os indesejáveis, que são associados a perdas no processo de fermentação, oriundas da deterioração anaeróbia (Clostrídios e enterobactérias) ou deterioração aeróbia (bacilos, leveduras e fungos filamentosos) (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). Quatro principais tipos de processos biológicos podem afetar negativamente a ensilagem de uma cultura: a respiração da planta, atividade enzimática planta, atividade de Clostridium, e atividade microbiana aeróbia (MUCK, 1988).

A quantidade de substratos necessários para uma fermentação completa (aquela que ocorre o mínimo crescimento bacteriano em decorrência de um determinado pH) depende de dois fatores principais: capacidade de tamponamento e o conteúdo de matéria seca da cultura na colheita. Capacidade de tamponamento é definida como a quantidade de ácido necessária para diminuir o pH na ensilagem de 6 para 4. O teor de matéria seca determina a quantidade de substratos necessários para reduzir o pH, no qual a atividade bacteriana de ácido lático cessa ou diminui. (MUCK, 1988).

### **2.6.1. Bactérias ácido lácticas (BAL)**

As BAL fazem parte da microbiota presente no material vegetal, população em geral é inicialmente baixa, aumentando substancialmente entre a colheita e a ensilagem. As plantas forrageiras devem ser vistas como meio de cultura, contendo todos os nutrientes necessários aos microrganismos de interesse, que são BAL (ÁVILA, 2007).

As BAL representam o principal grupo responsável pelo processo fermentativo das forrageiras, tendo como principal características a produção de ácido láctico. Os gêneros mais importantes envolvidos no processo de fermentação são *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Streptococcus*, *Enterococcus* e *Lactococcus*. Essas bactérias podem sobreviver em condições aeróbias, porém preferem crescer sob condições anaeróbias, onde fermentam os açúcares (principalmente glicose e frutose), produzindo predominantemente ácido láctico e acético. A condição de anerobiose é fundamental para o crescimento bacteriano e uma eficiente conversão dos substratos em ácidos. (MUCK, 1988). Ao longo do processo fermentativo ocorre uma sucessão do gênero de BAL, no início do processo fermentativo predominam as bactérias do gênero *Streptococcus*, sucedidas por *Leuconostoc*, depois por *Lactobacillus* e *Pediococcus*, que são mais tolerantes ao meio ácido (HAMMES; HERTEL, 2003).

Dependendo das condições os diferentes gêneros de BAL podem fermentar um grande número de substratos, tais como carboidratos, ácidos orgânicos e aminoácidos, porém a maioria obtém energia do metabolismo de açúcares (hexoses e pentoses). A via de metabólica dos açúcares é utilizada como a base de sua identificação, podendo ser divididas em três categorias: homofermentativas, heterofermentativas facultativas e heterofermentativas obrigatórias. As duas vias principais de utilização de açúcares pelas BAL são a glicólise ou via de Embden-Meyerhof Parnas (EMP) e a via das pentoses fosfato (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991; MADIGAN et al., 2010).

### **2.6.2. Leveduras e fungos filamentosos**

Segundo Alexopoulos, Mims e Blackwell (1996) são seres vivos pertencentes ao reino Fungi, cujos membros fazem parte de um grande grupo de organismos aclorofilados e eucarionte. Os membros desse reino recebem a denominação de Fungos, sendo representados por leveduras e fungos filamentosos (bolores ou mofos), que são os principais

microrganismos envolvidos no processo de deterioração aeróbica de silagens. (SANTOS; ÁVILA e SCHWAN, 2013).

As leveduras são microrganismos eucarióticos, unicelulares, anaeróbios facultativos e heterotróficos. É de grande importância no processo fermentativo, sua presença é inevitável e esta correlacionada com a presença de oxigênio no silo, sendo um dos responsáveis pela deterioração aeróbia na fase inicial do processo de ensilagem e durante a fase de abertura, porém também pode exercer atividade metabólica na ausência de oxigênio (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

Em meio anaeróbio as leveduras podem manter uma alta população pela fermentação alcoólica dos carboidratos produzindo etanol, CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O (JOBIM; GONÇALVES, 2003). Essa produção de etanol, além de diminuir a quantidade de substrato disponível para a BAL, afeta negativamente o sabor do leite e aumenta as perdas de MS (RANDBY et al, 1999) Segundo Jonsson e Pahlow (1984) as leveduras responsáveis pela deterioração aeróbia são classificadas como as que utilizam ácidos orgânicos e as que consomem açúcar. Nessas condições algumas espécies podem tolerar o ácido orgânico, degradar o ácido lático em CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O, gerando um aumento do pH, propiciando uma condição favorável para outros microrganismos deterioradores da silagem (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). Apesar das leveduras fermentarem açúcares e produzirem ácidos orgânicos, sua atividade em ambiente aeróbia e anaeróbia, é considerada indesejada, mas impossível de evitar, podendo apenas ser controlada.

As leveduras são extremamente adaptadas podendo desenvolver-se em ambientes adversos, com pH ácido (pH < 4,0), baixa concentração de oxigênio e uma ampla variação de temperatura (0 a 45°), sob alta concentração de oxigênio, são resistentes a presença de ácidos orgânicos (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

Nas primeiras semanas após o fechamento do silo a população de levedura se encontra elevada, podendo variar de < 10<sup>2</sup> ufc para valores de < 10<sup>12</sup> ufc/g forragem num intervalo de tempo de poucos dias, tendo um decréscimo ao longo do processo fermentativo, sob condições prolongadas de armazenamento. Sendo que a sobrevivência da levedura é influenciada pelo grau de anerobiose, concentrações de ácidos orgânicos e pH. A presença de oxigênio aumenta a população de leveduras, enquanto o ácido acético não dissociado é considerado o fator inibidor mais importante do crescimento de leveduras, reduzindo a sua sobrevivência (OUDE ELFERINK; DRIEHUIS; GOTTSCHAL, 2000).

Os fungos filamentosos possuem um papel secundário no processo de deterioração aeróbia da silagem, pois normalmente surgem após o desenvolvimento de levedura, com a

silagem já em processo de degradação. A sua presença é prejudicial à silagem, pois utilizam os carboidratos e o ácido lático pela via normal da respiração e também hidrolisam e metabolizam celulose outros componentes da parede celular (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). A presença de bolores na silagem esta relacionada com a redução do valor nutritivo e perdas energéticas.

Os principais gêneros de fungos filamentosos que normalmente se desenvolvem na silagem são *Fusarium*, *Mucor*, *Absidea*, *Mucor*, *Monoascus*, *Scopulariopsis* e *Trichoderma* (EL-SHANAWANY; MOSTAFA; BARAKAT, 2005; SANTOS; DORNER; CARREIRA, 2002). Alguns gêneros como *Aspergillus*, *Fusarium* e *Penicillium*, desenvolvem na presença de O<sub>2</sub> e produzem micotoxinas, que podem ser tóxicas aos animais e ao homem (KOROSTELEVA; SMITH; BOERMANS, 2009). Além disso, a deterioração aeróbia promovida por bolores causam redução do valor nutritivo e perdas energéticas (LINDGREN; OLDENBURG; PAHLOW, 2002).

Os fungos filamentosos são microrganismos aeróbios, as condições de anaerobiose e o baixo pH encontrados no silo, inibem o desenvolvimento de uma grande parte de fungos. Normalmente, os bolores são associados às camadas superficiais dos silos, onde pode ocorrer penetração de ar, porém alguns fungos (*Penicilium roqueforti*, *Aspergillus fumigatus*, *Byssochlamys nivea* e algumas espécies de *Fusarium*) podem sobreviver em ambientes ácidos, desde que se tenha o mínimo de oxigênio (condições microaeróbias) (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991; PAHLOW et al., 2003). O ácido acético produzido pelas BAL é considerado um fator inibitório dos fungos filamentosos e leveduras (OUDE ELFERINK; DRIEHUIS; GOTTSCHAL, 2000).

## REFERÊNCIAS

- ALEXOPOULOS, C. J.; MIMS, C.W.; BLACKWELL, M. **Introductory mycology**. 4º ed. New York: John Wiley e Sons, 1996. 869p.
- AMARAL, R. C. et al. 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.
- ÁVILA, C. L. S. **Isolamento e uso de Lactobacillus buchneri na ensilagem de capim-mombaça e cana-de-açúcar**. 2007. 191 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras: UFLA, Lavras, 2007.
- BALSALOBRE, M.A.A.; NUSSIO, L.G.; MARTHA Jr., G.B. Controle de perdas na produção de silagens de gramíneas tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba – SP. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz - ESALQ, 2001. p.890-911.
- BERGAMASCHINE, A. F. et al. Qualidade e valor nutritivo de silagens de capim-marandu (B. brizantha cv. Marandu) produzidas com aditivos ou forragem emurhecida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n.4, p. 1454-1462, 2006.
- BERNARDES, T.F. **Características fermentativas, microbiológicas e químicas do capim-Marandu (Brachiaria brizantha (Hochst. Ex. A. Rich.) Stapf cv. Marandu) ensilado com polpa cítrica peletizada**. 2003. 108 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista: UNESP, Jaboticabal, 2003.
- BERNARDINO, F. S. et al. Produção e características do efluente e composição bromatológica da silagem de capim-elefante contendo diferentes níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2185-2291, 2005.
- BOLSEN, K.K.; BOLSEN, R.E. The silage triangle and important practices in managing bunker, trench, and driver-over pile silos. In: SOUTHEAST DAIRY HERD MANAGEMENT CONFERENCE, 2004, Macon. **Proceedings...** Macon: 2004, p.1-7.
- BRITO, A.F. et al. Avaliação da silagem de sete genótipos de sorgo [(Sorghum bicolor (L) Moench)]. II. Padrão de fermentação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 52, n. 5, p. 491-497, 2000.
- CÂNDIDO, M. J. D. et al. Características fermentativas e composição química de silagens de capim-elefante contendo subproduto desidratado do maracujá1. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, suplemento especial, n.5, p.1489-1494, 2007.
- CARVALHO, G.G.P. et al. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante emurhecido ou com adição de farelo de cacau. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1495-1501, 2007.
- CHERNEY, J.H.; CHERNEY, D.J.R. Asserimg silage quality. In: BUXTON, D.R.; MUCK. R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.). **Silage Science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science of America, 2003. p.141-198.

EL-SHANAWANY, A. A.; MOSTAFA, M. E.; BARAKAT, A. Fungal populations and Mycotoxins in silage in Assuit and Sohag governorates in Egypt, with special reference to characteristic Aspergilli toxins. **Mycopathologia**, v. 159, n. 2, p. 281-289, 2005.

EVANGELISTA, A.R. et al. Produção de silagem de capim-marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) com e sem emurchecimento. **Ciência Agrotecnica**, v. 28, n.2, p. 446-452, 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.

FERREIRA, A.C.H. et al. Avaliação nutricional do subproduto da agroindústria de abacaxi como aditivo de silagem de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 2, p. 223-229, 2009.

FREITAS, A.W.P.; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C.; COSTA, M.G.; LEONEL, F.P.; RIBEIRO, M.D. Avaliação da qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar com aditivos microbianos e enriquecida com resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 38-47, 2006.

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

HAMMES, W. P.; HERTEL, C. The genera *Lactobacillus* and *Carnobacterium*. In: DWORKIN, M.; FALKOW, S.; ROSENBERG, E.; SCHLEIFER, K. H.; STACKEBRANDT, E. (Ed.). **The Prokaryotes, an evolving electronic resource for the microbiological community**. New York: Springer-Verlag, 2003. p. 320-403.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em: < <http://www.sidra.ibge.gov.br> >. Acesso em: 17 fev. 2015.

JASTER, E.H. Legume and grass silage preservation. In: MOORE, K.J.; KRAL, D.M.; VINEY, M.K. (Eds.) **Post-harvest physiology and preservation of forage**. 1995, Madison: ASA, CCSA. p.91-115.

JOBIM, C. C.; GONÇALVES, G. D. Microbiologia de Forragens conservadas. In: **VOLUMOSOS NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES**, 1, 2003, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão: FAEPE, 1995. p. 1-26.

JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G. Princípios Básicos da Fermentação na Ensilagem. IN: REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. **Forragicultura: Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista - UNESP, 2013. P 649-658.

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

JOBIM, C.C.; PEREIRA FILHO, J.M.; SILVA, A.M.A. Utilização de forragens conservadas na região semi-árida do nordeste do Brasil. In: BAKKE, I.A.; BAKKE, O.A.; SILVA,

A.M.A.; MELO, A.C.; FREIRE, A.L.O.; LÔBO, K.M.S. (Org.). **Sistemas Agrossilvipastoris no Semi-Árido**. 1 ed. Campina Grande: Editora Universitária, 2009, v.1, p.31-46.

JOHNSON, L.M. et al. Corn silage management: effects of maturity, inoculation, and mechanical processing on pack density and aerobic stability. **Journal of Dairy Science**, v.85, n.2, p.434-444, 2002.

JONES, D. I. H.; JONES, R. The effect of crop characteristics and ensiling methodology on grass silage effluent production. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 60, n. 2, p. 73-81, 1995.

JONSSON, A.; PAHLOW, G. Systematic classification and biochemical characterization of yeasts growing in grass silage inoculated with *Lactobacillus* cultures. **Animal Research and Development**, Alemanha, v. 20, n. 3, p. 7-22, 1984.

KOROSTELEVA, S. N.; SMITH, T. K.; BOERMANS, H. J. Effects of feed naturally contaminated with *Fusarium* mycotoxins on metabolism and immunity of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 92, n. 4, p. 1585-1593, 2009.

LALLO, F.H. et al. Níveis de substituição da silagem de milho pela silagem de subproduto industrial de abacaxi sobre a degradabilidade ruminal em bovinos confinados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.719-726, 2003.

LAVEZZO, W. Silagem de capim-elefante. **Informe Agropecuário**, v.11, n.132, p.50-59, 1985.

LINDGREN, S.; OLDENBURG, E.; PAHLOW, G. Influence of microbes and their metabolites on feed and food quality. In: GENERAL MEETING OF THE EUROPEAN GRASSLAND FEDERATION. 19., 2002. La Rochelle. **Proceedings...** La Rochelle, 2002. p.503-511.

LOURES, D. R. S. et al. 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, suplemento especial, p.1851-1858, 2003.

LOUSADA JÚNIOR, J.E. et al. Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.1, p.70-76, 2006.

LOUSADA JÚNIOR, J.E. et al. Consumo e digestibilidade aparente de subprodutos do processamento de frutas em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.591-601, 2005.

MADIGAN, M.T. et al. **Microbiologia de Brock**. 12. ed., Porto Alegre: Artmed, 2010. 1160p.

McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. Chichester: John Wiley e Sons, 1981. 218p.

McDONALD, P., HENDERSON, A. R., HERON, S. J. E. **Biochemistry of silage**. 2. ed. Marlow:Chalcombe Publication, 1991. 340p.

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

MUCK, R.E. Silage fermentation. In: ZEIKUS, G. ; JOHNSON, E.A. (Ed.). **Mixed cultures in biotechnology**. New York: McGraw-Hill, 1991. p. 171-204.

MUCK, R.E.; MOSER, L.E.; PITT, R.E. Postharvest factors affecting ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds). **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p. 251-304.

MULLER, Z.O. Feeding potential of pineapple waste for cattle. **World Animal Review**, v.25, n.1, p.25-29, 1978.

NUNES, H. et al. Foods alternative in diet of sheep. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 15, n. 4, p. 141-151, 2007.

OLIVEIRA FILHO, G.S. et al. Avaliação do valor nutritivo de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum*) com diferentes níveis de subproduto de pseudofruto do abacaxi (*Ananas comosus*). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. (CD-ROM).

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

OUDE ELFERINK, S.J.W.H. et al. Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanediol by *Lactobacillus buchneri*. **Applied and Environmental microbiology**, v.67, n. 1, p.125-132, 2001.

PAHLOW, G; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; SPOELSTRA,S.F. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H (Ed.). **Silage Science and Technology**. 2003, Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America, 2003. p. 31-94.

PEREIRA , L.G.R. et al.. **Aproveitamento dos coprodutos da agroindústria processadora de suco e polpa de frutas na alimentação de ruminantes**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2009. p. 30. (Documentos, 220).

POMPEU, R. C. F. F. et al. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com adição de subprodutos do processamento de frutas tropicais. **Revista Ciência Agrônômica**, v.37, n.1, p.77-83, 2006.

RANDBY, Å. T.; SELMER-OLSEN, I.; BAEVRE, L. Effect of ethanol in feed on milk flavor and chemical composition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 82, n. 2, p. 420-428, Feb. 1999.

RÊGO, M. M. T. et al. Chemical and bromatological characteristics of elephant grass silages containing a mango by-product. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.81-87, 2010.

RODRIGUES, P.H.M. et al. 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, p.1138-1145, 2005.

SÁ, C. R. L. et al. Composição bromatológica e características fermentativas de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com níveis crescentes de adição do subproduto da Manga (*Mangifera indica* L.). **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.2, p.199-203, 2007.

SANTOS, A. O., ÁVILA, C. L. S., SCHWAN, R. F. Selection of tropical lactic acid bacteria for enhancing the quality of maize silage. **Journal of Dairy Science**, v. 12, p. 7777-7789, 2013.

SANTOS, C. E. et al. **Anuário brasileiro da fruticultura**. Santa Cruz do Sul : Editora Gazeta Santa Cruz, 2013. 136p.

SANTOS, M.V.F. et al. Fatores que afetam o valor nutritivo das silagens de forrageiras tropicais. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, p.26-28. 2009.

SANTOS, M.V.F. et al. Fatores que afetam o valor nutritivo de silagens de forrageiras tropicais. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, p. 25-43, 2010.

SANTOS, V. M.; DORNER, J. W.; CARREIRA, F. Isolation and toxigenicity of *Aspergillus fumigatus* from moldy silage. **Mycopathologia**, Dordrecht, v. 156, n. 2, p. 133-138, 2002.

SILVEIRA, A.C. Produção e utilização de silagens. In: SEMANA DE ZOOTECNIA, 12., 1987, Pirassununga - SP. **Anais...** Pirassununga: Fundação Cargill, 1987, p.119-134.

SIQUEIRA, G. R. G. Aditivos Associados à Ensilagem. IN: REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. **Forragicultura: Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros**. Jaboticabal. Universidade Estadual Paulista: UNESP, 2013. P. 649-658.

TAVARES, V. B. et al. 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, H. Conservação de forragem como consequência do manejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 1., Piracicaba - SP. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz - ESALQ, p.117-140. 1973.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2nd ed. Ithaca : Cornell University Press, 1994. 463 p.

VILELA, D. **Aditivos na ensilagem**. Centro Nacional de Pesquisa de gado de Leite. Coronel Pacheco : EMBRAPA, 1984. (Circular Técnica, n. 21).

Vilela, D. Utilização do capim-Elefante na forma de forragem conservada. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM-ELEFANTE, Coronel Pacheco. **Anais...** Coronel Pacheco: Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite - EMBRAPA, 1990, 89-131 p.

WILKINSON, J.M. Silages made from tropical and temperates crops. 1. The ensiling process and its influence on feed value. **World Animal Review**, v.45, n.45, p.36-42, 1983.

WOOLFORD, M. K. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker, 1984. 350 p.

### **3. ARTIGO RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA DE FRUTAS COMO ADITIVOS PARA ENSILAGEM DE CAPIM ELEFANTE**

O presente artigo segue as normas da Revista Brasileira de Zootecnia que será submetido.

**RESUMO:** Objetivou-se avaliar o potencial de utilização de resíduos da agroindústria de fruticultura como aditivos absorventes na ensilagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) cultivar Napier, sob diferentes massas específicas. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizados com quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 3, sendo composto por testemunha, resíduo de banana (RB), resíduo de manga (RMg), resíduo de maracujá (RMj) e três massas específicas (400, 500 e 600 kg MV/m<sup>3</sup>). O efeito da massa específica no silo é mais efetivo na silagem exclusiva de capim-elefante, onde a compactação de 600 kg MV/m<sup>3</sup> contribui para melhorias no processo fermentativo e microbiológico. A adição do resíduo de banana na ensilagem do capim-elefante promoveu melhorias apenas na composição bromatológica, elevando os teores de MS, PB, CNF e redução nos componentes fibrosos (FDNcp e FDAcp), porém não favorece o processo fermentativo e microbiológico. A adição de subprodutos de maracujá e manga promove o aumento da MS e favorece o processo fermentativo, microbiológico e bromatológico da silagem, independente da massa específica.

**Palavra Chave:** aditivos, compactação, fermentação, microbiológico, *Pennisetum purpureum*

#### **Agroindustrial waste of fruits as additives for elephant grass ensilage**

**ABSTRACT:** The main purpose was to measure the potential of agribusiness fruit production waste use, such as absorbing additives ensilage of elephant grass (*Pennisetum purpureum*) cultivate Napier, through different specific masses. Treatments were distributed in a completely randomized design with four replicates, in factorial 4 x 3, being composed of witness, banana waste (BW), mango waste (MW), and passion waste (PW) and three specific masses (400, 500 and 600 kg MV/m<sup>3</sup>). The effect of specific mass on silo is more effective in exclusive silage of elephant grass, the

compaction of 600 kg MV/m<sup>3</sup> contribute for improvements on the fermentative and microbiological process. The addition of banana waste on elephant grass ensilage contribute to improvements only on the chemical composition, rising the values of DM, PB, NFC and reduction of fibrous components (NDFap and ADFap). However, it does not improve the fermentative and microbiological processes. The addition of passion and mango by-products foment the improvement of DM and promote the fermentative, microbiological, and chemical process of silage, no matter the specific mass.

Keywords: additives, compression, fermentation, microbiological, *Pennisetum purpureum*

### Introdução

A estacionalidade da produção de forragem é um dos principais fatores responsáveis pelos baixos índices de produtividade da pecuária nacional, uma vez que o desenvolvimento do dossel forrageiro é acelerado principalmente nos períodos de alta pluviosidade e temperaturas elevadas, o que resulta em um excedente da produção. Em geral, o excedente da produção forrageira é subutilizado na propriedade, resultando em cortes mais tardios do capim, comprometendo assim, tanto o manejo da capineira como a qualidade da massa a ser fornecida no cocho. Neste panorama, a conservação do excedente da produção forrageira constitui interessante estratégia para aproveitamento deste material, o qual poderá ser utilizado, posteriormente, durante a estação seca ou em períodos de estiagem durante a estação das águas.

As gramíneas tropicais quando possuem um elevado valor nutricional, também apresentam baixo teor de matéria seca (18 – 25% de MS), reduzido teor de carboidratos solúveis (7 - 8%) em sua composição e alto poder tampão (10 a 20 e.mg.), o que podem comprometer a qualidade do produto final – a silagem (Santos et al., 2010).

Uma alternativa interessante para reduzir as perdas no processo de conservação de forragem e melhorar a qualidade da silagem tem sido a inclusão de aditivos que modulem o processo fermentativo, com o objetivo de redução de perdas, tanto durante o armazenamento quanto por ocasião da utilização da forragem. De maneira geral, os aditivos absorventes de umidade são os mais recomendados para inclusão na silagem de capins tropicais, pois possuem a capacidade de elevar o teor de matéria seca e também, na maioria das vezes, de contribuir com a adição de carboidratos solúveis favorecendo os processos fermentativos e melhorando a qualidade do produto final (Siqueira, 2013).

Entre os aditivos absorventes de umidade que podem ser utilizados para a produção de silagem de capim-elefante, tem-se como uma das alternativas, a utilização dos resíduos da fruticultura como: resíduo de banana, manga e maracujá. Segundo Lousada Júnior. et al. (2006) subprodutos originados da indústria de fruticultura, além de contribuírem para a melhoria do padrão fermentativo das silagens de capim-elefante, quando utilizados em níveis adequados podem ainda elevar o valor nutritivo da silagem.

Devido crescente preocupação com a sustentabilidade ambiental e econômica da atividade pecuária, os resíduos da agroindústria têm sido cada vez mais incorporados na alimentação de ruminantes. A inclusão de resíduos do processamento de frutas na silagem de capim pode contribuir, de forma efetiva, para melhorar a qualidade do produto final. Em corroboração, Ferreira et al. (2009) reportaram que a inclusão de resíduos de frutas na ensilagem de gramíneas tropicais pode, além de reduzir os custos com a alimentação, melhorar as características fermentativas das silagens. Pesquisas sobre o uso de subprodutos da fruticultura são importantes, pois possibilita um destino adequado aos resíduos com potencial de causarem impactos

ambientais e podem ser uma alternativa para melhor qualidade de conservação das forragens ensiladas oriundas de gramíneas tropicais.

Diante deste panorama objetivamos com este estudo o objetivo avaliar o potencial de utilização dos resíduos de banana, manga e maracujá como aditivos absorventes na ensilagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) cultivar Napier, sob diferentes massas específicas.

### **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental do Moura pertencente a Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), localizado no Município de Curvelo, Minas Gerais. As análises laboratoriais referentes à avaliação das características fermentativas e bromatológicas da silagem foram realizadas na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), no Laboratório de Nutrição Animal do departamento de Zootecnia (DZO), situado no município de Diamantina-MG. As avaliações microbiológicas foram realizadas no laboratório de bioprocessos e biotransformação (LabBBio/UFVJM-Diamantina).

Para compor a silagem foram utilizados o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) cultivar Napier e resíduos de frutas cedidos por agroindústrias locais especializadas na produção de doces e sucos. Foram testados como aditivos absorventes para silagem os resíduos provenientes do processamento da banana, manga e maracujá. A composição (Tabela 1) do resíduo de banana, em suma, caracteriza-se pela presença de casca, o de manga por casca, caroço e resquícios de polpa aderente ao material descartado e o de maracujá por casca e semente. Antes de serem utilizados os resíduos foram submetidos a uma pré-secagem, onde foram secos ao sol. A determinação do teor de umidade dos resíduos durante a pré-secagem foi realizada em forno de micro-ondas segundo Lacerda,

Freitas e Silva (2009) e posteriormente foi confirmada em estufa de ventilação forçada a uma temperatura de 55°C por 72 horas (AOAC, 1990).

Tabela 1 - Composição químico-bromatológica do capim-elefante, resíduos da banana, manga e maracujá.

Teor (%)	Capim-elefante	Banana	Manga	Maracujá
MS <sup>1</sup>	18,42	88,82	90,25	90,34
PB <sup>1</sup>	6,85	8,92	4,45	13,52
NIDIN/NT <sup>1</sup>	14,9	39,3	18,14	25,5
NIDA/NT <sup>1</sup>	3,0	27,7	13,61	3,7
EE <sup>1</sup>	3,26	11,43	4,87	2,06
MM <sup>1</sup>	6,79	15,44	3,11	11,17
FDNcp <sup>1</sup>	68,14	52,48	45,61	40,58
FDACP <sup>1</sup>	45,50	34,79	30,25	27,51
CNF <sup>1</sup>	14,96	11,73	41,97	34,36
CHOT <sup>1</sup>	83,10	64,21	87,58	73,26
HEL <sup>1</sup>	22,65	17,62	15,36	13,08
CEL <sup>1</sup>	34,34	23,88	22,57	24,64
Lig <sup>1</sup>	12,41	8,12	6,66	8,95

<sup>1</sup>MS – matéria seca; MO – matéria orgânica; PB – proteína bruta; NIDN/NT – nitrogênio insolúvel em detergente neutro em porcentagem do nitrogênio total; NIDA/NT – nitrogênio insolúvel em detergente ácido em porcentagem do nitrogênio total; EE – extrato etéreo; MM – matéria mineral; FDNcp – fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; FDACP – fibra em detergente ácido corrigida para cinzas e proteína; CNF – carboidratos não fibroso; CHT – carboidratos totais; HCEL – hemiceluloses; CEL – celulose; LIG – lignina.

Os silos experimentais foram confeccionados em tubos de PVC (cloreto de polivinila), cujas dimensões foram de 60 e 15 cm de altura e diâmetro, respectivamente, equipados com tampa no fundo e tampa superior com borracha de vedação na lateral e válvula tipo Bunsen para livre escape dos gases. Para a drenagem dos efluentes durante a fermentação, utilizou-se uma camada de areia e uma tela de proteção, na proporção de

20% da altura total dos silos experimentais (12 cm). Ao todo foram confeccionados 48 silos experimentais.

O corte do capim-elefante foi realizado em 20 março de 2015, sendo para tanto respeitada uma altura média de 1,6m. Depois de picado e homogeneizado foi determinado o teor de matéria seca do capim-elefante, em forno de micro-ondas (Lacerda et al., 2009), para calcular a quantidade de aditivo a ser incluído na massa a ser ensilada foi considerado o teor de matéria seca da massa final de 30% (McDonald et al., 1991). A quantidade de massa ensilada foi determinada pelo volume dos silos experimentais, os quais são iguais em suas dimensões, e a massa específica para cada tratamento.

Após 240 dias de fermentação, os silos experimentais foram abertos e analisados quanto: análises de qualidade fermentativo das silagens, microbiológicas e bromatológicas. O material fermentado foi homogeneizados e de uma parte do conteúdo de cada silo foi realizada a extração do suco da silagem fresca com o auxílio de uma prensa hidráulica, onde seu conteúdo foi dividido para determinação do pH, através dos procedimentos descritos por Cherney e Cherney (2003), e para determinação do teor de nitrogênio amoniacal, onde material foi conservado em ácido sulfúrico a 0,036 N e congelado para posterior determinação, por destilação com oxido de magnésio (AOAC, 1990).

O preparo das amostras para análise microbiológica constitui de uma diluição prévia, pesando-se 25 g de silagem e adicionando a 225 ml de água peptonada bacteriológica 0,1% estéril, esterilizada (121 °C / 15 minutos) e agitada no sheik por 20 minutos. A partir dos extratos diluídos ( $10^{-1}$  a  $10^{-6}$ ) foram realizadas as sementeiras para avaliação de bactéria ácido láctica (BAL), leveduras e fungos filamentosos (bolos). Para as contagens totais dos microrganismos foi distribuído 0,1 ml de cada diluição, em

triplicata, e espalhado com alça de Drigalsky no meio Lactobacilli MRS ágar (De Man Rogosa Sharpe, Difco) adicionando nistatina (0,4%), para contagem de bactérias lácticas, sendo que as placas de Petri forão incubadas a 30 °C por 96 horas (Jonsson, 1991). Para a contagem de fungos filamentosos foi utilizado o Batata Dextrose Agar (BDA), adicionando cloranfenicol (100 mg/l), sendo as amostras incubadas a 28 °C por 120 horas, o pH do meio de cultura foi ajustado para 3,5 (Pitt, 1988). Para a contagem de leveduras foi utilizado o meio YEPG (0,3% de extrato de levedura; 0,3% extrato de malte; 0,5% de peptona; 1,0% glucose; 2,0% ágar por litro, contendo 100 mg/l de cloranfenicol), sendo as amostras incubadas a 28 °C por 72 horas, ajustando-se o pH para 3,5 (Ávila et al., 2008). Foram consideradas passíveis de contagem placas que apresentarem entre 30 e 300 unidades formadoras de colônias (UFC) por placa de Petri. Os números dos microrganismos presentes foram contados como unidade formadora de colônia (UFC) e expressos como logaritmo na base 10.

A avaliação bromatológica foi realizada no capim-elefante nos resíduos (antes da ensilagem), e no produto final após a abertura dos silos experimentais. As amostras pré-secas em estufa de ventilação forçada à temperatura de 55°C por 72 horas foram trituradas em moinho tipo Willey com peneira de 1 mm e levadas a estufa (105°C por 16 horas) para se efetuar as análises de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM) e extrato etéreo (EE) segundo (AOAC, 1990). As análises de FDN (fibra em detergente neutro), FDA (fibra em detergente ácido) (com o uso da  $\alpha$ -amilase), foram analisadas pelo método sequencial segundo a metodologia descrita por Van Soest et al. (1991), os teores de hemicelulose foram calculados pela diferença entre FDN e FDA. Para a determinação da lignina (Lig) foi utilizado ácido sulfúrico a 72% (VAN SOEST, 1967). Os teores de nitrogénio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogénio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram determinados segundo Licitra

et al. (1996). Os carboidratos totais (CT), os carboidratos não fibrosos (CNF) foram obtidos segundo Sniffen et al. (1992), pelas expressões  $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$ , e  $CNF = 100 - (\%PB + \%EE + \%FDNcp + MM)$ , em que FDNcp equivale à fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas e FDAcp equivale à fibra em detergente ácido corrigida para cinzas e proteínas.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 3, sendo 3 resíduos industriais (banana, manga e maracujá) e o testemunha, com 3 massas específicas (400, 500 e 600 kg MV/m<sup>3</sup>) e 4 repetições. Os tratamentos foram analisados através do software R (R DEVELOPMENT TEAM, 2006), considerando significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ). Para comparação das médias de cada tratamento, quando esta influenciou a variável resposta, foi adotado o teste de Tukey de 5% de significância.

O modelo estatístico adotado para análise foi:

$$Y_{ij} = \mu + R_i + C_j + (R * C)_{ij} + e_{ij}$$

em que  $Y_{ijkl}$  é o valor da variável resposta em questão;

$\mu$  = média geral variável;

$R_i$  = efeito fixo da  $i$ -ésima variável, com  $i$  = testemunha, RB, RMg e RMj;

$C_j$  = efeito fixo da  $j$ -ésima variável, com  $j$  = 400, 500 e 600 (kg MV/m<sup>3</sup>);

$(R * C)_{ij}$  = efeito fixo da interação da  $i$ -ésima inclusão e  $j$ -ésima compactação; e

$e_{ij}$  = o erro experimental à observação.

### **Resultado e Discussão**

Os teores de MS, pH, N-NH<sub>3</sub> das silagens estão apresentados na Tabela 2.

Para os valores de MS foi observado interação aditivo x massa específica ( $P < 0,05$ ). A adição dos resíduos de banana, maracujá e manga na ensilagem de capim-elefante promoveu o aumento da MS na massa ensilada, independente da massa

específica ( $P < 0,05$ ), comprovando suas eficácias como aditivos absorventes de umidade. Embora não se tenha alcançado o teor de 30% de MS pretendido no experimento e preconizado por McDonald (1981), as silagens com aditivos apresentaram valores bem próximo ao ideal necessário para uma fermentação láctica. Os benefícios decorrentes do efeito do aumento do teor de MS da silagem favorecem a fermentação láctica e inibem bactérias do gênero *Clostridium*. Com o aumento dos teores de MS, a atividade de água diminui progressivamente, favorecendo a fermentação mesmo quando os teores não são considerados ideais (Muck, 1988), porém a MS é apenas indicativo, não determina por si, a qualidade da silagem.

O pH foi afetado de forma significativa ( $P < 0,05$ ) pela interação aditivo x massa específica. No desdobramento da interação aditivo x massa específica, analisando a massa específica dentro de cada aditivo, detectou-se que para silagem exclusiva de capim-elefante, a medida que aumentou a massa específica ocorreu uma redução do pH.

As silagens contendo os resíduos de banana e manga, a variações na massa específica não alteraram o seu pH. Para a silagem contendo resíduo de maracujá, a massa específica de 400 kg MV/m<sup>3</sup> apresentou valor mais elevado que as compactações de 500 e 600 kg MV/m<sup>3</sup>, sendo que as duas últimas não apresentaram diferença entre si, isto demonstra que silagens que receberam o resíduo de maracujá como aditivo tem o seu pH reduzido em maiores massas específicas.

Analisando o aditivo dentro de cada massa específica, observa-se que o independente da massa específica o tratamento contendo resíduo de banana apresentou o maior pH, sendo que para a massa específica de 400 kg MV/m<sup>3</sup> as silagens controle e com resíduo de banana, não diferiram entre si. A silagem contendo o tratamento com resíduo de manga apresentou o menor valor de pH, independente das massas específicas.

Tabela 2 – Valores médios de matéria seca, pH, nitrogênio amoniacal, para a interação aditivo x massa específica das silagens de capim-elefante no momento de abertura dos silos.

Aditivo	Massa específica kg MV/m <sup>3</sup>			Médias
	400	500	600	
Matéria seca (% MS)				
Testemunha	18,88 bB	21,56 cA	20,28cAB	20,24
Resíduo de banana	29,88 aA	31,33 aA	28,10 bB	29,77
Resíduo de manga	29,21 aA	29,50 bA	30,63 aA	29,78
Resíduo de maracujá	28,86 aA	29,14 bA	29,14 bA	29,05
Médias	26,71	27,88	27,04	
CV <sup>1</sup> aditivo (%)				17,28
CV <sup>1</sup> compactação (%)				2,15
pH				
Testemunha	5,21 aA	4,65 bB	3,72 bC	4,53
Resíduo de banana	5,32 aA	5,37 aA	5,33 aA	5,34
Resíduo de manga	3,41 cA	3,48 dA	3,41 cA	3,43
Resíduo de maracujá	4,08 bA	3,86 cB	3,79 bB	3,91
Médias	4,51	4,34	4,07	
CV <sup>1</sup> aditivo (%)				19,14
CV <sup>1</sup> compactação (%)				5,14
Nitrogênio amoniacal expresso em nitrogênio total (% N-NH <sub>3</sub> /NT)				
Testemunha	11,56 bA	6,39 bB	4,95 cC	7,63
Resíduo de banana	13,85 aA	12,35 aB	10,72aC	12,30
Resíduo de manga	2,19 dA	1,58 cB	1,35 dB	1,71
Resíduo de maracujá	9,78 cA	5,93 bC	7,32 bB	7,68
Médias	9,34	6,56	6,08	
CV <sup>1</sup> aditivo (%)				59,26
CV <sup>1</sup> compactação (%)				24,02

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem (P>0,05) pelo teste Tukey; <sup>1</sup> CV: coeficiente de variação.

Embora a silagem contendo resíduo de maracujá tenha apresentando o valor de pH mais elevados que a silagem contendo resíduo de manga, independente da massa específica, todos os seus valores de pH estão abaixo de 4,2, caracterizando-se em uma silagem de boa qualidade, indicando uma boa fermentação (McDonald et al., 1991).

A silagem controle, só apresentou valores de pH dentro da faixa considerada ideal (4,2), para a massa específica de 600 kg MV/m<sup>3</sup>, onde tratamento controle e o com resíduo de maracujá apresentam valores estatisticamente iguais. Provavelmente a rápida condição de anaerobiose estabelecida dentro da silagem controle para a massa específica de 600 kg MV/m<sup>3</sup>, contribui para redução do seu pH demonstrando que o efeito da compactação é mais efetivo na silagem sem aditivo.

O menor pH constatado na silagem adicionada de resíduo de manga pode ser associado ao teor mais elevado de CNF do resíduo de manga (Tabela 3). Segundo Van Soest (1994) os CNF servem de substratos para o desenvolvimento das BAL, atuando no processo fermentativo e melhorando o valor nutritivo da silagem.

A interação aditivo massa x massa específica apresentou efeito significativo ( $P < 0,05$ ) para a produção de N-NH<sub>3</sub>. Quando observamos a variação massa específica dentro do aditivo, observamos que a medida que aumenta-se a massa específica, percebe-se um decréscimo nos teores de N-NH<sub>3</sub>, consequência de uma melhor fermentação.

O tratamento contendo o resíduo de manga apresentou o menor teor de N-NH<sub>3</sub>. A silagem controle foi mais afetada pelo fator massa específica, constatando uma redução brusca no teor de N-NH<sub>3</sub> para a compactação de 600 kg MV/m<sup>3</sup>. Comparando a silagem contendo o resíduo de manga, com a silagem controle, a silagem exclusiva da gramínea apresentou um maior teor de N-NH<sub>3</sub>, nas massas específicas de 400 e 500 kg MV/m<sup>3</sup> e um menor teor na massa específica de 600 kg MV/m<sup>3</sup>. Os resultados

constatarem que as silagens com pH mais baixo, o N-NH<sub>3</sub> também foi mais baixo, demonstrando que essas silagens tiveram melhores condições de fermentação.

Uma das importantes alterações que ocorrem no processo de ensilagem para definir a qualidade fermentativa é o aumento do teor de N-NH<sub>3</sub> em relação ao nitrogênio total, resultado da ação dos microrganismos deterioradores da silagem. As condições ácidas (pH<4,2), a redução da atividade de água (adição de aditivos absorventes de umidade) e fornecimento de carboidratos solúveis são os principais fatores que proporcionam a diminuição da produção de N-NH<sub>3</sub> (McDonald et al., 1991).

Os teores de CHOT, CNF se encontram na Tabela 3 e os de FDNcp, FDAcp e HCEL e Fungos estão apresentados na Tabela 4.

Os parâmetros CHOT e CNF sofreram efeito da interação aditivo x massa específica (P<0,05). Os valores de CHOT e CNF seguiram a mesma tendência. A variação da massa específica não causou efeito no tratamento controle e com resíduo de maracujá. Para o tratamento com resíduo de manga, o CHOT e CNF são iguais na massa específica de 500 e 600 e maior na de 400 kg MV/m<sup>3</sup>. Para o tratamento com resíduo de banana, os teores de CHOT e CNF são iguais nas massas específicas de 400 e 500 e menores que na de 600 kg MV/m<sup>3</sup>. O teor CNF e CHOT seguiu a tendência dos resíduos e da forrageira (Tabela 1).

Para os parâmetros FDNcp, FDAcp e HEM houve efeito significativo apenas para o fator aditivo (P<0,05), não sendo verificado efeito para as diferentes massas específicas e para a interação aditivo x massa específica (P>0,05).

Observou-se redução (P<0,05) nos teores de FDNcp, e HEM com a adição dos resíduos, não havendo diferença entre os resíduos, diferindo apenas em relação ao tratamento controle. Para o parâmetro FDAcp houve redução no seu teor com a adição dos resíduos em relação ao tratamento controle, porém o tratamento contendo resíduo

de banana apresentou maior teor de FDAcp que os demais resíduos e estes não diferiram entre si, o que pode ser explicado pelo maior teor de FDAcp no resíduo de banana, em relação aos resíduos da manga e do maracujá.

Segundo Van Soest (1994) o teor de FDN é um importante parâmetro para definir a qualidade da forragem, sendo um dos fatores que mais limita no consumo do alimento devido o efeito físico de enchimento do rúmen. O consumo de MS é limitado quando o teor de FDN apresenta valores entre 60 e 50 % (Van Soest, 1965), situação esta encontrada em todos os tratamentos, porém a silagem exclusiva de capim-elefante apresentou um teor médio de 70,65 % FDNcp, mais elevados que os demais tratamentos (Tabela 4).

Para o parâmetro PB houve efeito significativo ( $P < 0,05$ ) para interação aditivo x massa específica (Tabela 5). Desmembrando a interação e analisando o efeito da massa específica dentro de cada aditivo. A silagem controle não ocorreu diferença estatística nas massas específicas de 400 e 500 kg MV/m<sup>3</sup>, ocorrendo apenas para a massa específica de 600 kg MV/m<sup>3</sup>, o que já era esperado uma vez que ela apresentou para essa compactação uma melhor qualidade fermentativa, com menores valores de pH, N-NH<sub>3</sub>, fungos filamentosos e leveduras, maior população de BAL, conseqüentemente um maior teor de PB.

Independente da massa específica o tratamento contendo o resíduo de maracujá apresentou o teor de PB mais elevado que os demais tratamentos, justificado pelo maior teor de PB do resíduo. O tratamento contendo resíduo de banana e manga diferiram apenas na massa específica de 400 kg /m<sup>3</sup> e a silagem controle apresentou valores semelhantes ao tratamento contendo resíduo de manga na compactação de 400 kg MV/m<sup>3</sup> e diferiu dos tratamentos com resíduo de banana e manga apenas na massa específica de 500 kg /m<sup>3</sup>.

Tabela 3 – Valores médios de carboidratos totais, carboidratos não fibrosos, para a interação aditivo x massa específica das silagens de capim-elefante no momento de abertura dos silos.

Aditivo	Massa específica kg MV/m <sup>3</sup>			Médias
	400	500	600	
Carboidratos totais (% CHOT)				
Testemunha	82,52 aA	82,17 aA	81,98 aA	82,22
Resíduo de banana	69,91 cB	71,17 dB	73,00 cA	71,36
Resíduo de manga	83,66 aA	80,48 bB	79,44 bB	81,19
Resíduo de maracujá	78,18 bA	77,46 cA	77,91 bA	77,85
Médias	78,57	77,82	78,08	
CV <sup>1</sup> aditivo (%)				6,27
CV <sup>1</sup> compactação (%)				2,24
Carboidratos não fibrosos (% CNF)				
Testemunha	11,55cA	10,78 bA	12,38 bA	11,57
Resíduo de banana	8,86 cB	11,52 bAB	13,99 bA	11,46
Resíduo de manga	26,43 aA	21,80 aB	19,80 aB	22,67
Resíduo de maracujá	19,23 bA	18,79 aA	18,89 aA	18,97
Médias	16,51	15,72	16,27	
CV <sup>1</sup> aditivo (%)				34,53
CV <sup>1</sup> compactação (%)				2,51

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem (P>0,05) pelo teste Tukey; <sup>1</sup>CV: coeficiente de variação.

A adição do resíduo de maracujá e de banana ao processo de ensilagem do capim-elefante proporcionou que se atingisse um valor médio de 9,77% e 7,19 de PB, acima do mínimo de 7% de PB para um bom funcionamento ruminal (VAN SOEST, 1994). A adição do resíduo de manga no processo de ensilagem do capim-elefante só não alcançou o valor mínimo preconizado para a massa específica de 400 kg MV/m<sup>3</sup> e o tratamento controle, não alcançou o valor mínimo em nenhuma massa específica.

Quando se trabalhar com silagem exclusiva de capim-elefante, recomenda-se o uso de alguma fonte de proteína externa a silagem.

Para o parâmetro EE houve efeito significativo ( $P < 0,05$ ) para interação aditivo x massa específica (Tabela 5). Desmembrando a interação e analisando a massa específica dentro de cada aditivo, a silagem contendo resíduo de maracujá apresentou menor valor de EE, para a massa específica  $400 \text{ kg MV/m}^3$ , em relação as demais compactações. A silagem contendo o resíduo de manga aumentou o teor de EE como o aumento da massa específica. A silagem controle apresentou um menor teor de EE para a massa específica de  $500 \text{ kg MV/m}^3$ , em relação as demais compactações e a silagem contendo resíduo de banana apresentou um aumento de no teor de EE apenas para a massa específica de  $500 \text{ kg MV/m}^3$ . As variações no teor de EE somente na massa específica de  $500 \text{ kg MV/m}^3$ , não eram esperadas.

Segundo Williams (1994) massa específica e a porosidade são propriedades interligadas e dependentes do conteúdo de umidade. Como o teor de MS não variou para as silagens adicionadas de resíduo de manga e maracujá, o aumento ocorrido no teor de EE conforme aumenta a massa específica já era esperado, pois, a menor compactação normalmente apresenta uma maior concentração de oxigênio ocasionado maior tempo de atuação dos microrganismos deterioradores da silagem, conseqüentemente uma maior degradação da matéria orgânica, justificando o maior teor de EE na compactação de  $600 \text{ kg MV/m}^3$ , em decorrência da menor população de fungos filamentosos na referida massa específica. (Tabela 4). Segundo Ruppel et al. (1995) as perdas do processo de silagem, são inversamente proporcionais aos valores de massa específica.

Tabela 4 - Valores médios de hemicelulose, FDNcp, FDAcp e bolores das silagens de capim-elefante no momento de abertura dos silos.

	Aditivo				Massa específica kg MV/m <sup>3</sup>			Efeito				
	Testemunha	RB	RMg	RMj	400	500	600	A <sup>7</sup>	CV <sup>1</sup>	CV <sup>2</sup>	M <sup>8</sup>	AxM <sup>9</sup>
Hem <sup>3</sup>	25,56 a	19,88 b	20,17 b	20,19 b	21,09 a	21,09 a	21,32 a	*	12,79	2,02	NS <sup>10</sup>	NS <sup>10</sup>
FDNcp <sup>4</sup>	70,65 a	59,90 b	58,45 b	58,88 b	61,99 a	61,99 a	61,82 a	*	9,39	0,23	NS <sup>10</sup>	NS <sup>10</sup>
FDAcp <sup>5</sup>	45,10 a	40,02 b	38,28 c	38,70 c	40,9 a	40,91 a	40,49 a	*	7,75	0,92	NS <sup>10</sup>	NS <sup>10</sup>
Bolores <sup>6</sup>	3,86 a	3,40 ab	3,27 b	2,97 b	3,53 a	3,53 a	3,09 b	*	10,97	7,36	*	NS <sup>10</sup>

Médias seguidas da mesma letra não diferem (P>0,05) pelo teste Tukey; <sup>1</sup> CV: coeficiente de variação do aditivo (%); <sup>2</sup> CV: coeficiente de variação da massa específica (%); <sup>3</sup> Hem: hemicelulose (%); <sup>4</sup> FDNcp: fibra em detergente neutro livre de cinza e proteína (%); <sup>5</sup> FDAcp: fibra em detergente ácido livre de cinza e proteína (%); <sup>6</sup> Bolores: fungos filamentosos (log UFC/g de forragem); <sup>7</sup> A: fator aditivo; <sup>8</sup> M: fator massa específica; <sup>9</sup> AxM: interação aditivo massa específica; <sup>10</sup> NS: não significativo.

Tabela 5 – Valores médios de proteína bruta e extrato etéreo, para a interação aditivo x massa específica das silagens de capim-elefante no momento de abertura dos silos.

Aditivo	Massa específica kg MV/m <sup>3</sup>			Médias
	400	500	600	
	Proteína bruta (% PB)			
Testemunha	5,39 cB	5,40 cB	6,66 bA	5,82
Resíduo de banana	7,08 bA	7,58 bA	6,92bA	7,19
Resíduo de manga	5,59 cB	7,03 bA	7,19 bA	6,60
Resíduo de maracujá	9,60 aA	10,05 aA	9,67 aA	9,77
Médias	6,92	7,52	7,61	
CV <sup>1</sup> aditivo (%)				23,31
CV <sup>1</sup> compactação (%)				5,12
	Extra étero (% EE)			
Testemunha	2,92 cAB	2,46 dB	3,30 bA	2,89
Resíduo de banana	7,62 aB	8,38 aA	7,15 aB	7,72
Resíduo de manga	5,17 bC	6,73 bB	7,36 aA	6,42
Resíduo de maracujá	2,14 dB	3,28 cA	2,82 bA	2,75
Médias	4,46	5,21	5,16	
CV <sup>1</sup> aditivo (%)				50,75
CV <sup>1</sup> compactação (%)				8,45

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem (P>0,05) pelo teste Tukey; <sup>1</sup> CV: coeficiente de variação.

Os parâmetros NIDN e NIDA foram influenciados pela interação aditivo x massa específica (P<0,05), Tabela 6.

Conforme houve aumento de massa específica, percebeu-se uma diminuição (P<0,05) dos valores de NIDN para as silagens adicionadas do resíduo de banana. Para a silagem adicionada do resíduo de maracujá, não houve significância (P>0,05) nas diferentes compactações. A silagem controle e a silagem contendo resíduo de manga,

apresentaram o teor NIDN mais elevado na menor compactação, não diferindo entre si nas demais compactações.

Independente da massa específica, a silagem contendo resíduo de banana apresentou o teor mais elevado de NIDN. As silagens controle e a adicionada do resíduo de manga, não apresentaram diferença na compactação de 400 kg MV/m<sup>3</sup>, diferenciando apenas nas demais compactações, onde silagem controle apresentou um menor teor de NIDIN. O tratamento contendo o resíduo de maracujá apresentou o menor valor de NIDIN em relação aos demais, independente da massa específica

Os teores de NIDIN para os tratamentos com resíduo de banana, manga e controle podem ser explicados pelos teores de NIDIN dos resíduos e da forrageira, os quais sofreram pequena alteração (Tabela 1). O menor teor de NIDIN para o tratamento com resíduo de maracujá e a tendência geral das silagens de diminuir o NIDIN com o aumento da massa específica, pode estar relacionada com a degradação da fração B3 da proteína, segundo Amaral et al. (2007) quanto maior a massa específica menor a degradação da fração B3 da silagem.

Os dados obtidos nesse estudo corroboram com os obtidos por Amaral et al. (2007), onde com o aumento da massa específica da forragem, verificou-se diminuição ( $P < 0,01$ ) nos valores de NIDIN, o que segundo os pesquisadores está relacionado com a degradação da fração B3, uma vez que, nas maiores massas específicas (140 a 160 kg MS/m<sup>3</sup>) a concentração da fração foi mais reduzida que nas compactações inferiores (100 e 120 kg MS/m<sup>3</sup>), o que esta correlacionado a redução nos teores de NIDN, na atividade proteolítica e nas melhores condições fermentativas proporcionado pelas maiores massas específicas.

A medida que aumentou a massa específica da silagem controle verificou-se diminuição nos valores de NIDA. Para a silagem adicionada com resíduo de maracujá,

não houve significância ( $P>0,05$ ) as diferentes compactações. O tratamento contendo resíduo de manga apresentou o teor NIDA mais elevado na menor compactação, diferenciando nas demais. A silagem adicionada do resíduo de banana apresentou um maior teor de NIDA para a massa específica de  $400 \text{ kg MV/m}^3$  e na compactação de  $500 \text{ kg MV/m}^3$ , apresentou um menor valor que a compactação de  $600 \text{ kg MV/m}^3$ .

Analisando a massa específica dentro de cada aditivo, os tratamentos se comportaram de maneira semelhante para as diferentes compactações. O tratamento contendo o resíduo de banana independente da massa específica apresentou teor mais elevados de NIDA, seguido pela silagem controle, silagem adicionada de resíduo de manga e a silagem adicionada de resíduo de maracujá. Para a compactação de  $600 \text{ kg MV/m}^3$ , houve uma pequena alteração, onde o tratamento controle não diferiu da silagem contendo resíduo de manga, o que já era esperado, pois a silagem exclusiva de gramínea apresentou uma fermentação adequada para a compactação de  $600 \text{ kg /m}^3$ , provavelmente nessa massa específica produziu menos calor, diminuindo os teores de nitrogênio ligado à parede celular devido à reação de Maillard (AMARAL et al., 2007).

O teor NIDA esta relacionado com a disponibilidade da proteína, sendo que quanto maior o seu teor menos disponível ela será, pois mais nitrogênio estará complexado ao FDA e indisponível ao animal. Segundo Van Soest (1994), o superaquecimento das silagens ocasiona a redução na digestibilidade da proteína em decorrência no aumento nos teores de NIDA que se tornam indisponível para a microbiota ruminal.

Os teores de BAL e leveduras se encontram na tabela 7 e os teores de fungos filamentosos estão apresentados na tabela 4.

A população de bactérias lácticas foi influenciada pela interação aditivo x massa específica ( $P<0,05$ ). Analisando o fator aditivo, para o tratamento controle e para a

silagem com resíduo de banana, a população BAL demonstrou um aumento de sua população com o aumento da massa específica. No tratamento contendo o resíduo de manga a população de BAL aumentou da massa específica de 400 kg MV/m<sup>3</sup> para as demais compactações e estas não diferenciaram entre si e para o tratamento com resíduo de maracujá a população de BAL não variou nas massas específicas de 400 e 500 kg MV/m<sup>3</sup>, aumentando apenas destas para a massa específica de 600 kg MV/m<sup>3</sup>.

Tabela 6 – Valores médios de nitrogênio insolúvel em detergente neutro em porcentagem do nitrogênio total (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) em porcentagem do nitrogênio total para a interação aditivo x massa específica das silagens de capim-elefante no momento de abertura dos silos.

Aditivo	Massa específica kg MV/m <sup>3</sup>			Médias
	400	500	600	
%NIDN				
Testemunha	14,97 bA	10,75 cB	10,59 cB	12,10
Resíduo de banana	34,04 aA	32,00 aB	30,01 aC	32,01
Resíduo de manga	16,16 bA	12,84 bB	12,51 bB	13,84
Resíduo de maracujá	7,36 cA	7,14 dA	6,28 dA	6,93
Médias	18,13	15,68	14,85	
CV <sup>1</sup> aditivo (%)				67,39
CV <sup>1</sup> compactação (%)				10,52
%NIDA				
Testemunha	7,48 bA	4,16 bB	3,02 cC	0,78
Resíduo de banana	20,44 aA	17,60 aC	18,51 aB	1,59
Resíduo de manga	3,59 cA	2,90 cB	2,72 bcB	0,74
Resíduo de maracujá	2,08 dA	2,02 dA	2,14 bA	1,44
Médias	1,13	1,13	1,15	
CV <sup>1</sup> aditivo (%)				108,55
CV da ME (%) <sup>*</sup>				14,1

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem (P>0,05) pelo teste Tukey; <sup>1</sup> CV: coeficiente de variação.

O comportamento dos tratamentos foi similar, onde o aumento da massa específica diminui a concentração de oxigênio, melhorando a condição fermentativa para o crescimento das BAL. O ambiente anaeróbio é essencial para prevenir o crescimento da maioria dos microrganismos deterioradores que competem com as BAL (Muck, 2010).

Uma boa preservação e estabilização da cultura no silo, ocorre devido à combinação de um ambiente anaeróbio e o crescimento das BAL. O ambiente anaeróbio um dos fatores responsáveis pelo crescimento das BAL e é a única forma de evitar o crescimento de leveduras, fungos filamentosos e bactérias aeróbias responsáveis pela deterioração da silagem (Muck, 2010).

Analisando o fator massa específica, a adição do resíduo de banana a ensilagem promoveu um aumento da população de BAL em relação à silagem controle apenas na massa específica de 400 kg MV/m<sup>3</sup>, onde as demais compactações não diferiram entre si, sendo que ambos os tratamentos para a referida massa específica apresentaram uma menor população de BAL que os demais.

Os tratamentos contendo resíduo de manga e maracujá apresentaram maior população de BAL em relação ao tratamento com adição de resíduo de banana para todas as massas específicas, porém o tratamento com resíduo de manga apresentou uma menor população do que o com resíduo de maracujá para a massa específica de 400 kg MV/m<sup>3</sup>. A adição na ensilagem do resíduo de manga e maracujá, não resultou em diferença na população de BAL entre os referidos tratamentos para as massas específicas de 500 e 600 kg MV/m<sup>3</sup>.

A silagem exclusiva de gramínea apresentou uma menor população de BAL que a silagem com o resíduo de maracujá e não diferiu da silagem adicionada com resíduo de manga para a massa específica de 600 kg MV/m<sup>3</sup>, porém para as demais

compactações ela apresentou uma população inferior de BAL. O que já era esperado, pois para a massa específica de 600 kg MV/m<sup>3</sup> o tratamento controle, apresentou baixa população de leveduras, menor teor de N-NH<sub>3</sub> e um baixo pH, condição essa favorável para uma boa fermentação.

A população de fungos filamentosos foi influenciada pelos fatores aditivos e massa específica ( $P < 0,05$ ) e não havendo efeito da interação ( $P > 0,05$ ). Houve diferença apenas entre as massas específicas de 400 e 600 kg MV/m<sup>3</sup>, onde a população de fungos filamentosos variou de 3,53 a 3,09 log ufc/g de silage, já a compactação de 500 kg MV/m<sup>3</sup>, não variou das demais massas específicas. Quando a condição anaeróbia não é estabelecida e a acidez não é suficiente para prevenir o crescimento dos fungos, ocorre o que chamamos de fermentação secundária, esse fato justifica a maior presença de fungos filamentosos na menor massa específica, pois ela retém uma maior concentração de oxigênio que as demais compactações e apresenta um pH médio mais elevado proporcionando um ambiente propício para o seu desenvolvimento.

Segundo Winters et al. (1987) os fungos filamentosos crescem melhor sob condições aeróbias e em pH mais alto (5,0 a 6,0). Isso justifica a maior população de fungos presentes na silagem controle, uma vez que a silagem controle apresentou o pH médio de próxima a cinco (4,53). As silagens contendo resíduo de manga e maracujá apresentaram menor população de fungos que a silagem controle e não diferiram em relação ao tratamento com o resíduo de banana.

Houve efeito da interação aditivo massa específica ( $P < 0,05$ ) para a população de levedura. Ao analisarmos o efeito do aditivo dentro de cada resíduo, observamos que a variação da massa específica não influenciou o tratamento contendo o resíduo de manga. A silagem adicionadas de resíduo de banana e maracujá obtiveram uma diminuição na população de leveduras para massa específica de 600 kg MV/m<sup>3</sup> em

comparação a massa específica 400 kg MV/m<sup>3</sup> e o tratamento controle apresentou um diminuição na população de leveduras com o aumento da massa específica.

Tabela 7 - Valores médios do desenvolvimento das bactérias ácido lácticas e leveduras, para a interação aditivo x massa específica das silagens de capim-elefante no momento de abertura dos silos.

Aditivo	Massa específica kg MV/m <sup>3</sup>			Médias
	400	500	600	
BAL (log ufc/g de silage)				
Testemunha	5,35 dC	6,62 bB	7,23 bcA	6,23
Resíduo de banana	5,88 cC	6,40 bB	7,00 cA	6,45
Resíduo de manga	6,59 bB	7,41 aA	7,49 abA	6,64
Resíduo de maracujá	7,11 aB	7,32 aB	7,73aA	6,67
Médias	6,23	6,94	7,36	
CV <sup>1</sup> aditivo (%)				7,41
CV <sup>1</sup> compactação (%)				8,34
Leveduras (log ufc/g de silage)				
Testemunha	4,59 aA	4,16 aB	3,35 aC	4,03
Resíduo de banana	3,71 bA	3,70 bA	3,43 aB	3,61
Resíduo de manga	3,63 bA	3,42 cA	3,55 aA	3,53
Resíduo de maracujá	3,67 bA	3,51 bcAB	3,32 aB	3,50
Médias	3,90	3,70		
CV <sup>1</sup> aditivo (%)				19,14
CV <sup>1</sup> compactação (%)				5,14

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem (P>0,05) pelo teste Tukey; <sup>1</sup>CV: coeficiente de variação.

A silagem exclusiva de gramínea apresentou uma maior população de leveduras para a compactação de 400 e 500 kg /m<sup>3</sup>, quando comparada as silagens com aditivos, os tratamentos contendo resíduo de banana e maracujá não diferiram entre si em todas as massas específicas e o tratamento contendo resíduo de manga apresentou menor

população de leveduras que os tratamentos controle e com resíduo de banana apenas na compactação de 500 kg /m<sup>3</sup>. Para a massa específica de 600 kg /m<sup>3</sup>, a população de levedura não variou entre os tratamentos.

O efeito da massa específica no silo é mais efetivo na silagem exclusiva de capim-elefante, onde a compactação de 600 kg /m<sup>3</sup> contribui para melhorias no processo fermentativo, microbiológico e diminuição nas perdas nutricionais durante o período de fermentação.

A adição dos subprodutos de banana, maracujá e manga na ensilagem de capim-elefante são eficientes em promover o aumento da MS na massa ensilada, porém o uso de resíduo de banana não é recomendado, pois não favorece o processo fermentativo e microbiológicas. A adição de subprodutos de maracujá e manga favorece o processo fermentativo, microbiológico e bromatológico da silagem, independente da massa específica.

## CONCLUSÃO

Para a silagem exclusiva de capim-elefante deve ser utilizada a compactação de 600 kg/m<sup>3</sup>.

Não é recomendado o uso do resíduo de banana como aditivo sequestrante de umidade na silagem de capim-elefante.

Os resíduos de manga e maracujá podem ser utilizados como aditivos sequestrantes de umidade na silagem de capim-elefante.

## Referências

- Amaral, R. C.; Bernardes, T. F.; Siqueira, G. R.; Reis, R. A. 2007. Características fermentativas e químicas de silagens de capim-marandu produzidas com quatro pressões de compactação. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36:532-539.
- AOAC - Association of official agricultural chemists. 1990. Official methods of analyses. 15th ed. AOAC Internacional, Arlington, VA.
- Ávila, C. L. S.; Pinto, J. C.; Sugawara, M. S.; Silva, M. S.; Schwan, R. F. 2008. Qualidade da silagem de cana-de-açúcar inoculada com uma cepa de *Lactobacillus buchneri*. *Acta Scientiarum Animal Sciences* 30:255-261.
- Cherney, J.H.; Cherney, D.J.R. 2003. Asserding silage quality. p.141-198. In: Buxton, D.R.; Muck. R.E.; Harrison, J.H. (Eds.). *Silage Science and technology*. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science of America.
- Ferreira, A.C.H.; Neiva, J. N. M.; Rodriguez, N. M.; Campos, W. E.; Borges, I. 2009. Avaliação nutricional do subproduto da agroindústria de abacaxi como aditivo de silagem de capim-elefante. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38:223-229.
- Jonsson, A. 1991. Growth of *clostridium tyrobutiricum* during fermentation and aerobic deterioration of grass silage. *Journal of Science of Food and Agriculture* 54:557-568.
- Lacerda, M. J. R.; Freita, K. R.; Silva, J. W. 2009. Determinação da matéria seca de forrageiras pelos métodos de microondas e convencional. *Bioscience Journal, Uberlândia* 25:185-190.
- Licitra, G.; Hernandez, T.M.; Van Soest, P.J. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* 57:347-358,.
- Lousada Júnior, J. E.; Costa, J. M. C.; Neiva, J. N. M.; RODRIGUEZ, N. M. 2006. Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. *Revista Ciência Agronômica* 37:70-76.
- McDonald, P. 1981. *The biochemistry of silage*. 218p. Chichester: John Wiley e Sons.
- McDonald, P., Henderson, A. R., Heron, S. J. E. 1991. *Biochemistry of silage*. 340p. 2th ed. Marlow:Chalcombe Publication. 340p.
- Muck, R. E. 2010. Silage microbiology and its control through additives. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39:183-191.
- Muck, R.E. 1988. Factors influencing silage quality and their implications for management. *Journal of Dairy Science, Savoy* 71:2992-3002.
- NRC - National research council. 2001. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 381p. 7th ed. Washington, D.C.: National Academic Press.
- Pitt, J.I.A. 1988. *A laboratory guide to commons Penicilium species*. 187p. Commonwealth.
- R Development Core Team. 2006. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Ruppel, K.A.; Pitt, R.E.; Chase, L.E.; Galton, D. M. 1995. Bunker silo management and its relationship to forage preservation on dairy farms. *Journal of Dairy Science* 78:141-1453.
- Sá, C. R. L.; Neiva, J. N. M; Gonçalves, J. S; Calvalcante, M. A. B.; Lôbo, R. N. B. 2007. Composição bromatológica e características fermentativas de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com níveis crescentes de adição do

- subproduto da Manga (*Mangifera indica* L.). *Revista Ciência Agronômica* 38:199-203.
- Santos, M.V.F.; Castro, A. G.; Perea, J. M.; García, A; Guim, A.; Pérez, H. M. 2010. Fatores que afetam o valor nutritivo de silagens de forrageiras tropicais. *Archivos de Zootecnia* 59:25-43.
- Siqueira, G. R. G. 2013. Aditivos Associados à Ensilagem. p. 649-658. In: Reis, R. A.; Bernardes, T. F.; Siqueira, G. R. *Forragicultura: Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros*. Jaboticabal. Universidade Estadual Paulista: UNESP.
- Sniffen, C.J.; O'Connor, J.D.; Van Soest, P.J.; Fox, D. G.; Russell, J. B. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science* 70:3562-3577.
- Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 463 p. 2th ed. Ithaca : Cornell University Press.
- Van Soest, P. J. 1965. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: Voluntary intake relation to chemical composition and digestibility. *Journal of Animal Science* 24:834-844.
- Van Soest, P.J. 1967. Development of a comprehensive system for analysis and its application to forage. *Journal of Animal Science* 26:119-128.
- Van Soest, P.J.; Robertson, J.B.; Lewis, B.A. 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. In: *Symposium carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle*. *Journal of Dairy Science* 74:3583-3597.
- Williams, A.G. 1994. The permeability and porosity of grass silage as affected by dry matter. *Journal of Agricultural Engineering Research* 59:133-140.
- Winters, A. L., Whittaker, P. A., Wilson, R. K. 1987. Microscopic and chemical changes during the first 22 days in Italian ryegrass and cocksfoot silages made in laboratory silos. *Grass and Forage Science* 42:191-196.

