

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**ROBERTA SANTOS DE FREITAS**

**ADITIVOS E TEMPO DE ARMAZENAMENTO AFETAM O VALOR NUTRITIVO E  
ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGENS DE RESTO DE CULTURA DO  
ABACAXI?**

**RECIFE - PE**

**2021**

**ROBERTA SANTOS DE FREITAS**

**ADITIVOS E TEMPO DE ARMAZENAMENTO AFETAM O VALOR NUTRITIVO E ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGENS DE RESTO DE CULTURA DO ABACAXI?**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Zootecnia

**Orientadora:** Prof. Dr<sup>a</sup>. Adriana Guim

**Coorientadores:** Prof. Dr. Alexandre Carneiro Leão de Mello

Prof. Dr. Marcelo de Andrade Ferreira—  
Co-orientador

**RECIFE - PE**

**2021**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- F866a      FREITAS, ROBERTA SANTOS DE  
Aditivos e tempo de armazenamento afetam o valor nutritivo e estabilidade aeróbia de silagens de resto de cultura do abacaxi? / ROBERTA SANTOS DE FREITAS. - 2021.  
61 f. : il.
- Orientadora: Adriana Guim.  
Coorientador: Alexandre Carneiro Leao de Mello Marcelo de Andrade Ferreira.  
Inclui referências.
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife, 2021.
1. Conservação de alimento. 2. Ensilagem. 3. Fermentação. 4. Perdas. 5. Resto de cultura. . I. Guim, Adriana, orient. II. Ferreira, Alexandre Carneiro Leao de Mello Marcelo de Andrade, coorient. III. Título

**ADITIVOS E TEMPO DE ARMAZENAMENTO AFETAM O VALOR NUTRITIVO E ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGENS DE RESTO DE CULTURA DO ABACAXI?**

**ROBERTA SANTOS DE FREITAS**

**DISSERTAÇÃO DEFENDIDA E APROVADA PELA BANCA EXAMINADORA EM  
16/04/ 2021**

---

Prof. Dr. Valdson José da Silva

---

Prof. Dr. Tomás Guilherme Pereira da Silva

---

Prof. Dra. Adriana Guim  
Departamento de Zootecnia– UFRPE  
Orientadora

**RECIFE – PE  
ABRIL DE 2021**

## **BIOGRAFIA**

Roberta Santos de Freitas, filha de Railda Conceição dos Santos e filha de coração de Azivaldo Bispo da Silva, nasceu em 05 de maio de 1995 no município de Gandu Bahia e residiu desde o nascimento no município de Teolândia – Ba, onde estudou até o ensino médio, finalizado no ano de 2012 no Colégio Estadual Democrático Líbia Tinoco Melo. Em 2013, passou a residir na cidade de Santa Inês/Bahia QUANDO iniciou a graduação no curso de Bacharelado em Zootecnia no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano finalizando-a no ano de 2018. Mudou-se para Recife/ Pernambuco em março de 2019 onde ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) na área de produção e nutrição de ruminantes com pesquisa na área de avaliação de alimentos para ruminantes, concluindo em abril de 2021.

## DEDICATÓRIA

### *À minha mãe*

Railda Conceição dos Santos, por ter lutado junto comigo para que tudo isso fosse possível.

### *À minha segunda mãe*

Dona Maura, por sempre me incentivar e vibrar por minhas conquistas.

### *Aos amigos e colaboradores*

Por todo apoio e ajuda para a realização desse projeto.

## AGRADECIMENTOS

À Deus por todas as bênçãos e por me conceder forças para enfrentar e concluir esse desafio.

À minha mãe, Railda conceição dos Santos, por sonhar e acreditar junto comigo que tudo isso seria possível, por todo apoio que sempre me deu ao longo dessa jornada. Te amo!

À meu pai Gil e irmã Ziliana pelo apoio e meus sobrinhos, Maria Alice (*In memorian*) e Heitor por me motivarem a ser melhor a cada dia.

À minha amiga e companheira de casa Lisandra, por tanto apoio nesses dois anos, sou muito grata pela sua amizade.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela disponibilidade de vagas e oportunidade de cursar o mestrado e desenvolver o projeto.

À minha orientadora, Professora Dr<sup>a</sup>. Adriana Guim, pelo acompanhamento nesses dois anos de curso, pela dedicação e atenção durante o desenvolvimento do projeto e preparação da dissertação.

Aos meus coorientadores, Professor Dr. Alexandre Mello e Professor Marcelo.

Aos professores do Departamento de Zootecnia que passaram por mim nesses dois anos de curso, por todos os conhecimentos e experiências repassadas, minha gratidão.

Aos alunos de graduação, especialmente aos PIBICs que trabalharam comigo. Obrigada por toda ajuda, vocês foram muito importantes nesse processo.

Ao Grupo de Estudo em Nutrição, Alimentação e Produção de Ruminantes (GENAPRU), por todas as experiências e colaboração.

Aos amigos e colegas da Pós-Graduação que me acolheram e me ajudaram a vencer os desafios aqui encontrados, Gabi, Rita, Cirilo, Ercvânia, Eric, Elayne, Chefinho (Fábio), Agni, Rodrigo, Caio, Marina e, em especial, a João Vitor e Salmo pela disponibilidade e por me ajudarem a construir esse projeto.

Ao Sr. Pedro pela disposição e ajuda sempre que necessário.

Aos amigos e companheiros que, mesmo distantes, fizeram-se presentes nesta caminhada, Perecles, Mirele, Irlana, Jhef, Isabela, Danny, Jorge, Marluce, Cassia, Maísa, Fabrício, Aldair. Obrigada por tanto!

Aos amigos da UPT (Universidade Para Todos), que desde 2012 fazem parte da minha vida. Obrigada pelo apoio, pela amizade, por permanecermos juntos e nos apoiando nessa jornada. Amo vocês!

Por fim, agradeço a todos e todas que, direta ou indiretamente, fizeram parte desse sonho que hoje se realiza. Deus abençoe a todos!

*'Brilha, brilha estrelinha  
Quero ver você brilhar  
Brilha, brilha lá no céu  
Nesta noite de luar.'*

*(Músicas infantis)*



## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	10
LISTA DE TABELAS.....	11
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	12
RESUMO .....	13
ABSTRACT .....	14
1.0. INTRODUÇÃO .....	15
2.0. REVISÃO DE LITERATURA .....	17
2.1. Cultura do abacaxi.....	17
2.2. Produção de silagem.....	18
2.3. Silagem de resto de cultura do abacaxi .....	19
2.4. Aditivos para silagem.....	21
2.5. Estabilidade aeróbia de silagens .....	22
3.0. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1. Local do experimento.....	23
3.2. Confeção da silagem e análises químico-bromatológicas dos materiais empregados .	23
3.3. Digestibilidade <i>in vitro</i> .....	26
3.4. Avaliação da estabilidade aeróbia das silagens .....	27
3.5. Análise estatística .....	28
4.0. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	29
4.1 Perdas e composição química.....	29
4.2 Digestibilidade <i>in vitro</i> .....	39
4.3. Estabilidade aeróbia das silagens.....	41
5.0. CONCLUSÃO .....	54
REFERÊNCIAS .....	55

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Concentrações de proteína bruta (% da MS), proteína solúvel (% da PB) e Nitrogênio-amoniacoal (% da MS) de silagens de restos de cultura do abacaxi (RECA) sem aditivos e aditivadas com fubá de milho (silRECA+FM) ou com farelo de trigo (silRECA+FT).....36
- Figura 2.** pH de silagens de restos de cultura do abacaxi sem aditivo (silRECA), aditivada com fubá de milho (silRECA+FM) e aditivada com farelo de trigo (silRECA+FT) de acordo com o tempo de armazenamento (60, 90 e 120 dias) e o tempo de exposição ao ar (0, 1, 3, 6 e 9 dias).....43
- Figura 3.** Produção de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de silagens de restos de cultura do abacaxi sem aditivo (silRECA), aditivada com fubá de milho (silRECA+FM) e aditivada com farelo de trigo (silRECA+FT) de acordo com o tempo de armazenamento (60, 90 e 120 dias) e o tempo de exposição ao ar (0, 1, 3, 6 e 9 dias).....45
- Figura 4.** Nitrogênio amoniacoal (N-NH<sub>3</sub>) de silagens de restos de cultura do abacaxi sem aditivo (silRECA), aditivada com fubá de milho (silRECA+FM) e aditivada com farelo de trigo (silRECA+FT) de acordo com o tempo de armazenamento (60, 90 e 120 dias) e o tempo de exposição ao ar (0, 1, 3, 6 e 9 dias).....45
- Figura 5.** Proteína bruta de silagens de restos de cultura do abacaxi sem aditivo (silRECA), aditivada com fubá de milho (silRECA+FM) e aditivada com farelo de trigo (silRECA+FT) de acordo com o tempo de armazenamento (60, 90 e 120 dias) e o tempo de exposição ao ar (0, 1, 3, 6 e 9 dias).....46
- Figura 6.** Matéria seca de silagens de restos de cultura do abacaxi sem aditivo (silRECA), aditivada com fubá de milho (silRECA+FM) e aditivada com farelo de trigo (silRECA+FT) de acordo com o tempo de armazenamento (60, 90 e 120 dias) e o tempo de exposição ao ar (0, 1, 3, 6 e 9 dias).....47
- Figura 7.** Matéria mineral de silagens de restos de cultura do abacaxi sem aditivo (silRECA), aditivada com fubá de milho (silRECA+FM) e aditivada com farelo de trigo (silRECA+FT) de acordo com o tempo de armazenamento (60, 90 e 120 dias) e o tempo de exposição ao ar (0, 1, 3, 6 e 9 dias).....48
- Figura 8.** Matéria orgânica de silagens de restos de cultura do abacaxi sem aditivo (silRECA), aditivada com fubá de milho (silRECA+FM) e aditivada com farelo de trigo (silRECA+FT) de acordo com o tempo de armazenamento (60, 90 e 120 dias) e o tempo de exposição ao ar (0, 1, 3, 6 e 9 dias).....48
- Figura 9.** Fibra em detergente neutro de silagens de restos de cultura do abacaxi sem aditivo (silRECA), aditivada com fubá de milho (silRECA+FM) e aditivada com farelo de trigo (silRECA+FT) de acordo com o tempo de armazenamento (60, 90 e 120 dias) e o tempo de exposição ao ar (0, 1, 3, 6 e 9 dias).....49
- Figura 10.** Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de silagens de restos de cultura do abacaxi sem aditivo (silRECA), aditivada com fubá de milho (silRECA+FM) e aditivada com farelo de trigo (silRECA+FT) de acordo com o tempo de armazenamento (60, 90 e 120 dias) e o tempo de exposição ao ar (0, 3 e 9 dias).....51
- Figura 11.** Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) de silagens de restos de cultura do abacaxi sem aditivo (silRECA), aditivada com fubá de milho (silRECA+FM) e aditivada com farelo de trigo (silRECA+FT) de acordo com o tempo de armazenamento (60, 90 e 120 dias) e o tempo de exposição ao ar (0, 3 e 9 dias).....51
- Figura 12.** Digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro (DIVFDN) de silagens de restos de cultura do abacaxi sem aditivo (silRECA), aditivada com fubá de milho (silRECA+FM) e aditivada com farelo de trigo (silRECA+FT) de acordo com o tempo de armazenamento (60, 90 e 120 dias) e o tempo de exposição ao ar (0, 3 e 9 dias).....52

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Composição química de silagens de restos culturais do abacaxi cultivados no Brasil.....	21
<b>Tabela 2.</b> Composição químico-bromatológicas dos ingredientes e das misturas antes da ensilagem dos restos de cultura do abacaxi .....	24
<b>Tabela 3.</b> Massa Específica, índice de recuperação de matéria seca, perda total de matéria seca, perda por gases e produção de efluentes de silagens de Resto de Cultura do Abacaxi com e sem aditivos em diferentes tempos de armazenamento.....	31
<b>Tabela 4.</b> Desdobramento da interação entre os efeitos do uso de aditivos e tempo de armazenamento sobre a perdas por gases e produção de efluentes das silagens de RECA.....	31
<b>Tabela 5.</b> Valores médios da composição química e perdas de matéria seca de silagens de Resto de Cultura do abacaxi confeccionadas com ou sem aditivos absorventes, armazenadas por diferentes tempos .....	35
<b>Tabela 6.</b> Desdobramentos da interação entre os efeitos do tratamento e tempo de armazenamento sobre os valores de FDA e PIDA das silagens de RECA com e sem aditivos.....	39
<b>Tabela 7.</b> Digestibilidade in vitro da matéria seca, da matéria orgânica e da fibra em detergente neutro e nutrientes digestíveis totais de silagens de resto de cultura do abacaxi confeccionadas com ou sem aditivos absorventes, armazenadas por diferentes tempos. ....	40
<b>Tabela 8.</b> Desdobramento da interação entre os efeitos do tratamento e tempo de armazenamento sobre a Digestibilidade in vitro da matéria seca e da fibra em detergente neutro das silagens de RECA com e sem aditivos.....	41
<b>Tabela 9.</b> Valores médios da composição químico-bromatológica de silagens de resto de cultura de abacaxi, aditivadas ou não, após exposição ao ar.....	43
<b>Tabela 10.</b> Valores médios da digestibilidade in vitro da matéria seca, da matéria orgânica e da fibra em detergente neutro de silagens de restos de cultura do abacaxi, confeccionada com e sem aditivos sequestrantes de umidade, expostas ao ar por 3 e 9 dias .....	51

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CF= Coeficiente de Fermentabilidade

CO<sub>2</sub> = Dióxido de Carbono

CSA = Carboidratos Solúveis em Água

CSAr = Carboidratos Solúveis em Água remanescente

CT = Capacidade Tampão

DIC = Delineamento Inteiramente Casualizado

DIVFDN= Digestibilidade “*in vitro*” da Fibra insolúvel em Detergente Neutro

DIVMS = Digestibilidade “*in vitro*” da Matéria Seca

DIVMO = Digestibilidade “*in vitro*” da Matéria Orgânica

EE = Extrato Etéreo

FDA = Fibra insolúvel em Detergente Ácido

FDN = Fibra insolúvel em Detergente Neutro

FDNcp = Fibra insolúvel em Detergente Neutro corrigida para cinza e proteína

KOH = Hidróxido de Potássio

MM = Matéria Mineral

MO = Matéria Orgânica

MS = Matéria Seca

NDT= Nutrientes Digestíveis Totais

N-NH<sub>3</sub> = Nitrogênio Amoniacal

PB = Proteína Bruta

PET = Polietileno tereftalato

pH = Potencial Hidrogeniônico

PIDN = proteína insolúvel em detergente neutro

PTMS = Perda total de matéria seca

RECA= Resto de cultura do abacaxi

RECA+FT= Resto de cultura do abacaxi adicionado com farelo de trigo

RECA+FM= Resto de cultura do abacaxi adicionado com fubá de milho

SAS = Statistical Analysis System

UFRPE = Universidade Federal Rural de Pernambuco

## **RESUMO**

Objetivou-se avaliar o efeito do uso de aditivos e do tempo de armazenamento sobre a qualidade, digestibilidade *in vitro* e estabilidade aeróbia de silagens de resto de cultura do abacaxi (*Ananas comosus* (L)). Foram confeccionados 36 silos experimentais de PVC, distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 3 x 3 (três tratamentos: RECA sem uso de aditivos, RECA aditivado com fubá de milho e RECA aditivado com farelo de trigo e três tempos de armazenamento: 60, 90 e 120 dias), com quatro repetições. Os aditivos foram misturados na proporção de 20 % de aditivos e 80% do RECA, com base na matéria natural. Após cada tempo de armazenamento realizou-se a abertura dos silos, seguido da quantificação de perdas, aferição do valor de pH, quantificação dos Carboidratos solúveis em água, capacidade tampão, avaliação da composição química e da digestibilidade *in vitro* da matéria seca, da matéria orgânica e da fibra em detergente neutro. A avaliação da estabilidade aeróbia foi realizada após cada tempo de armazenamento, a partir da exposição das silagens ao ar por 1, 3, 6 e 9 dias, com quantificação da produção de CO<sub>2</sub> (g/kg de MS) e nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>/%Ntotal), aferição do pH e determinação dos teores de MS, PB e FDN. Todas as variáveis da estabilidade aeróbia foram analisadas como medidas repetidas no tempo. Os dados foram submetidos à análise de variância empregando-se o SAS e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As silagens aditivadas com fubá de milho e farelo de trigo apresentaram maior MS (298,7 e 297,6 g/kg), em relação a silagem controle (182,1 g/kg). Os tempos de armazenamento mais prolongados resultaram em maior perda total de MS e maior produção de efluentes em todos os tratamentos. O tratamento silRECA+FM apresentou maiores valores de digestibilidade da MS, MO e FDN (739,72; 750,96 e 704,77g/kg, respectivamente). O tratamento silRECA apresentou aumento na produção de CO<sub>2</sub> nos primeiros dias de exposição ao ar, enquanto nas silagens aditivadas o aumento da produção de CO<sub>2</sub> começou a partir do 6º dia, o que demonstra a eficiência dos aditivos em manter as silagens estáveis por mais tempo, após a exposição ao ar. O emprego do fubá de milho como aditivo de silagens de RECA confere melhor digestibilidade ao material ensilado e ainda reduz a velocidade de deterioração.

**PALAVRAS-CHAVE:** Conservação de alimento. Ensilagem. Fermentação. Perdas. Resto de cultura.

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of the use of additives and storage time on quality, *in vitro* digestibility and aerobic stability of silages from pineapple (*Ananas comosus* (L) Merr.) crop residue. Thirty-six experimental silos, made of PVC, were distributed into a completely random design, in a 3 × 3 factorial arrangement (three treatments, PCRE silage without additives, PCRE silage added with corn meal and PCRE silage added with wheat bran and three storage times: 60, 90 and 120 days), with four repetitions (silos). The additives were mixed at a proportion of 20% compared to 80% of PCRE, based on the natural matter. After each storage time, silos were opened and the losses quantification (gases and effluent) were done, besides the pH measurement, water-soluble carbohydrate quantification, buffer capacity, and assessments of chemical composition and the *in vitro* digestibility of dry matter, organic matter, and neutral detergent fiber. The assessment of aerobic stability was done after each storage time, from the beginning of silages exposition to the air for 1, 3, 6 and 9 days, with the quantification of CO<sub>2</sub> production (g/kg DM) and ammonia nitrogen content (NH<sub>3</sub>-N), measurement of pH and the determination of DM, CP and FDN contents. All variables of the aerobic stability were analyzed as repeated measurements. Data were submitted to analysis of variance with the aid of SAS<sup>®</sup> and the means were compared by the Tukey's test at 5% of probability. Silages added with corn meal and wheat bran presented greater (P<0.05) dry matter content (298.7 and 297.6 g/kg) than the control silage (182.1 g/kg). The longer storage times resulted in a greater total dry matter loss and an effluent production in all treatments. The treatment PCREsil + CM presented greater digestibility values of DM, OM and NDF (739.7; 751.0 and 704.8 g/kg, respectively). The control silage (PCREsil) presented an increase of CO<sub>2</sub> production already at the first days of air exposition, while in the added silages, this increase started only from the 6th day, a fact that denotes the efficiency of additives to maintain stable silages for a longer time, after the air exposition. The use of corn meal as an additive of PCRE silages provides greater storage time, affords a better digestibility of the ensiled material, and either reduces the deterioration speed of these silages.

**Keywords:** Food preservation. Silage. Fermentation. Losses. Rest of culture.

## 1.0. INTRODUÇÃO

O aumento na demanda por alimentos, principalmente carne e leite, levou o setor agropecuário a buscar alternativas que possibilitem aumentar a produção com menor custo possível e sem deixar de atender as exigências nutricionais e bem-estar animal. Como resultado, tem-se maior disponibilidade de alimentos para a população humana a menores custos. Por outro lado, a sazonalidade na produção de forragem é uma realidade na grande maioria das regiões de nosso planeta. Esta é caracterizada pelo maior crescimento e produção de forragens no período das águas e limitação produtiva no período da seca (AZEVEDO, 2014), fato que gera grande problema na disponibilidade e na qualidade de alimentos para os animais ao longo do ano. Assim, uma das alternativas encontrada é a utilização de resíduos e subprodutos agroindustriais, vistos que os animais ruminantes têm grande capacidade de aproveitar essas fontes de alimento.

O aproveitamento dos resíduos culturais e subprodutos agroindustriais, tem sido avaliado como alimentação alternativa, principalmente, pelos aspectos econômicos, devido à possibilidade de baratear os custos de produção. Esses resíduos podem entrar na dieta animal em substituição a outros alimentos tradicionais e de maior custo, como o milho e a soja. No entanto, é importante ressaltar que apesar de uma possível vantagem econômica por meio da redução direta nos custos com a alimentação, é preciso avaliar também o desempenho produtivo dos animais (PEDROSO e CARVALHO, 2006). O uso dos resíduos da agricultura na alimentação animal ocorre, principalmente, pela possível redução dos custos e pela disponibilidade nos períodos em que há escassez de forragem, o que compensaria o baixo valor nutritivo desses recursos alimentares (PIRES et al., 2006).

Apesar das poucas pesquisas realizadas, o resíduo da cultura do abacaxi tem sido bastante aproveitado para uso na alimentação animal no campo. De acordo com Cunha et al. (2009), a colheita do abacaxi resulta nos resíduos do processo de industrialização da fruta e nos restos culturais, ambos com potencial para alimentação de ruminantes. São considerados como restos culturais do abacaxi as folhas e caules da planta após a colheita do fruto e estes são caracterizados como alimento de uso limitado, devido à sua composição com alto teor de fibra. Entretanto, apresentam potencial para uso na alimentação animal e aumento da produção animal em locais onde são cultivados (MARIN et al., 2002). Além do uso do resíduo na forma *in natura*, na forma de feno ou de farinha, também tem sido bastante adotado o seu uso na forma de silagem.

A ensilagem tem como objetivo a conservação de alimentos mediante fermentação para seu fornecimento durante os períodos de escassez, quando a taxa de crescimento das plantas não atende à necessidade dos animais. Essa técnica ocorre através da compactação do material em silos para que ocorra a fermentação, a partir da conversão de carboidratos solúveis em ácido láctico em condição de anaerobiose, o que promove a queda do pH e inibe a atividade microbiana, preservando as características da massa ensilada (WILKINS et al., 1999; SILVA, 2014).

Para a obtenção de silagens de qualidade é importante que todas as etapas do processo sejam realizadas de maneira correta, principalmente, a compactação e vedação, evitando a presença de oxigênio, pois, de acordo com Honing e Woolford (1979), o contato do material ensilado com oxigênio, durante a estocagem ou durante a abertura do silo, possibilita o desenvolvimento de microrganismos aeróbicos que utilizam os substratos, levando a deterioração e perda de nutrientes e, conseqüentemente, perdas na qualidade da silagem.

O alto teor de umidade do resíduo de abacaxi torna-se um fator limitante na confecção de silagens, podendo comprometer a fermentação e a obtenção de um produto de qualidade, o que pode indicar a necessidade de utilização de aditivos absorventes que possam minimizar o efeito negativo do baixo teor de MS sobre a conservação do material. Segundo Junges (2014), o uso de aditivos absorventes é importante para minimizar as perdas de matéria seca (MS), melhorar o padrão fermentativo da massa ensilada e, conseqüentemente, seu valor nutritivo, além de elevar a estabilidade da silagem em aerobiose (LIMA e EVANGELISTA, 2001).

Outro fator importante a ser observado, é o tempo de armazenamento das silagens, que pode influenciar na composição do produto final. Dependendo das condições durante o processo de ensilagem e das características inerentes ao material ensilado, estudos apontam que a maioria dos processos metabólicos ativos no silo cessam em torno de 2 a 6 semanas de conservação, resultando em uma fase estável da ensilagem, desde que o ar seja impedido de penetrar na massa durante o armazenamento (PAHLOW et al., 2003). No entanto, existem evidências de que mudanças na composição química e alguns processos microbianos ocorrem durante o armazenamento prolongado (KUNG, 2013).

Após o armazenamento, é importante também estar atento à estabilidade aeróbia silagens, quando estas são expostas ao ar, que pode ser conceituado como a resistência da massa de forragem à deterioração após a abertura do silo, ou seja, a velocidade com que a massa deteriora após exposta ao ar (JOBIM et al., 2007). O processo de deterioração aeróbia é

essencialmente microbiano e está associado, principalmente, ao desenvolvimento de leveduras e fungos, os quais, na presença de oxigênio metabolizam os açúcares, gerando grandes perdas nas silagens (PAHLOW et al., 2003; MUCK et al., 1991).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito do uso de aditivos absorventes e do tempo de armazenamento sobre as perdas, a composição química, a digestibilidade *in vitro* e a estabilidade aeróbica de silagens de resto de cultura do abacaxi.

## **2.0. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Cultura do abacaxi**

O abacaxi (*Ananas comosus* L.) é uma planta monocotiledônea que pertence à família das Bromeliáceas e o seu nome surge da junção de dois termos tupi, iba (fruto) e cati (cheirosa) (FERRARI, 2009). Várias cultivares de abacaxi são plantadas na América Latina, tanto para o consumo do fruto *in natura* como para sua industrialização. No Brasil, as mais cultivadas são Pérola, destinada ao consumo *in natura*, e Smooth Cayenne, destinada a à industrialização (CARVALHO e CUNHA, 1999).

Os países de maior produção mundial do abacaxi são a Tailândia, Brasil e Filipinas. O Brasil ocupa lugar de destaque na produção de abacaxi, sendo o terceiro produtor mundial e o maior produtor da América Latina com quase 1,5 bilhão de frutos colhidos em aproximadamente de 60 mil hectares de cultivo (SOUZA et al., 2010; IBGE, 2017).

Em 2013, o Brasil colheu 1.556.807 toneladas de abacaxi em 58.008 hectares, alcançando rendimento médio de 26.838 toneladas por hectare. Os estados que possuem maior produção são: Pará com 319.399ton, Paraíba com 283.729ton e Minas Gerais com 239.565ton, sendo que, estes três estados apresentam maior rendimento por hectare, acima da média nacional (IBGE 2014).

A produção de abacaxi gera dois tipos de resíduos: os restos de cultura resultantes após a colheita dos frutos e os resíduos do processo de industrialização da fruta, ambos podem ser usados na alimentação de ruminantes. Os restos produzidos pela cultura do abacaxi podem ainda ser incorporados ao solo para o plantio da próxima cultura (CUNHA, 2009; SILVA, 2014), sendo uma forma de utilização desses resíduos que evita sua eliminação no meio ambiente.

Os restos culturais do abacaxizeiro são compostos basicamente pela parte aérea sem o fruto, ou seja, o caule e as folhas. O resíduo pós-colheita da planta de abacaxi é considerado uma alternativa que, apesar de possuir uso limitado, apresenta alto potencial de utilização na alimentação animal (MARIN et al., 2002).

De acordo com Kellems et al. (1979), o resíduo verde do abacaxizeiro pós-colheita apresenta 50,5 toneladas de DM/ha, que equivalem a 226 toneladas de matéria verde/ha. O abacaxizeiro adulto pode ter de 70 a 80 folhas, que podem ser espinhosas, lisas ou semi - espinhosas e/ou com espinhos apenas na extremidade.

Em estudos sobre a composição bromatológica dos restos culturais de abacaxi foram encontrados valores médios de 18% de MS, 7% de PB e 59% de FDN, o que revela que este material tem potencial para ser incluído na alimentação animal, em especial de animais ruminantes dado ao elevado teor de fibra (MULLER, 1978; CARVALHO, 1991; PIEDADE, 2003; CUNHA et al., 2009). A avaliação de formas de utilização e conservação deste resíduo cultural é de grande importância para melhor utilização na alimentação animal, bem como para garantir o aproveitamento desse grande volume de resíduo, evitando também o seu descarte inadequado no meio ambiente.

Cabe destacar que, se o método de conservação deste material for a ensilagem, atenção deve ser dada ao seu baixo teor de matéria seca, que pode comprometer a fermentação e, conseqüentemente, a conservação de seus nutrientes.

## **2.2. Produção de silagem**

A conservação de forragem, pela fermentação ou pela desidratação parcial da planta, tem como objetivo principal a preservação máxima possível de seus nutrientes para fornecimento de alimento durante os períodos de escassez, quando a disponibilidade e a taxa de crescimento das plantas forrageiras não atendem a necessidade dos animais (WILKINS et al., 1999).

A ensilagem é uma técnica antiga de conservação de alimento, que vai desde o corte da forragem, picagem, compactação e correta alocação da cultura nos silos. O manejo e armazenamento adequados durante determinado tempo são fatores fundamentais para que se mantenham as características nutritivas próximas as do material original (PAHLOW et al., 2003; YANG et al., 2006; NEUMANN et al., 2010).

Na correta prática da ensilagem o material a ser conservado sofre ação de microrganismos em condições de anaerobiose, de modo que a fermentação natural de açúcares resulta no desenvolvimento de bactérias de ácido láctico, proporcionando um pH ácido, o qual inibe o desenvolvimento de outros microrganismos anaeróbios indesejados para que se obtenha um produto final de qualidade, denominado de silagem (PAHLOW et al., 2003; YANG et al., 2006; MUCK, 2010).

Para que se obtenha silagem de boa qualidade é preciso que o processo de fermentação aconteça em condições adequadas e para isso, a escolha de forragem a ser ensilada é um dos fatores de maior impacto. É importante ainda estar atento a alguns cuidados básicos, principalmente relacionados às etapas de produção das silagens, para evitar que o produto apresente baixa qualidade e evitar a ocorrência de microrganismos prejudiciais à saúde animal (PAHLOW et al., 2003; KUNG, 2009).

Há diversas interações que ocorrem na ensilagem, desde a escolha da planta até o fechamento do silo, que impactam sobre a qualidade do produto final. Normalmente, a utilização de forrageiras com baixo teor de matéria seca pode comprometer o processo de picagem, armazenamento, compactação, fermentação biológica e estabilização da silagem (SILVA et al., 2015).

Três pontos importantes devem ser observados para se obter silagens de qualidade, a saber: boa compactação para rápida remoção do oxigênio; rápida queda do pH por meio do aumento de produção de ácido láctico, e cuidados com manuseio, armazenamento e conservação da silagem após a abertura do silo (KUNG, 2009).

É de grande importância que o processo de confecção de silagens seja bem manejado e realizado adequadamente, respeitando os princípios básicos de escolha da forrageira, momento de colheita, composição química e estágio de maturação da planta, bem como as formas de armazenamento, a fim de que as etapas do processo de fermentação ocorram de maneira eficiente, resultando em parâmetros qualitativos satisfatórios e, conseqüentemente, em maior aceitabilidade e digestibilidade da silagem pelos animais, sem apresentar riscos à saúde destes (SILVA et al., 2015; DRIEHUIS et al., 2018).

### **2.3. Silagem de resto de cultura do abacaxi**

A utilização de restos culturais para produção de silagens pode ser uma alternativa viável ao produtor, tanto para a redução dos custos da alimentação como para diminuir a

contaminação ambiental gerada pela grande quantidade de resíduos vegetais produzidos e descartados no ambiente (SANTOS et al., 2014).

A cultura do abacaxi é grande geradora de resíduos na lavoura e na indústria, sendo que, na lavoura, as plantas que ficam na área após a colheita dos frutos representam a maior fração desse resíduo. Apenas o fruto do abacaxizeiro é comercializado, o que representa cerca de 38% da planta e o restante é considerado resíduo agrícola. Sendo assim, têm surgido diversos estudos sobre as possíveis maneiras de aproveitamento desse material, principalmente como alimento alternativo para animais ruminantes no período de escassez de forragem (SANTOS, 2014).

Os restos culturais do abacaxizeiro podem atingir até 50 toneladas de produção de massa verde por hectare, dependendo do cultivar e da densidade do plantio. Estudos atuais sobre o aproveitamento dos restos culturais do abacaxi têm mostrado resultados muito promissores com o uso da ensilagem como forma de armazenagem da forrageira, sobretudo, alimentação de ruminantes (FAGUNDES e FAGUNDES, 2010; LALLO et al., 2003; PRADO et al., 2003; SANTOS et al., 2014).

De acordo com estudos realizados, o resto da cultura do abacaxi, em comparação com o feno de capim-pangola, apresentou maior digestibilidade, incremento calórico e aumento da população das bactérias celulolíticas dominantes no rúmen. A planta de abacaxi não contém qualquer substância tóxica conhecida, pelo contrário, possui fotoquímicos benéficos como a bromelina, enzima proteolítica que é encontrada em grande concentração no caule da planta (MAURER, 2001; MATELJAN 2007; SUKSATHIT et al., 2011).

Apesar do número limitado de pesquisas sobre a utilização da silagem dos resíduos da cultura do abacaxi na alimentação animal, entende-se que ela pode representar importante recurso alimentar no período de escassez de forragem. A composição nutricional de silagens dos restos culturais do abacaxizeiro foi avaliada por alguns autores que estudaram o seu uso na alimentação animal e estão sumarizados na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química de silagens de restos culturais do abacaxi cultivados no Brasil.

Referência	MS <sup>1</sup> (%)	PB <sup>2</sup> (%)	FDN <sup>3</sup> (%)	FDA <sup>4</sup> (%)	Lignina (%)	NDT <sup>5</sup> (%)
Santos et al. (2014)	21,6	7,1	35,5	-	-	-
Silva (2014)	18,91	5,27	52,46	20,02	-	67,53
Cunha et al. (2009)	12,29	7,80	55,31	31,95	5,04	-
Caetano et al. (2014)	33,43	6,59	55,37	-	8,21	-

<sup>1</sup>Matéria seca; <sup>2</sup>Proteína bruta; <sup>3</sup>Fibra solúvel em detergente neutro; <sup>4</sup>Fibra solúvel em detergente ácido; <sup>5</sup>Nutrientes digestíveis totais.

É importante ressaltar que a composição química de silagens desta natureza pode variar em função das características do material coletado como idade da planta, variedade, período de armazenamento das silagens, entre outros.

#### 2.4. Aditivos para silagem

Os aditivos são produtos adicionados a massa ensilada que não apresentam características adequadas para fermentação no momento da ensilagem, objetivando melhorar o ambiente fermentativo, acelerar a queda de pH, inibir possíveis fermentações secundárias, além de melhorar a conservação, valor nutritivo e estabilidade aeróbia dessas plantas (SANTOS, 2010; BERNARDES e CHIZZOTTI, 2012).

Os aditivos mais usados no Brasil estão divididos nos grupos dos aditivos microbianos, comumente empregados em silagens de cana-de-açúcar, e aditivos sequestrantes de umidade, com maior utilização em forragens úmidas, como as gramíneas tropicais (NUSSIO e SCHMIDT, 2004). O uso de aditivos absorventes ou sequestrantes de umidade é indicado para o controle da qualidade das silagens, pois além de favorecer o aumento do teor de matéria seca, proporciona incremento do valor nutritivo (ANDRADE et al., 2010).

O alto teor de umidade associado ao baixo teor de carboidratos solúveis são fatores que inibem o adequado processo fermentativo, dificultando a confecção de silagens de boa qualidade. O teor de umidade elevado também pode resultar em alta produção de calor, ocorrência de fermentações indesejáveis e redução da digestibilidade dos nutrientes. Estes fatores exercem influências negativas no processo fermentativo, mas podem ser corrigidos através do uso de aditivos no momento da ensilagem (ÍTAVO & ÍTAVO, 2008).

A utilização de aditivos químicos e biológicos na ensilagem, pode auxiliar na conservação do material ensilado, promovendo rápida redução no pH e redução nas perdas de MS, elevação no valor nutritivo e melhora na estabilidade aeróbica, além de reduzir a quebra

de proteína em amônia e diminuir a produção de gases e efluentes (GUIM et al., 2002; KUNG et al., 2003; SCHMIDT, 2008).

## **2.5. Estabilidade aeróbia de silagens**

A estabilidade aeróbia da silagem pode ser definida como a resistência da massa de forragem à deterioração, quando é exposta ao ar após a abertura do silo e é dada como o tempo gasto para que a temperatura da silagem exposta ao ambiente ultrapasse em 2°C em relação a temperatura ambiente (BERNARDES et al., 2007; JOBIM et al., 2007).

Durante a exposição do painel do silo, no processo de retirada e fornecimento da silagem para o animal, bem como a exposição do material ao ambiente aeróbico no cocho, pode haver perdas significativas de nutrientes da silagem (IGARASI, 2002). De acordo com McDonald et al. (1991), essas perdas podem chegar a 15% da matéria seca.

O contato do material ensilado com o oxigênio, após a abertura do silo, desencadeia o crescimento de microrganismos aeróbios, e, como consequência, ocorre o processo de quebra da estabilidade aeróbia a partir da deterioração aeróbia, iniciada por leveduras tolerantes a ácidos (JUNGES, 2014).

As leveduras são os principais microrganismos envolvidos na deterioração aeróbia que possuem maior potencial de deterioração, devido a sua resistência e capacidade de se multiplicar em uma ampla faixa de pH que varia de 3 a 8, assim, com seu crescimento rápido, são o primeiro grupo a se desenvolver quando o oxigênio entra em contato com a silagem (McDONALD, 1991). Além das leveduras, os fungos filamentosos também exercem efeitos negativos sobre a qualidade da silagem e, embora possuam um desenvolvimento mais lento, produzem micotoxinas com potencial para afetar o desempenho animal (MUCK, 2010; TANGNI et al., 2013; SANTOS et al., 2013).

A manifestação da deterioração aeróbia de forma prática, geralmente ocorre pelo aumento de temperatura e pelo aparecimento de fungos. Sendo um processo que irá reduzir os conteúdos de ácidos orgânicos, açúcares solúveis e compostos nitrogenados solúveis, aumentando conteúdos de frações fibrosas e perdas de nutrientes digestíveis e energia (MATOS et al., 2006).

A preocupação com o alcance de maior tempo estável de silagens, quando estas são expostas ao ar, visa a conservação dos nutrientes e a diminuição nas perdas por deterioração. A observação desses aspectos é determinante para a obtenção de alimentos que possam fazer parte

da formulação de dietas e garantir o adequado desempenho animal e retorno econômico (TABACCO et al., 2011). Assim, diversos estudos têm sido realizados no intuito de promover melhoria na estabilidade aeróbia, através da inibição dos microrganismos indesejáveis, promovendo maior eficiência no processo fermentativo anaeróbico que, por sua vez, pode reduzir a velocidade da deterioração nas silagens, após a abertura dos silos.

### **3.0. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Local do experimento**

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em Recife - PE, pertencente à Região Metropolitana do Recife, sob as coordenadas geográficas: 8°04'03''S e 34°55'00''W, com altitude de 4 metros. O tipo clima é Ams', que se caracteriza por ser quente e úmido, com temperatura média anual de 25,8°C e uma pluviosidade média anual de 1804 mm (INMET, 2019).

Os restos culturais do abacaxi (RECA), variedade pérola, foram obtidos no município de Sapé, localizado no estado da Paraíba. A colheita do resíduo foi realizada aos 570 dias após o plantio. Os aditivos absorventes empregados foram o fubá de milho e o farelo de trigo adquiridos no comércio local.

As análises bromatológicas e a digestibilidade *in vitro* foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal-LNA, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), *campus* Recife.

#### **3.2. Confeção da silagem e análises químico-bromatológicas dos materiais empregados**

Os aditivos foram incorporados manualmente na proporção 80% RECA e 20% aditivo (% na matéria natural), para atingir teor de matéria seca próxima a 30%, formando três tratamentos com quatro repetições, sendo: T1 (RECA)= 100% resto de cultura do abacaxi (tratamento controle); T2 (RECA+FM) = 80% de Resíduo de abacaxi + 20% de fubá de milho; T3 (RECA+FT) = 80% de resíduo de abacaxi + 20 % de farelo de trigo.

Foram utilizados 36 silos experimentais de PVC com 75 cm de altura, 15 cm de diâmetro, providos de tampas dotadas de válvula tipo *Bunsen*, para eliminação e posterior quantificação de gases produzidos durante os tempos de armazenamento.

O resíduo de abacaxi foi triturado em máquina forrageira, em seguida, foram retiradas amostras dos materiais antes e após a confecção das misturas dos tratamentos, para determinação dos teores matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), lignina (LIG), segundo métodos descritos por Detmann et al (2012). Também foram quantificadas as concentrações de carboidratos solúveis em água (CSA) e capacidade tampão, segundo metodologias de Yemm e Willis (1954), modificadas por Bezerra Neto e Barreto (2011) e Johnson et al. (1987). A composição dos materiais usados na ensilagem está apresentada na Tabela 2.

**Tabela 2.** Composição químico-bromatológicas dos ingredientes e das misturas antes da ensilagem dos restos de cultura do abacaxi

ITEN	MS <sup>4</sup>	MO <sup>5</sup>	MM <sup>6</sup>	EE <sup>7</sup>	PB <sup>8</sup>	FDN <sup>9</sup>	FDA <sup>10</sup>	CSA <sup>11</sup>	CT <sup>12</sup>	CF <sup>13</sup>
Fubá de milho	832,2	976,5	23,5	44,85	96,40	247,59	24,56	206,25	25,77	-
Farelo de trigo	800,8	941,3	58,7	31,29	160,77	478,71	128,30	7,56	56,80	-
RECA <sup>1</sup>	165,0	930,5	69,5	27,55	45,09	471,22	224,64	98,23	52,33	18,00
RECA+FM <sup>2</sup>	282,7	942,9	57,1	30,28	67,70	374,14	168,35	130,54	59,70	30,02
RECA+FT <sup>3</sup>	289,2	937,9	62,1	28,41	95,08	435,30	168,46	75,72	65,58	29,84

<sup>1</sup>. Silagem de resto de cultura do abacaxi; <sup>2</sup>. Silagem de resto de cultura do abacaxi aditivada com fubá de milho; <sup>3</sup>. Silagem de resto de cultura do abacaxi aditivada com farelo de trigo; <sup>4</sup>. MS=Matéria seca (g/kg MN); <sup>5</sup>. MO=Matéria orgânica (g/kg MS); <sup>6</sup>. MM=Matéria Mineral (g/kg MS); <sup>7</sup>. EE= Extrato Etéreo (g/kg MS); <sup>8</sup>. PB=Proteína Bruta (g/kg MS); <sup>9</sup>. FDN=Fibra em Detergente Neutro (g/kg MS); <sup>10</sup>. FDA= Fibra em Detergente Ácido (g/kg MS); <sup>11</sup>. CSA=Carboidrato Solúvel em Água (g por kg MS); <sup>12</sup>. Capacidade Tampão (n e.mg/100g MS); <sup>13</sup>. Coeficiente de fermentabilidade

No fundo dos silos que receberam apenas o RECA foram adicionados aproximadamente 5 kg de areia fina, seca em estufa, e nos demais silos contendo RECA + aditivos foram adicionados aproximadamente 4kg de areia, acondicionada em saco de algodão. Os silos foram pesados antes da ensilagem para registro da tara do conjunto (silo + tampa + areia seca + saco de algodão). Após a confecção foi realizada uma nova pesagem dos silos cheios e vedados, para determinação quantitativa das perdas por gases, recuperação de MS e produção de efluentes, descritas posteriormente. A massa específica das silagens (kg de MS/m<sup>3</sup>) foi calculada pela relação existente entre o peso líquido das silagens e volume interno dos silos experimentais €, como descrito por Jobim et al. (2007).

Imediatamente após a compactação, os silos foram vedados com as tampas de PVC dotadas de válvula tipo *Bunsen* e envolvidas com fita adesiva para evitar a entrada de oxigênio. Os silos foram então armazenados em local coberto em temperatura ambiente até o momento de abertura (60, 90 e 120 dias após a ensilagem).

### 3.2 Perdas e composição químico-bromatológica das silagens

As perdas por matéria seca, por gases e por efluentes foram quantificadas por gravimetria, mediante diferença do peso dos silos no momento da ensilagem e na abertura dos mesmos. Para quantificação das perdas totais da matéria seca, perdas por gases e quantificação de efluentes, foram empregadas as seguintes equações, propostas por Schmidt (2006).

$$PMS = \frac{(MSi - MSf) \times 100}{MSi}$$

PMS = Perda Total de MS;

MSi = Quantidade de MS inicial. Peso do silo após enchimento – peso do conjunto vazio, sem a forragem, antes do enchimento (tara seca) x teor de MS da forragem na ensilagem;

MSf = Quantidade de MS final. Peso do silo cheio antes da abertura – peso do conjunto vazio, sem a forragem, após a abertura dos silos (tara úmida) x teor de MS da forragem na abertura.

$$G = \frac{[(PCen - Pen) \times MSen] - [(PCab - Pen) \times MSab]}{[(PCen - Pen) \times MSen]} \times 100$$

G = Perdas por gases em % da MS;

PCen = Peso do silo cheio na ensilagem (Kg);

Pen = Peso do conjunto (silo+tampa+areia+tela+pano) na ensilagem (Kg);

MSen = Teor de MS da forragem na ensilagem (%);

PCab = Peso do silo cheio na abertura (Kg);

MSab = Teor de MS da forragem na abertura (%).

$$E = \frac{(Pab - Pen) \times 1000}{(MVfe)}$$

E = Produção de efluente (Kg/t de massa verde);

Pab = Peso do conjunto (silo+areia+pano) na abertura (Kg);

Pwn = Peso do conjunto (silo+areia+pano) na ensilagem (Kg)

MVfe = Massa verde de forragem ensilada (Kg)

Após pesagem dos silos estes foram abertos e, em seguida, para evitar possíveis contaminações, foi realizado o descarte da porção da silagem localizada na porção superior de cada silo. Da porção central foram retiradas amostras para aferição do pH e análises químicas.

O restante da silagem foi utilizado para avaliação da estabilidade aeróbia (descrito posteriormente).

A determinação de pH foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002), pesando-se 9 g de silagem *in natura* com 60mL de água destilada em um béquer de 100 mL. A solução permaneceu em repouso por 30 minutos e posteriormente foi realizada a leitura do pH com potenciômetro digital.

A determinação do nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) foi realizada conforme metodologia de Bolsen et al. (1992) e modificada por Cândido (2000), pesando-se 25 g de amostra *in natura* de silagem em becker de 250 mL mergulhada em solução de ácido sulfúrico de baixa concentração (0,2 N). Em seguida, cada Becker foi vedado e permaneceu em refrigeração por um período de 48 horas. Após esse período de repouso, filtrou-se o sobrenadante em papel-filtro de filtragem rápida, recepcionando-o em frasco plástico com tampa hermética até o momento de destilação e titulação das amostras para quantificação da amônia.

As amostras remanescentes foram secas em estufa de ventilação forçada, a 55°C por um período de 72 h e em seguida foram moídas em moinho tipo Wiley, sendo que parte das amostras passou por peneira de crivo de 1 (para análises bromatológicas) e parte por peneira de 2 mm (para análise de digestibilidade *in vitro*). Após processamento das amostras (secagem e moagem), foram realizadas análises para quantificação do teor de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), PIDN (Proteína Insolúvel em Detergente Neutro), PIDA (Proteína Insolúvel em Detergente Ácido), CIDN (Cinzas Insolúvel em Detergente Neutro), hemicelulose (HEM), celulose (CEL), lignina (LIG), segundo metodologias descritas por Detmann et al. (2012).

Os valores de NDT das silagens foram estimados pelo produto do percentual de matéria orgânica e a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica, dividido por 100 (adaptado de Barber et al., 1984).

### **3.3. Digestibilidade *in vitro***

O ensaio para a determinação da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), matéria orgânica (DIVMO) e da fibra em detergente neutro (DIVFDN) foi realizado a partir da metodologia descrita por Holden (1999). Para tal, pesou-se 0,5 grama das amostras das silagens pré-secas em estufa de circulação de ar forçada a 55°C por 72 horas e moídas a 2 mm,

acondicionadas em sacos confeccionados de TNT (5x10 cm) com porosidade de 100 micras, os quais foram incubados em jarros contendo líquido ruminal e solução tampão, seguindo os procedimentos operacionais do equipamento Daisy II Fermenter®. O líquido ruminal foi obtido de um ovino com fístula permanente no rúmen (seguindo os princípios éticos de experimentação animal, aprovados pela comissão de ética no uso de animais sob licença CEUA nº 2834210420), alimentado com feno de tifton (70%) e ração concentrada (30%) composta por milho, farelo de trigo e farelo de soja.

### 3.4. Avaliação da estabilidade aeróbia das silagens

A avaliação da estabilidade aeróbia das silagens, após abertura dos silos, foi realizada em todos os tempos de armazenamento de 60, 90 e 120 dias, expondo-se as silagens ao ar em um sistema adaptado ao descrito por Ashbell et al. (1991). Para o preparo de cada sistema, foram utilizadas duas unidades de garrafas de polietileno (PET). A parte superior de uma garrafa foi seccionada e utilizada como parte inferior do sistema, enquanto a base da garrafa foi utilizada como tampa do sistema. Foram feitos dois orifícios de 1 cm de diâmetro, um na tampa e outro no fundo da garrafa, para permitir a circulação de ar, os quais foram protegidos por uma tela, para evitar a entrada de insetos. Foram adicionadas, levemente compactados, cerca de 500 g de silagem fresca no sistema. A parte inferior da unidade foi feita com outra garrafa de material mais resistente (frasco plástico), que recebeu 100 mL de hidróxido de potássio (KOH) a 20%. As duas partes do sistema foram encaixadas com auxílio de fita adesiva e permaneceram armazenadas por 1, 3, 6 e 9 dias.

A estimativa da quantidade do CO<sub>2</sub> produzido em cada tempo de exposição ao ar foi realizada a partir da titulação de 20 mL da solução de KOH do sistema com solução de ácido clorídrico (HCl) 1N, registrando-se o volume gasto na titulação apenas no intervalo de pH entre 8,1 e 3,5 da solução. Para tal, o eletrodo do potenciômetro permaneceu em contato com a solução de KOH durante todo o tempo da titulação. A quantidade de CO<sub>2</sub> (g/kg de MS) foi calculada de acordo com a fórmula:

$$\text{CO}_2 \text{ (g/kg de MS)} = \frac{(0,044 * T * V)}{(A * S * MS)}$$

T = Volume de HCl gasto na titulação (mL);  
V = Volume total de KOH 20% (100 mL);  
A = Volume de KOH 20% usado na determinação (10 mL);  
S = Quantidade de silagem fresca (kg) colocada nas garrafas;  
MS = Matéria Seca da silagem do sistema

Em cada tempo de exposição, foram recolhidas amostras das silagens para determinação dos teores de matéria seca, matéria mineral, matéria orgânica, proteína bruta e fibra em detergente neutro, além da aferição dos valores de pH e quantificação do nitrogênio amoniacal, conforme metodologias descritas anteriormente. A digestibilidade *in vitro* da MS, MO e da FDN das silagens que foram expostas ao ar por 3 e 9 dias também foi determinada, seguindo a mesma metodologia descrita no item 3.3.

### 3.5. Análise estatística

Para avaliação da composição químico-bromatológica das silagens foi empregado delineamento inteiramente casualizado (DIC) em arranjo fatorial (3x3), considerando um fator como efeito do aditivo (controle, aditivado com fubá de milho ou farelo de trigo) e o outro como tempo de armazenamento (60, 90 e 120 dias), com quatro repetições.

O delineamento experimental utilizado na avaliação da composição químico-bromatológica das silagens após exposição ao ar (estabilidade aeróbia) foi inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 3 x 3 (3 tratamentos x 3 tempos de armazenamento), sendo os tempos de exposição ao ar (1, 3, 6 e 9 dias) avaliados como medidas repetidas no tempo, considerando as medidas tomadas em unidades distintas, com quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância, por meio do PROC MIXED, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SAS (2002).

O modelo utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + TA_j + TE_k + (T * TA)_{ij} + (T * TE)_{ik} + (TA * TE)_{jk} + (T * TA * TE)_{ijk} + E_{ijk},$$

Sendo:

$\mu$  é a média geral;

$T_i$  = o efeito da *i*-ésima silagem (tratamento);

$TA_j$  = o efeito do tempo de armazenamento das silagens;

$TE_k$  = o efeito do tempo de exposição ao ar;

$(T*TA)_{ij}$  = o efeito da interação aditivo x tempo de armazenamento;

$(T*TE)_{ik}$  = o efeito da interação aditivo x tempo de exposição ao ar;

$(TA*TE)_{jk}$  = o efeito da interação tempo de armazenamento x tempo de exposição ao ar;

$(T*TA*TE)_{ijk}$  = o efeito da interação silagem x tempo de armazenamento x tempo de exposição ao ar;

$e_{ijk}$  = o erro aleatório associado a cada observação;

Considerando que apenas os tempos 3 e 9 dias de exposição das silagens ao ar foram avaliados para análise dos dados da DIVMS, da DIVMO e da DIVFDN, empregou-se o delineamento em parcelas subdivididas, alocando-se na parcela um esquema fatorial 3 x 3

(tratamentos x tempo de armazenamentos) e, na subparcela, os tempos de exposição das silagens ao ar. Os dados foram submetidos à análise de variância, por meio do procedimento GLM do SAS e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + TA_j + TE_k + (T * TA)_{ij} + TE(TRAT)_{ik} + TE(TA)_{jk},$$

Sendo:

$\mu$  = a média geral;

$T_i$  = o efeito da i-ésima silagem (tratamento);

$TA_j$  = o efeito do tempo de armazenamento das silagens;

$TE_k$  = o efeito do tempo de exposição ao ar;

$TTA_{ij}$  = o efeito da interação tratamento x tempo de armazenamento;

$TETi_k$  = o efeito do tempo de exposição ao ar dentro de tratamento;

$TETA_{jk}$  = o efeito do tempo de exposição ao ar dentro do tempo de armazenamento

## 4.0. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Perdas e composição química

Observou-se interação significativa ( $P < 0,05$ ) do efeito dos aditivos e do tempo de armazenamento para as variáveis perdas por gases e produção de efluentes (Tabela 3).

As silagens com inclusão de fubá de milho ou farelo de trigo apresentaram maior ( $P < 0,05$ ) massa específica (ME) que aquelas que não receberam aditivo (controle). A massa específica é definida como a razão entre a massa de uma quantidade da substância e o volume por ela ocupado, sendo este um dos fatores determinantes para a qualidade final da silagem. A densidade e o teor de matéria seca são variáveis que determinam a porosidade da silagem, a qual estabelece a taxa de aeração e, posteriormente, influencia no grau de deterioração na armazenagem e na abertura (JOBIM et al., 2007).

A menor ME nas silagens de RECA sem inclusão de aditivos pode estar relacionada ao menor peso do material quando comparado àqueles que foram aditivados com materiais mais densos. Conseqüentemente, apesar do maior teor de umidade, a menor densidade do RECA e o maior teor de fibra podem ter dificultado a compactação do material o que, conseqüentemente, gerou maior porosidade da massa ensilada.

Os tempos de armazenamento influenciaram de forma significativa o índice de recuperação de matéria seca. O armazenamento das silagens por tempo mais prolongado (120 dias) levou a

menor recuperação de MS (87,86%) quando comparado aos tempos de 60 (93,03%) e 90 dias (95,07%).

O uso de aditivos não proporcionou ( $P>0,05$ ) alterações nas perdas totais de matéria seca. No entanto, nas silagens armazenadas por 120 dias, registraram-se perdas totais de MS (12,14%) maiores ( $P<0,05$ ) em relação àquelas armazenadas por 60 e 90 dias (7,05% e 4,93%, respectivamente).

Percebe-se que o tempo de armazenamento não alterou significativamente as perdas por gases em todos os tratamentos (Tabela 4). No entanto, dentro de cada tempo de armazenamento, ficou evidente que as perdas por gases das silagens de RECA aditivadas com fubá de milho e farelo de trigo foram superiores ( $P<0,05$ ) às silagens sem inclusão de aditivos.

**Tabela 3.** Massa Específica, índice de recuperação de matéria seca, perda total de matéria seca, perda por gases e produção de efluentes de silagens de Resto de Cultura do Abacaxi com e sem aditivos em diferentes tempos de armazenamento

Item	Tratamentos (T)			Tempos armazenamento - TA (dias)			EPM	Valor de P		
	silRECA <sup>1</sup>	silRECA +FM <sup>2</sup>	silRECA+ FT <sup>3</sup>	60	90	120		T	TA	TxTA
Massa específica (kg MS/ m <sup>3</sup> )	182,6b	282,39 <sup>a</sup>	284,81 <sup>a</sup>	242,19	255,52	252,1	6,14	<,0001	0,2965	0,4668
Índice de recuperação de matéria seca (%)	91,89	90,83	93,24	93,03 <sup>a</sup>	95,07 <sup>a</sup>	87,86b	1,33	0,4526	0,0022	0,7280
Perda total de MS (% MS)	8,19	9,17	6,76	7,05b	4,93b	12,13a	1,32	0,4430	0,0021	0,7456
Perda por gases (% MS)	0,41	1,5	1,67	1,20	1,20	1,20	0,05	<,0001	0,9978	0,0307
Perdas por efluentes (kg/ton MV)	139,35	110,78	57,22	68,71	79,52	159,12	5,32	<,0001	<,0001	0,0298

<sup>1</sup>Silagem de resto de cultura do abacaxi; <sup>2</sup> Silagem de resto de cultura do abacaxi aditivada com fubá de milho; <sup>3</sup> Silagem de resto de cultura do abacaxi aditivada com farelo de trigo. Médias seguidas de letras distintas, diferem pelo teste de Tukey (5%)

**Tabela 4.** Desdobramento da interação entre os efeitos do uso de aditivos e tempo de armazenamento sobre a perdas por gases e produção de efluentes das silagens de RECA

Tratamentos	Tempo de armazenamento (dias)			EPM	Valor de P
	60	90	120		
Perdas por gases (% MS)					
silRECA <sup>1</sup>	0,35Ba	0,52bA	0,36bA		
silRECA+FM <sup>2</sup>	1,68aA	1,36aA	1,57aA	0,08	0,0307
silRECA+FT <sup>3</sup>	1,58aA	1,73aA	1,69aA		
Produção de efluentes (kg/ton MV)					
silRECA <sup>1</sup>	105,15aB	98,32aB	214,59aA		
silRECA+FM <sup>2</sup>	72,64aB	98,92aB	160,79bA	9,22	0,0298
silRECA+FT <sup>3</sup>	23,36bB	41,33bB	101,97cA		

<sup>1</sup> Silagem de Resto de cultura do abacaxi; <sup>2</sup> Silagem de Resto de cultura do abacaxi aditivado com fubá de milho; <sup>3</sup> Silagem de Resto de cultura do abacaxi aditivada com farelo de trigo. Para cada variável, médias seguidas de letras distintas (maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas) diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05).

As maiores perdas por gases nas silagens aditivadas podem ter ocorrido, possivelmente, pela maior quantidade de compostos de fermentação mais fácil presentes nos aditivos utilizados, os quais são consumidos pelas bactérias e resultam em maior produção de gases durante o processo.

As bactérias homofermentativas atuam no processo de fermentação utilizando a glicose como substrato e produzindo ácido lático, porém, podem ocorrer fermentações pelas bactérias heterofermentativas. Nesse caso, pode ocorrer a produção de gás carbônico (CO<sub>2</sub>), etanol e manitol resultando em maiores perdas por gases (SILVA et al., 2017).

O tempo de armazenamento das silagens por 120 dias levou a maior (P<0,05) produção de efluentes em todos os tratamentos (Tabela 4). Dentro dos tempos de armazenamento de 60 e 90 dias, as silagens controle e as silagens aditivadas não diferiram quanto a produção de efluentes, porém o tratamento controle e o tratamento aditivado com fubá de milho produziram efluentes em maior quantidade, em relação aquelas aditivadas com farelo de trigo. Já dentro dos 120 dias de armazenamento, houve maior produção de efluentes na silRECA (214,59 kg/ ton MV) que nos demais tratamentos, de modo que nas silRECA+FM esta produção foi superior que nas silRECA+FT (160,79 e 101,97 kg/ ton MV, respectivamente).

A quantidade de efluente que pode ser produzido em um silo é influenciado, principalmente, pelo conteúdo de matéria seca da espécie forrageira ensilada e pelo grau de compactação (CASTLE & WATSON, 1973). Os aditivos utilizados (fubá de milho e farelo de trigo) apresentam alto teor de matéria seca e reduzido tamanho de partícula, o que colaborou para menor produção de efluentes nas silagens aditivadas. Segundo Jones e Jones (1996) a capacidade de retenção do aditivo absorvente varia com o tipo de material utilizado, de modo que materiais mais fibrosos apresentam maior retenção que grãos de cereais. Outra característica que afeta a capacidade de retenção do aditivo é o grau de moagem, pois materiais finamente moídos retêm mais umidade em comparação a outros não moídos ou moídos grosseiramente (FARIA et al., 2010). Com isso é possível inferir que o fubá de milho e farelo de trigo, empregados no presente estudo apresentaram ação efetiva como aditivos absorventes.

É importante evitar essas perdas para se obter maior qualidade da silagem, visto que o efluente das silagens é formado, em sua maior parte, por açúcares e ácidos orgânicos, que são lixiviados e direcionados para o interior do silo ocasionando perdas significativas do valor nutritivo durante a conservação de silagens- (RIBEIRO et al., 2010; SILVA, 2017). O benefício

dos aditivos pode ser comprovado pela redução de perdas na forma de efluente, assim como pela menor ocorrência de fermentações indesejáveis. A inclusão de aditivos absorventes é uma alternativa viável, pois reduz o escape de nutrientes altamente digestíveis via efluentes (SILVA et al., 2017).

Os valores da composição química das silagens de RECA com e sem aditivos, em diferentes tempos de armazenamento estão apresentados na Tabela 5. Houve interação significativa ( $P < 0,05$ ) entre os efeitos dos tratamentos e o tempo de armazenamento para os teores de FDA, DIVMS e DIVFDN.

As silagens aditivadas com farelo de trigo apresentaram maior ( $P < 0,05$ ) valor de pH (3,82) em relação ao tratamento com adição de fubá de milho e ao tratamento sem aditivos (3,66 e 3,70, respectivamente). A relação açúcar-proteína é um importante fator que influencia o desenvolvimento do pH de silagens. O açúcar promove a produção de ácido lático, enquanto as proteínas são degradadas a amônia e ácidos graxos menos fortes que o ácido LÁTICO (VAN SOEST, 1994). No presente estudo, a relação CSA-Proteína dos materiais ensilados foi de 2,17; 1,93 e 0,79 para RECA, RECA+FM e RECA+FT, respectivamente. Assim, a baixa relação mencionada para a mistura RECA+FT pode justificar os maiores valores de pH encontrados no tratamento silRECA+FT. No entanto, cabe destacar que todos os tratamentos apresentaram valores de pH dentro da faixa (3,6 a 4,2) considerável ótima por Mc Donald et al. (1991).

O tratamento sem inclusão de aditivos apresentou maior ( $P < 0,05$ ) teor de N-NH<sub>3</sub> (8,61 % Ntotal) em comparação aos tratamentos aditivados com fubá de milho e farelo de trigo (5,69 e 5,15 % Ntotal, respectivamente). O maior valor de N-NH<sub>3</sub> observado nas silagens de RECA, pode indicar a ocorrência de maior proteólise neste tratamento. Porém, a partir dos valores encontrados para esta variável, nota-se que as silagens estudadas apresentaram fermentações adequadas em todos os tratamentos, visto que, de acordo com Monteiro (2011), o N-NH<sub>3</sub> que é produto de fermentações clostrídicas, não deve ultrapassar de 11-12% do nitrogênio total em silagens bem conservadas. O valor de pH também influencia na redução do N-NH<sub>3</sub>, isso porque parte das proteases são inativadas.

As silagens aditivadas com fubá de milho e farelo de trigo apresentaram maior ( $P < 0,05$ ) teor de MS (298,87 e 297,56 g/kg, respectivamente) em relação ao tratamento controle (182,07 g/kg). Os aditivos se mostraram efetivos na elevação do teor de MS, alcançando valores que, segundo Macêdo et al. (2017), são considerados satisfatórios para proporcionar um ambiente anaeróbio adequado para a ocorrência do processo fermentativo, apresentando qualidade na

fermentação desse material e uma boa conservação da silagem. Os níveis ideais de MS preconizados por Muck (1998), variam de 30 a 35% e, segundo Oliveira (1997), a utilização de forrageiras com teores inferiores a 26% de MS pode comprometer a qualidade final da silagem, enquanto valores acima de 35%, dificultam a compactação no interior da silagem.

Zanine et al. (2006) avaliando silagens de capim elefante, adicionaram farelo de trigo (15 e 30% com base na matéria natural) na ensilagem do capim-elefante contendo 20,45% de MS, verificaram teores de MS na massa de 36,50 e 43,95%, respectivamente.

Os tratamentos silRECA e silRECA+FT apresentaram maiores teores de MM (69,6 e 58,7g/kg). Houve efeito ( $P < 0,05$ ) para o teor de MO, nas silagens aditivadas com fubá de milho, as quais se destacaram com valor mais elevado (249,88g/kg). O aumento de MM nas silagens de RECA sem aditivo e aditivada com milho, e o aumento de MO encontrado nas silagens aditivadas com milho, podem ser decorrentes dos valores das duas variáveis citadas na composição química do RECA e do fubá de milho (Tabela 1) antes da ensilagem.

**Tabela 5.** Valores médios da composição química e perdas de matéria seca de silagens de Resto de Cultura do abacaxi confeccionadas com ou sem aditivos absorventes, armazenadas por diferentes tempos

Item	Tratamento (T)			Tempo de abertura (TA, dias)			EPM	Valor de P		
	silRECA <sup>3</sup>	silRECA+ FM <sup>4</sup>	silRECA+ TRI <sup>5</sup>	60	90	120		T	TA	T x TA
pH	3,70b	3,66b	3,82a	3,69	3,74	3,74	0,03	0,0054	0,4648	0,3144
N-NH <sub>3</sub> <sup>1</sup>	8,61a	5,69b	5,17b	6,85	6,24	6,35	0,39	<0,0001	0,5087	0,6292
Matéria seca (g/kgMN)	182,07b	298,87a	297,56a	251,36	263,36	263,79	3,93	<0,0001	0,0552	0,3166
Matéria mineral (g/kgMS)	75,48 <sup>a</sup>	50,12b	70,15a	64,83	67,59	63,33	1,53	<0,0001	0,1567	0,5801
Matéria orgânica (g/kgMS)	924,52b	949,88 <sup>a</sup>	929,86b	935,17	932,42	936,67	1,53	<0,0001	0,1567	0,5801
Proteína bruta (g/kgMS)	69,37c	82,23b	122,61a	85,13b	95,65a	93,43 <sup>a</sup>	2,40	<0,0001	0,0111	0,3127
Proteína solúvel (% PB)	50,21a	32,81b	40,41b	38,22	41,44	43,78	2,36	<,0001	0,2640	0,4189
Extrato etéreo (g/kgMS)	32,37	39,79	34,29	34,54	33,65	38,35	2,34	0,0836	0,3280	0,5112
Fibra detergente neutro (g/kgMS)	456,25a	251,93c	395,36b	365,05	373,66	365,66	6,32	<0,0001	0,7199	0,1554
Fibra detergente neutro cp (g/kgMS)	417,27a	236,70a	382,88a	358,09	338,22	340,54	9,84	<0,0001	0,3038	0,7682
Fibra detergente ácido (g/kgMS)	332,95	164,44	235,79	237,09	253,77	241,77	4,57	<0,0001	0,0497	0,0386
Proteína insolúvel em aetergente ácido (%PB)	11,02	8,4	8,05	10,30	8,41	8,84	0,48	0,0003	0,0242	0,0016

<sup>1</sup>Nitrogênio amoniacal (% Ntotal); <sup>2</sup> Carboidrato Solúvel em Água remanescente nas silagens (g/kgMS); <sup>3</sup>. Silagem de Resto de cultura do abacaxi; <sup>4</sup> Silagem de Resto de cultura do abacaxi aditivado com fubá de milho; <sup>5</sup>Silagem de Resto de cultura do abacaxi aditivada com farelo de trigo. Médias nas linhas seguidas de letras distintas, diferem pelo teste de Tukey (5%)

Os maiores ( $P < 0,05$ ) teores de PB foram registrados para as silagens aditivadas em relação as silagens confeccionadas apenas com o resto de cultura, sendo as aditivadas com farelo de trigo as de maior valor proteico (122,61g/kg). Cabe evidenciar que houve aumento no teor de PB com o aumento do tempo de armazenamento. Por outro lado, o tratamento silRECA apresentou mais proteína solúvel (% da PB) que as silagens aditivadas (Tabela 5).

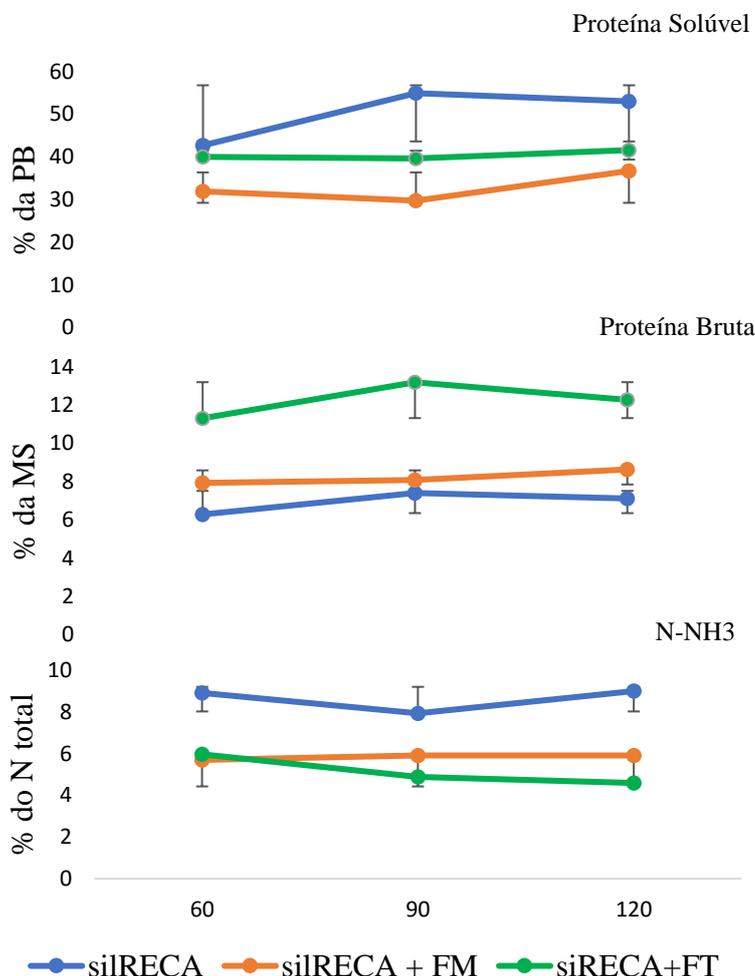
Os menores teores de PB apresentados no silRECA, provavelmente tenha sido devido as perdas de compostos nitrogenados por lixiviação através da produção de efluentes, uma vez que foi este tratamento que apresentou maior produção de efluente (Tabela 4). Neste tratamento também pode ser observada a ocorrência de maior proteólise, através do maior teor de N-NH<sub>3</sub>, que acarreta na redução do valor de PB. Os maiores teores de PB nas silagens aditivadas podem estar relacionados ao teor mais elevado desta variável nos aditivos antes da ensilagem (Tabela 2). Em estudo com silagem de cana de açúcar com diferentes níveis de farelo de babaçu, Rezende et al. (2011), observaram que, a maior concentração de farelo obteve-se o maior teor de PB (8,9%), e na menor concentração, os teores proteicos reduziram para 7% de PB.

O aumento no teor de PB nos maiores tempos de armazenamento (90 e 120 dias), possivelmente, ocorreu devido à maior perda por efluentes que concentrou os nutrientes na MS elevando o percentual de proteína. Segundo Neto et al. (2009), a maior concentração de PB em tempos de abertura mais prolongados, indica maior perda de carboidratos solúveis em função das perdas por efluentes e produção de gás.

A mensuração da solubilidade da proteína tem sido uma alternativa para a obtenção do valor de degradabilidade em alimentos proteicos. Apesar das silagens de RECA apresentarem maior teor de proteína solúvel, é importante ressaltar que estas podem sair do rúmen intactas proporcionalmente em maior quantidade que as insolúveis, devido à sua associação com a fase líquida e, portanto, ficarem menos tempo no rúmen, além da pouca suscetibilidade à degradação pelas enzimas ruminais (MEIDEIROS et al., 2015).

Pela Figura 1 percebe-se que o tempo de armazenamento não alterou significativamente ( $P > 0,05$ ) os conteúdos de N-NH<sub>3</sub> (% da N<sub>total</sub>) e de proteína solúvel (% da PB), que são produtos da degradação proteica. Isso indica que não ocorreu a proteólise acentuada ao longo do tempo de armazenamento das silagens. No entanto, é importante enfatizar que as silagens sem aditivos mostraram valores mais elevados ( $P > 0,05$ ) de N-NH<sub>3</sub> e proteína solúvel em todos os tempos de

armazenamento das silagens, que podem sinalizar o efeito positivo do uso dos aditivos sobre a preservação da fração proteica das silagens.



**Figura 2.** Concentrações de proteína bruta (% da MS), proteína solúvel (% da PB) e Nitrogênio-amoniaco (% da MS) de silagens de restos de cultura do abacaxi (RECA) sem aditivos e aditivadas com fubá de milho (silRECA+FM) ou com farelo de trigo (silRECA+FT).

Os aditivos utilizados no presente estudo contribuíram para a redução ( $P < 0,05$ ) dos teores de FDN e FDNcp da massa ensilada, enquanto as silagens de RECA apresentaram maior valor para estas variáveis. A redução do FDN e FDNcp nas silagens aditivadas pode ser explicada pelo menor teor de FDN dos aditivos utilizados (Tabela 6), e pela menor produção de efluente nas silagens aditivadas (Tabela 5).

Os teores de FDN dos tratamentos RECA (456,2g/kg), RECA+FM (251,9g/kg) e RECA+FT (395,3g/kg) estão dentro da faixa limite entre 55% a 60%, recomendado por Van Soest (1994), para que não haja inibição no consumo e digestibilidade da MS.

Os maiores valores de FDN e FDNcp encontrados nas silagens de RECA podem ser explicados pelo alto teor dessa variável no material antes da ensilagem (Tabela 2) e acentuado pelo maior consumo dos carboidratos solúveis durante a fermentação, fator que acaba concentrando o material fibroso nas silagens. Altas concentrações de FDN são indesejáveis porque podem afetar o funcionamento do rúmen e podem limitar a ingestão de alimentos pelos animais ruminantes, resultando em redução do potencial de produção (MERTENS, 1997).

Os desdobramentos da interação entre o efeito do aditivo e o tempo de armazenamento para as variáveis FDA e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) estão apresentados na Tabela 6. O tempo de armazenamento não alterou significativamente o teor de FDA nos tratamentos com inclusão de aditivo, porém para o tratamento de RECA houve aumento aos 90 dias de armazenamento. Dentro de cada tempo de armazenamento foi observado que o teor de FDA nas silagens de RECA foram superiores ( $P < 0,05$ ) em comparação as silagens com aditivos.

Os maiores teores de FDA, no tratamento sem utilização de aditivo e aos 90 e 120 dias de armazenamento, podem ser explicados pelos menores teores de MS observado neste processo que propiciou maior perda de componentes solúveis, o que pode ser observado através da maior perda de efluentes no tratamento citado (Tabela 4) e também nos maiores períodos de armazenamento dessas silagens aumentando, desta forma, os componentes da fração fibrosa (McDONALD et al., 1991).

**Tabela 6.** Desdobramentos da interação entre os efeitos do tratamento e tempo de armazenamento sobre os valores de FDA e PIDA das silagens de RECA com e sem aditivos

Tratamentos	Tempo de armazenamento (dias)			EPM	Valor de P
	60	90	120		
Fibra em detergente ácido (g/kg MS)					
silRECA <sup>1</sup>	310,37aB	351,15aA	337,33aB		
silRECA+FM <sup>2</sup>	171,35cA	170,78cA	151,20cA	7,91	0,0386
silRECA+FT <sup>3</sup>	231,20bA	239,38bA	236,79bA		
Proteína Insolúvel em Detergente Ácido (%PB)					
silRECA <sup>1</sup>	10,78aA	9,74aA	12,54aA		
silRECA+FM <sup>2</sup>	11,83aA	7,44aB	6,16bB	0,82	0,0016
silRECA+FT <sup>3</sup>	8,29bA	8,05aA	7,82bA		

<sup>1</sup>Resto de cultura do abacaxi; <sup>2</sup>Resto de cultura do abacaxi + fubá de milho; <sup>3</sup>Resto de cultura do abacaxi + de farelo de trigo. Para cada variável, médias seguidas de letras distintas (maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas) diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05), respectivamente.

A fração dos compostos nitrogenados ligada à porção insolúvel em detergente ácido da parede celular (PIDA) tem sido empregada como preditor do potencial de aproveitamento proteico nos alimentos (HENRIQUES et al., 2007).

O efeito tempo de armazenamento alterou significativamente o teor PIDA apenas para o tratamento com inclusão de fubá de milho como aditivo, que mostrou redução dos valores desta variável nos tempos de 90 e 120 dias. Dentro do tempo de armazenamento de 60 dias, o menor valor de PIDA foi do tratamento silRECA+FT. No tempo de 120 dias de armazenamento, as silagens aditivadas apresentaram resultados inferiores em relação a silagem de RECA sem aditivo. A maior fração dessa variável nas silagens sem aditivos pode estar relacionada a maior fração da parede celular e indica que maior quantidade de proteína não poderá ser aproveitada pelo animal.

#### 4.2 Digestibilidade *in vitro*

Houve interação significativa entre os fatores para as variáveis DIVMS e DIVFDN (Tabela 7). A silagem aditivada com fubá de milho apresentou a maior (P<0,05) DIVMO (750,96 g/kg), seguida daquela aditivada com farelo de trigo (592,61). A silagem sem aditivos foi a que mostrou a menor DIVMO (509,60 g/kg). Os valores mais elevados da DIVMO nas silagens com inclusão de fubá de milho, possivelmente ocorreram pelo menor teor de componentes da parede celular desse aditivo, o que resultam em maiores valores de digestibilidade.

**Tabela 7.** Digestibilidade *in vitro* da matéria seca, da matéria orgânica e da fibra em detergente neutro e nutrientes digestíveis totais de silagens de resto de cultura do abacaxi confeccionadas com ou sem aditivos absorventes, armazenadas por diferentes tempos.

Item	Digestibilidade <i>in vitro</i> (g/kg MS)				NTD <sup>4</sup>
	Matéria seca	Matéria Orgânica	Fibra em detergente neutro		
Tratamentos (T)	SilReca <sup>1</sup>	530,22	509,60 c	515,73	471,18c
	SilRECA+FM <sup>2</sup>	739,72	750,96 a	704,77	713,48 a
	silRECA+FT <sup>3</sup>	612,85	592,61b	603,94	551,02b
Tempo armazenamento (TA, dias)	60	630,54	621,02a	614,37	581,69
	90	612,99	596,58b	593,38	557,19
	120	639,26	635,57 <sup>a</sup>	616,69	596,80
Erro padrão da média		7,31	10,17	8,46	9,87
Valor de P	T	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	TA	0,0502	0,0366	0,1194	0,0280
	Tx TA	0,0338	0,0533	0,0199	0,0573

<sup>1</sup> Silagem de Resto de cultura do abacaxi; <sup>2</sup> Silagem de Resto de cultura do abacaxi aditivado com fubá de milho; <sup>3</sup> Silagem de Resto de cultura do abacaxi aditivada com farelo de trigo; <sup>4</sup>Nutrientes Digestíveis Totais (g/Kg MS). Médias nas colunas seguidas de letras distintas, diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As silagens aditivadas exibiram os maiores teores de NDT (Tabela 7), de modo que aquelas que receberam fubá de milho tiveram os valores mais elevados (713,48 g/kg), seguidos por aquelas aditivadas com farelo de trigo (551,02 g/kg). Os efeitos da fermentação da silagem sobre a digestibilidade normalmente são considerados pequenos. O fator que mais impacta sobre a digestibilidade é a maior quantidade de nutrientes menos digestíveis, em relação aos componentes mais solúveis das plantas (McDonald et al., 1991), embora outros fatores como o tamanho de partícula exerça uma função menor, mas importante. Por outro lado, à medida que foram adicionados cereais como aditivos das silagens de RECA, que apresentam maior valor energético e melhor digestibilidade que o RECA, entende-se os resultados de NDT encontrados.

Os resultados do desdobramento da interação entre os fatores mostraram que não houve efeito ( $P > 0,05$ ) do tempo de armazenamento dentro de cada tratamento sobre a DIVMS das silagens. No entanto, as silagens aditivadas com fubá de milho apresentaram maior ( $P < 0,05$ ) DIVMS dentro de cada tempo de armazenamento (Tabela 8), fato que pode ser atribuído ao

menor teor de fibra deste aditivo antes da ensilagem o que, de acordo com Huuskonen (2013), fornece material com alto potencial de digestão.

**Tabela 8.** Desdobramento da interação entre os efeitos do tratamento e tempo de armazenamento sobre a Digestibilidade *in vitro* da matéria seca e da fibra em detergente neutro das silagens de RECA com e sem aditivos

	Tempo de armazenamento (dias)			EPM	Valor de P
	60	90	120		
Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (g/kg MS)					
silRECA <sup>1</sup>	553,80cA	500,17cA	536,70cA		
silRECA+FM <sup>2</sup>	721,26aA	726,62aA	771,27aA	12.66	0,0338
silRECA+FT <sup>3</sup>	616,56bA	612,18bA	609,81bA		
Digestibilidade <i>in vitro</i> FDN (g/kg MS)					
silRECA <sup>1</sup>	555,97bA	472,69cB	518,52cAB		
silRECA+FM <sup>2</sup>	694,12aA	701,72aA	718,45aA	14.65	0,0199
silRECA+FT <sup>3</sup>	593,01bA	605,74bA	613,08bA		

<sup>1</sup>Resto de cultura do abacaxi; <sup>2</sup>Resto de cultura do abacaxi + fubá de milho; <sup>3</sup>Resto de cultura do abacaxi + de farelo de trigo. Para cada variável, médias seguidas de letras distintas (maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas) diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05), respectivamente.

O aumento do tempo de armazenamento das silagens reduziu a DIVFDN apenas para tratamento silRECA. Entretanto, dentro de cada tempo de armazenamento, as silagens aditivadas com fubá de milho mostraram a maior DIVFDN que as demais. Assim, pode-se inferir que dentre as frações que compõem a FDN da silRECA+FM parece ser menor que as demais silagens.

### 4.3. Estabilidade aeróbia das silagens

Na Tabela 9 estão dispostos os valores médios da composição química das silagens de RECA com e sem inclusão de aditivos, em diferentes tempos exposição ao ar. Os resultados apontaram que houve interação significativa (P<0,05) entre tratamento e tempo de armazenamento para todas as variáveis, exceto pH e PB. Já a interação entre tratamento e tempo de exposição das silagens ao ar foi significativa apenas para produção de CO<sub>2</sub>. No entanto, a interação entre tempo de armazenamento e tempo de exposição ao ar foi significativa (P>0,05) para pH, produção de CO<sub>2</sub>, N-NH<sub>3</sub>, MS e PB.

O tratamento silRECA+FT, mesmo após exposição ao ar, continuou apresentando os maiores (P<0,05) teores de PB (Tabela 9), seguido pelo tratamento silRECA+FM e o controle

(116,53; 85,60 e 63,84 g/kg MS, respectivamente). O maior teor de PB nos aditivos antes da ensilagem (Tabela 2), contribuiu-para o aumento dessa variável nas silagens aditivadas, mesmo após a exposição das silagens ao ar.

O aumento do tempo de exposição ao ar ( $P<0,05$ ) provocou redução no teor de MO das silagens, em especial a partir do 3º dia de exposição. Cabe esclarecer que quando as silagens estão sujeitas à deterioração por bactérias aeróbias, os açúcares solúveis são rapidamente utilizados por fungos e leveduras, após abertura dos silos (BERNARDES et al., 2009). Assim, é possível inferir que a oxidação dos componentes solúveis das silagens do presente estudo, pelos microrganismos aeróbios, se intensificou a partir do 3º dia após exposição ao ar.

Verifica-se que os teores de FDN foram maiores ( $P<0,05$ ) quando as silagens permaneceram mais tempo em exposição ao ar, sendo a maior diferença registrada no 9º dia de exposição (395,22) em relação aos outros tempos avaliados. Fato que corrobora com a afirmação de que o consumo de materiais mais solúveis pode levar a uma maior concentração dos componentes mais fibrosos nas silagens.

Velho et al. (2006) avaliaram as alterações bromatológicas nas silagens de milho submetidas a crescentes tempos (12, 24 e 36 horas) de exposição ao ar e observaram que houve redução no valor nutricional das silagens por meio de significativos aumentos nos teores de fibra em detergente neutro (51,47 e 53,33% para os tempos de 0 e 12 horas respectivamente ( $P<0,05$ ) e de outros componentes.

**Tabela 9.** Valores médios da composição químico-bromatológica de silagens de resto de cultura de abacaxi, aditivadas ou não, após exposição ao ar

Item	Item								
	pH	CO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	MS	MM	MO	PB	FDN	
Tratamentos (Trat)	SilReca <sup>1</sup>	3,74b	1,20	8,97	195,61	74,87	924,16	63,84 c	460,01
	Sil RECA+FM <sup>2</sup>	3,72b	0,59	5,45	309,79	50,42	949,58	85,60 b	256,78
	silRECA+FT <sup>3</sup>	3,87 <sup>a</sup>	1,42	6,22	290,13	67,74	932,25	116,53 <sup>a</sup>	405,43
Tempo de armazenamento (TA, dias)	60	3,79	1,10	6,76	257,75	66,36	931,67	85,95	371,71
	90	3,75	0,86	6,53	266,91	63,25	936,75	89,86	381,57
	120	3,79	1,24	7,35	270,86	63,42	936,57	90,17	368,9
Tempo de exposição ao ar (TE dias)	1	3,78	0,26	6,49	267,03	63,96ab	936,04ab	90,33	370,84b
	3	3,71	0,55	6,8	271,88	61,93b	938,07a	85,60	358,96 b
	6	3,74	1,44	7,25	261,79	64,50 a	933,85b	88,54	371,28 b
	9	3,73	2,01	6,97	260,01	66,99a	933,37b	90,16	395,22a
PM	Trat; TA	0,1562	0,0970	0,2372	3,2464	0,6436	0,6377	1,0431	4,0338
	TE	0,0276	0,1286	0,2436	3,0415	0,6773	0,8167	1,1318	4,5064
Valor P	Trat	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
	TA	0,1024	0,0395	0,0667	0,0344	0,0030	0,0030	0,0203	0,0805
	TE	0,0051	0,0001	0,1132	0,0295	0,0004	0,0004	0,0164	<,0001
	Trat x TA	0,7428	0,0021	0,0014	0,0047	0,0478	0,0478	0,4757	0, 0027
	Trat x TE	0,8520	<,0001	0,3441	0,2030	0,2566	0,2566	0,4354	0,0544
	TAxTE	0,0342	0,0060	0,0201	0,0155	0,9817	0,9817	<,0001	0,2567
	Trat x TA x TE	0,8811	0,0032	<,0001	0,0014	0,8201	0,8201	0,1322	0,4550

<sup>1</sup>Silagem de resto de cultura do abacaxi; <sup>2</sup> Silagem de resto de cultura do abacaxi aditivado com fubá de milho; <sup>3</sup> Silagem de resto de cultura do abacaxi aditivadas com farelo de trigo. Médias seguidas de letras distintas para a mesma variável, diferem pelo teste de Tukey (5%)

Houve interação ( $P < 0,05$ ) entre aditivo x tempo de armazenamento, bem como aditivo x tempo de exposição ao ar para os valores de pH das silagens (Figura 2). As silagens aditivadas com farelo de trigo, após exposição ao ar, apresentaram os maiores valores de pH em todos os tempos de armazenamento. No entanto, após o 3º dia de exposição as silRECA+FT armazenadas por 120 dias, passaram a apresentar maior valor de pH que as demais. Já as silagens sem aditivo ou as aditivadas com fubá de milho, independente do tempo de armazenamento, não mostraram alterações significativas ao longo do tempo de exposição ao ar. Para as silagens sem aditivos, considerando a elevada umidade do material ensilado,

especula-se que a atividade das bactérias produtoras de ácido lático tenha sido inibida ou reduzida, e favorecido a fermentação acética, o que provavelmente levou a queda mais lenta do pH ao longo do processo de fermentação no silo. Contudo, quando os silos foram abertos, o ácido acético pode ter sido consumido como fonte de energia pelos os microrganismos envolvidos na deterioração aeróbia (Mc Donald et. 1991). Fato que pode ser suportado pelos resultados da produção de CO<sub>2</sub> (Figura 3).

Por outro lado, as silagens aditivadas com fubá de milho, em todos os tempos de armazenamento, o pH após a abertura dos silos permaneceu baixo o suficiente para inibir o crescimento de fungos até o 3º dia de exposição. Porém, o armazenamento desse mesmo tratamento por 120 dias levou a um pico de pH aos 6 dias de exposição, coincidente com a produção de CO<sub>2</sub> (Figura 3), indicando que o prolongamento do tempo de armazenamento interfere negativamente sobre a estabilidade aeróbia destas silagens.

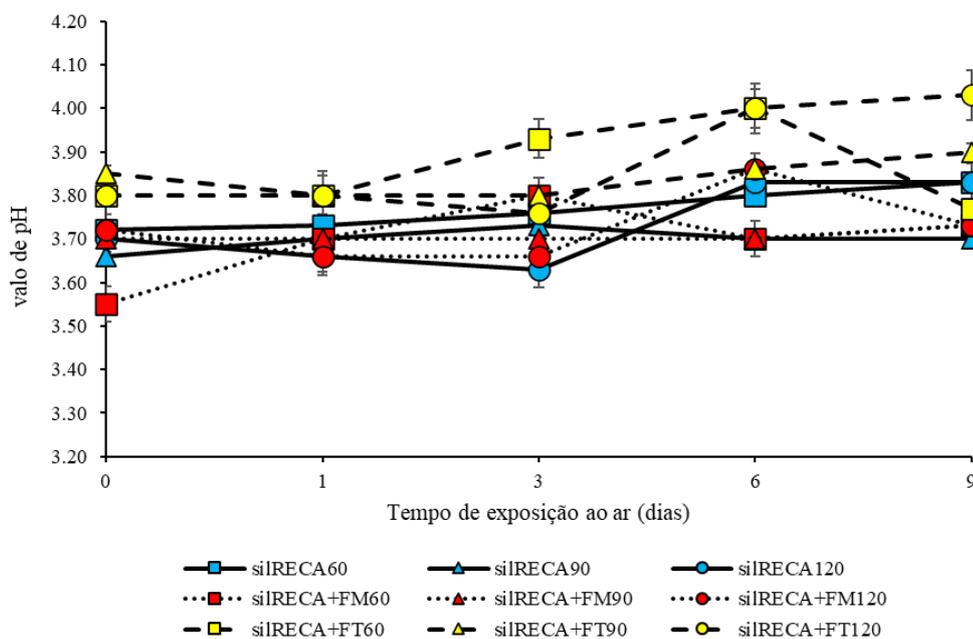


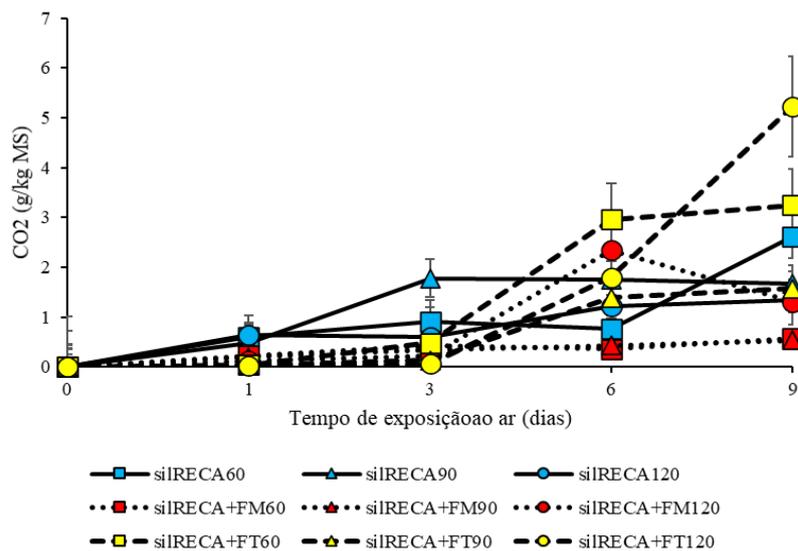
Figura 2: pH de silagens de restos de cultura do abacaxi sem aditivo (silRECA), aditivada com fubá de milho (silRECA+FM) e aditivada com farelo de trigo (silRECA+FT) de acordo com o tempo de armazenamento (60, 90 e 120 dias) e o tempo de exposição ao ar (0, 1, 3, 6 e 9 dias).  $P = 0,0014$  para interação aditivo  $\times$  armazenamento.  $P = 0,8520$  para interação aditivo  $\times$  exposição ao ar.  $P = 0,0342$  para interação armazenamento  $\times$  exposição ao ar.  $P = 0,8811$  para interação aditivo  $\times$  armazenamento  $\times$  exposição ao ar.

A exposição da silagem ao ar pode iniciar o processo de deterioração aeróbia da massa e da atividade de leveduras assimiladoras de lactato, que metabolizam carboidratos solúveis e fermentam produtos finais em dióxido de carbono e água (TABACCO et al., 2011). Assim, a mensuração da quantidade de CO<sub>2</sub> em silagens expostas ao ar contribui para caracterizar a velocidade com que ocorre a deterioração de silagens (HONING E WOOLFORD, 1979).

Desse modo, ao observar a Figura 3, é possível perceber que as silagens controle tiveram aumento na produção de CO<sub>2</sub> a partir do primeiro dia de exposição ao ar, mas esta produção se permaneceu relativamente estável e inferior a das silagens aditivadas até o final do período de exposição, possivelmente pelo esgotamento dos substratos energéticos para microrganismos aeróbios.

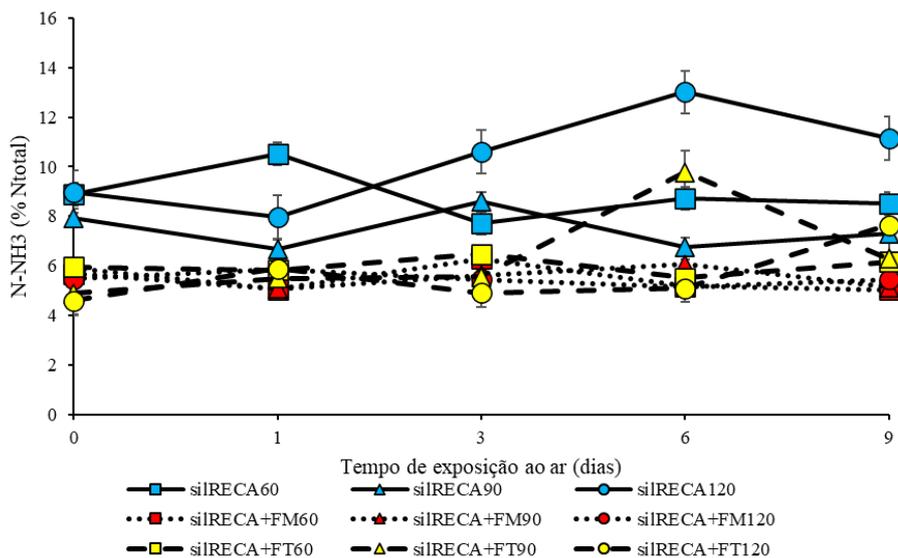
Já as silagens aditivadas apresentaram maior produção a partir do dia 6. Fato que mostra a eficiência dos aditivos utilizados em retardar o processo de deterioração e manter as silagens estáveis por mais tempo, após abertura dos silos. No entanto, a partir do 6º dia de exposição a produção de CO<sub>2</sub> no tratamento silRECA+FT, sobretudo os que permaneceram 120 dias armazenados, passou a ser maior ( $P>0,05$ ) que dos demais tratamentos. Resultado que não ocorreu para o tratamento silRECA+FM, possivelmente justificado pH mais baixo destas silagens, bem como pelos tipos de açúcares que compõem a fração dos carboidratos destes aditivos. Segundo Malafaia et al. (1998) o farelo de trigo apresenta maior valor para a fração B2 e o menor valor para a fração A+B1 que o fubá de milho, o que provavelmente é consequência de sua maior percentagem de FDN.

Houve interação ( $P<0,05$ ) entre tratamentos x armazenamento e armazenamento x exposição ao ar para o teor de N-NH<sub>3</sub> (Figura 4). As silRECA, nos primeiros dias de exposição, seguiram o maior teor de N-NH<sub>3</sub> do momento de abertura dos silos, em relação aos tratamentos aditivados. A partir do 3º dia de exposição, as silagens armazenadas por 120 dias tiveram as concentrações de N-NH<sub>3</sub> elevada, pois certamente com o esgotamento das fontes mais solúveis para oxidação, os fungos passaram a usar a proteína remanescente nas silagens, o que pode ser confirmado pela redução dos valores de PB (Figura 5), nesse mesmo tratamento, também a partir do 3º dia de exposição ao ar.



**Figura 3.** Produção de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de silagens de restos de cultura do abacaxi sem aditivo (silRECA), aditivada com fubá de milho (silRECA+FM) e aditivada com farelo de trigo (silRECA+FT) de acordo com o tempo de armazenamento (60, 90 e 120 dias) e o tempo de exposição ao ar (0, 1, 3, 6 e 9 dias).  $P = 0,0021$  para interação aditivo  $\times$  armazenamento.  $P < 0,0001$  para interação aditivo  $\times$  exposição ao ar.  $P = 0,0060$  para interação armazenamento  $\times$  exposição ao ar.  $P = 0,0032$  para interação aditivo  $\times$  armazenamento  $\times$  exposição ao ar.

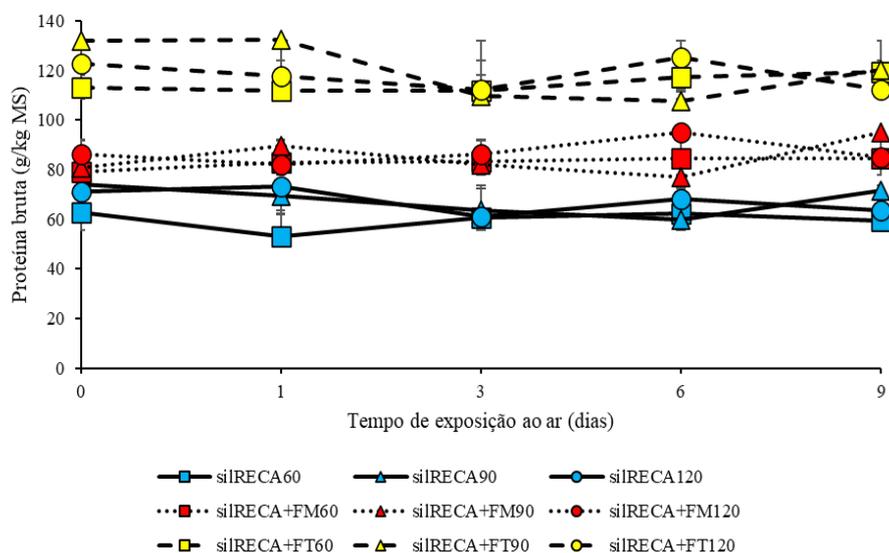
Entre as aditivadas, percebe-se que as silagens com inclusão de FT armazenadas por 90 dias apresentaram aumento do N-NH<sub>3</sub> (Figura 4) a partir do 3° dia de exposição ao ar, enquanto as aditivadas com milho apresentaram pouca variação para todos os tempos de abertura, mostrando que o FM foi mais efetivo como inibidor de deterioração aeróbia.



**Figura 4.** Nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) de silagens de restos de cultura do abacaxi sem aditivo (silRECA), aditivada com fubá de milho (silRECA+FM) e aditivada com farelo de trigo (silRECA+FT) de acordo com o tempo de armazenamento (60, 90 e 120 dias) e o tempo de exposição ao ar (0, 1, 3, 6 e 9 dias).  $P = 0,0014$  para interação aditivo  $\times$  armazenamento,  $P = 0,3441$  para interação aditivo  $\times$  exposição ao ar,  $P = 0,0201$  para interação armazenamento  $\times$  exposição ao ar,  $P < 0,0001$  para interação aditivo  $\times$  armazenamento  $\times$  exposição ao ar.

Na Figura 5 é possível observar a interação ( $p < 0,05$ ) entre armazenamento e tempo de exposição para PB. As silRECA e as silagens aditivadas com farelo de trigo, armazenadas aos 90 e 120 dias, passaram a apresentar redução nos teores de PB, indicando que houve atuação de microrganismos aeróbicos na degradação desse componente, e ressaltando mais uma vez que os tempos de armazenamento prolongados são prejudiciais à estabilidade aeróbica de silagens.

As silagens aditivadas com fubá de milho apresentaram pouca variação da PB em todos os tempos de abertura, garantindo a eficiência desse aditivo na manutenção estabilidade aeróbica.



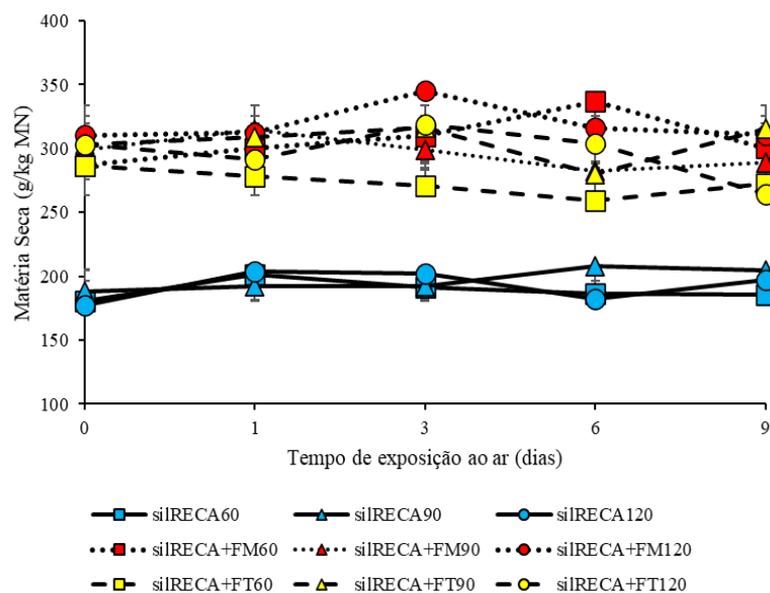
**Figura 5.** Proteína bruta de silagens de restos de cultura do abacaxi sem aditivo (silRECA), aditivada com fubá de milho (silRECA+FM) e aditivada com farelo de trigo (silRECA+FT) de acordo com o tempo de armazenamento (60, 90 e 120 dias) e o tempo de exposição ao ar (0, 1, 3, 6 e 9 dias).  $P = 0.4757$  para interação aditivo  $\times$  armazenamento,  $P = 0.4354$  para interação aditivo  $\times$  exposição ao ar,  $P < .0001$  para interação armazenamento  $\times$  exposição ao ar,  $P = 0.1322$  para interação aditivo  $\times$  armazenamento  $\times$  exposição ao ar.

Houve interação ( $P < 005$ ) entre tratamento  $\times$  armazenamento e armazenamento e tempo de exposição para variável MS (Figura 6). O tratamento sem inclusão de aditivos apresentou menor teor de MS em relação aos outros tratamentos, como já vinha apresentando no início do processo de ensilagem e no momento da abertura, porém não apresentou diferença entre os tempos de abertura ao longo dos dias de exposição ao ar.

O tratamento com inclusão de fubá de milho, armazenado por 90 e 120 dias apresentou elevação da MS ao 3º de exposição, bem como as silagens aditivadas com farelo de trigo

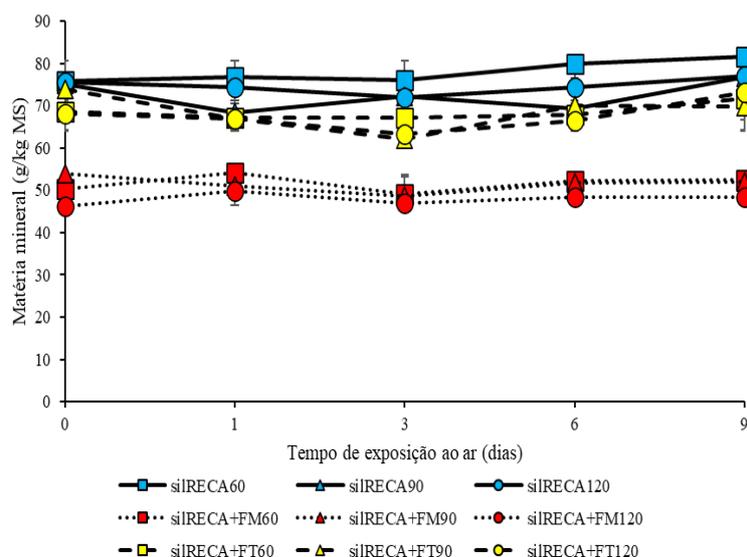
armazenadas por 120 dias. As silagens aditivadas apresentaram queda no teor de MS ao 6º dia de exposição ao ar, exceto o tratamento com inclusão de fubá de milho com 90 dias de armazenamento.

De acordo com Taylor et al. (2002), quando as silagens são expostas ao ar é inevitável que ocorra sua deterioração, podendo resultar em perda substancial de matéria seca, o que geralmente ocorre pela interação de atividades fúngicas e bacterianas.



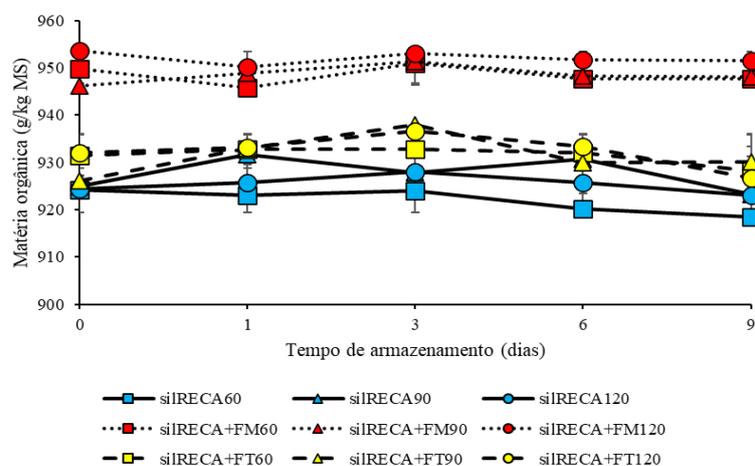
**Figura 6.** Matéria seca de silagens de restos de cultura do abacaxi sem aditivo (silRECA), aditivada com fubá de milho (silRECA+FM) e aditivada com farelo de trigo (silRECA+FT) de acordo com o tempo de armazenamento (60, 90 e 120 dias) e o tempo de exposição ao ar (0, 1, 3, 6 e 9 dias).  $P = 0,0047$  para interação aditivo  $\times$  armazenamento,  $P = 0,2030$  para interação aditivo  $\times$  exposição ao ar,  $P = 0,0155$  para interação armazenamento  $\times$  exposição ao ar,  $P = 0,0014$  para interação aditivo  $\times$  armazenamento  $\times$  exposição ao ar.

Houve interação ( $P < 0,05$ ) para as variáveis MM (Figura 7) e MO (Figura 8) apenas para aditivo  $\times$  tempo de armazenamento. O tratamento com inclusão de fubá de milho não apresentou diferença para os tempos de armazenamento, durante a exposição ao ar para as duas variáveis já citadas, enquanto o tratamento controle e o aditivado com milho, em todos os tempos de armazenamento, apresentaram aumento no teor de MM e conseqüentemente, redução no teor de MO a partir do 3º dia de exposição ao ar, o que pode ser explicado, possivelmente, pela ocorrência de mineralização dos nutrientes.



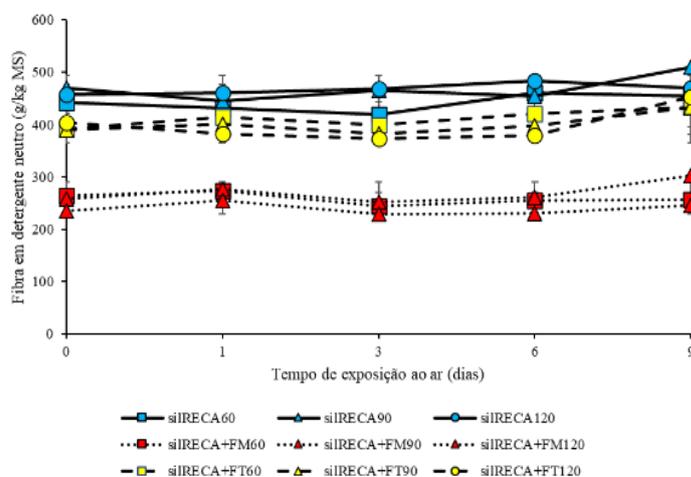
**Figura 7.** Matéria mineral de silagens de restos de cultura do abacaxi sem aditivo (silRECA), aditivada com fubá de milho (silRECA+FM) e aditivada com farelo de trigo (silRECA+FT) de acordo com o tempo de armazenamento (60, 90 e 120 dias) e o tempo de exposição ao ar (0, 1, 3, 6 e 9 dias).  $P = 0,0478$  para interação aditivo  $\times$  armazenamento,  $P = 0,2566$  para interação aditivo  $\times$  exposição ao ar,  $P = 0,9817$  para interação armazenamento  $\times$  exposição ao ar,  $P = 0,8201$  para interação aditivo  $\times$  armazenamento  $\times$  exposição ao ar.

O contato entre a silagem e o oxigênio em conjunto com a ação de microrganismos aeróbios são fatores que propiciam condições ideais para que ocorra a mineralização dos nutrientes, o que implica em perda de componentes potencialmente digestíveis e consumo de matéria orgânica (HONING e WOOLFORD, 1979). De acordo com McDonald et al. (1991), quando a silagem é exposta ao ar, os componentes solúveis são os primeiros a serem utilizados, resultando no aumento nos conteúdos de FDN, FDA e MM.



**Figura 8.** Matéria orgânica de silagens de restos de cultura do abacaxi sem aditivo (silRECA), aditivada com fubá de milho (silRECA+FM) e aditivada com farelo de trigo (silRECA+FT) de acordo com o tempo de armazenamento (60, 90 e 120 dias) e o tempo de exposição ao ar (0, 1, 3, 6 e 9 dias).  $P = 0,0478$  para interação aditivo  $\times$  armazenamento,  $P = 0,2566$  para interação aditivo  $\times$  exposição ao ar,  $P = 0,9817$  para interação armazenamento  $\times$  exposição ao ar,  $P = 0,8201$  para interação aditivo  $\times$  armazenamento  $\times$  exposição ao ar.

Para a variável FDN, houve interação apenas para aditivos x tempo de armazenamento (Figura 9). O tratamento silRECA, armazenado por 120 dias, apresentou redução da FDN ao 9º dia de exposição ao ar, o que pode ser explicado pela ação de microrganismos aeróbicos, que após cessarem o consumo de carboidratos mais solúveis e da proteína, passaram a consumir componentes da parede celular como fonte de energia, fato que pode ser comprovado pelo declínio na produção de N-NH<sub>3</sub>, indicando a redução na degradação de PB, neste mesmo tratamento e tempo de armazenamento aos 9 dias de exposição ao ar.



**Figura 9.** Fibra em detergente neutro de silagens de restos de cultura do abacaxi sem aditivo (silRECA), aditivada com fubá de milho (silRECA+FM) e aditivada com farelo de trigo (silRECA+FT) de acordo com o tempo de armazenamento (60, 90 e 120 dias) e o tempo de exposição ao ar (0, 1, 3, 6 e 9 dias).  $P = 0.0027$  para interação aditivo  $\times$  armazenamento,  $P = 0.054$  para interação aditivo  $\times$  exposição ao ar,  $P = 0.2567$  para interação armazenamento  $\times$  exposição ao ar,  $P = 0.4550$  para interação aditivo  $\times$  armazenamento  $\times$  exposição ao ar.

Para as silagens aditivadas com fubá de milho, observa-se que estas possuem menor valor de FDN que os demais tratamentos, consequência das características do próprio aditivo utilizado, porém não houve diferença para este tratamento em nenhum tempo de armazenamento, durante os dias de exposição ao ar.

Os valores referentes a digestibilidade da MS, MO e FDN das silagens que foram expostas ao ar estão apresentados na Tabela 10. Houve interação ( $P < 0,5$ ) entre tratamentos x tempos de armazenamento para DIVMS e DIVMO. A interação entre tempo de armazenamento e tempo de exposição ao ar foi significativa ( $P < 0,05$ ) tanto para DIVMO, quanto para DIVFDN.

**Tabela 10.** Valores médios da digestibilidade *in vitro* da matéria seca, da matéria orgânica e da fibra em detergente neutro de silagens de restos de cultura do abacaxi, confeccionada com e sem aditivos sequestrantes de umidade, expostas ao ar por 3 e 9 dias

Item		Digestibilidade <i>in vitro</i> (g/kg MS)		
		MS	MO	FDN
Tratamentos (Trat)	SilRECA <sup>1</sup>	594,73	571,48	504,54b
	Sil RECA+Mi <sup>2</sup>	790,07	787,77	807,65a
	silRECA+FT <sup>3</sup>	737,88	723,42	785,51a
Tempo de armazenamento- TA (dias)	60	692,45	663,10	723,83a
	90	688,02	682,44	726,35a
	120	737,92	737,13	647,53b
Tempo de exposição ao ar – TE (dias)	3	716,75a	708,17a	713,56
	9	691,64b	672,91b	699,64
EPM	Parcela	6,5534	14,2121	15,9909
	Subparcela	8,5237	12,4547	10,1427
Valor P	Trat	<,0001	<,0001	<,0001
	TA	<,0001	<,0001	<,0001
	TE	0,0029	0,0003	0,6052
	Trat x TA	<,0001	<,0001	0,1577
	Trat x TA x TE	0,3478	0,0213	0,1421
	TE x Trat	0,0833	0,0260	0,0137
	TE x TA	0,5739	0,5245	0,0969

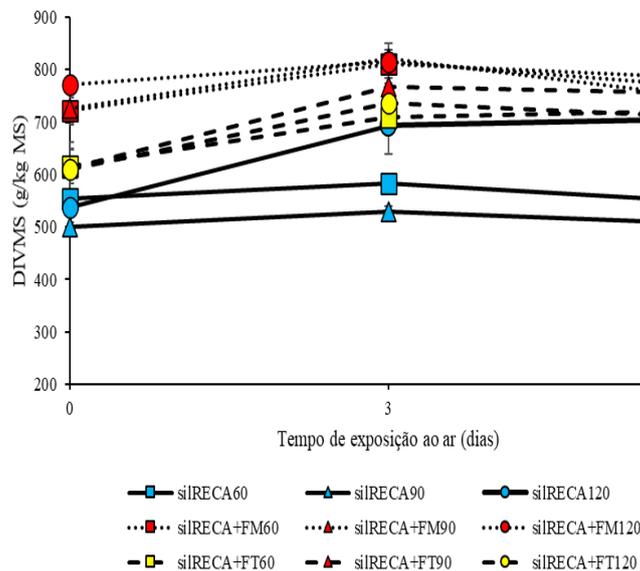
<sup>1</sup>.Silagem de resto de cultura do abacaxi; <sup>2</sup>. Silagem de resto de cultura do abacaxi aditivado com fubá de milho;

<sup>3</sup>. Silagem de resto de cultura do abacaxi aditivadas com farelo de trigo. Médias seguidas de letras distintas para a mesma variável, diferem pelo teste de Tukey (5%)

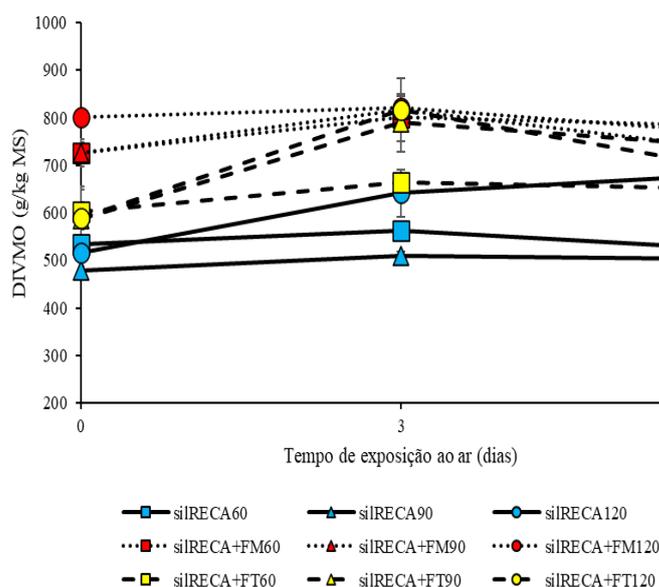
As silagens de RECA com inclusão de aditivos, mesmo após a exposição ao ar, seguiram apresentando maior ( $P < 0,05$ ) digestibilidade da FDN em relação a silagem confeccionada apenas com o RECA (Tabela 10). Percebe-se ainda que o tempo de armazenamento reduziu o teor de FDN das silagens que foram expostas ao ar, indicando também a redução da disponibilidade de compostos solúveis como fonte de energia para os microrganismos anaeróbios e conseqüentemente levou ao consumo de componentes menos solúveis como o amido, além da hemicelulose. A maior produção de efluentes com o aumento do tempo de armazenamento das silagens (Tabelas 3 e 4) podem dar suporte a esta justificativa.

O tempo de armazenamento das silagens proporcionou alteração da DIVMS apenas para o tratamento controle (Figura 10). No entanto, o tempo de armazenamento das silagens impactou

a DIVMO do tratamento silRECA e do silRECA+FT, sobretudo aquelas que foram armazenadas por 120 dias no 9º e 3º dia de exposição ao ar, respectivamente.



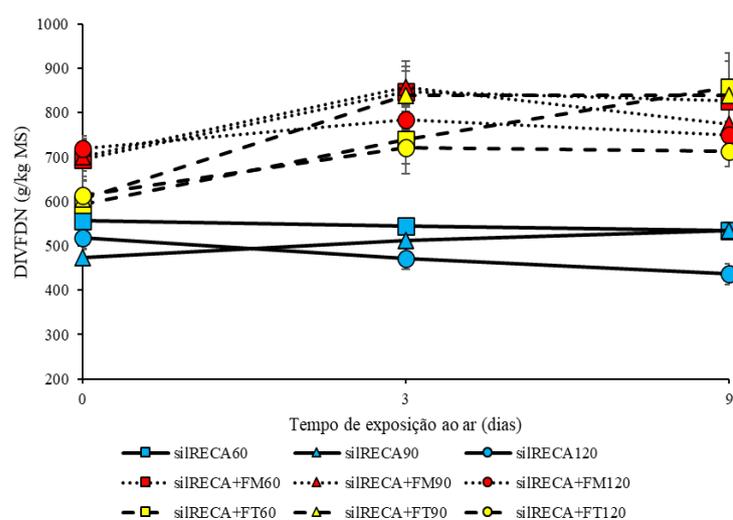
**Figura 10.** Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de silagens de restos de cultura do abacaxi sem aditivo (silRECA), aditivada com fubá de milho (silRECA+FM) e aditivada com farelo de trigo (silRECA+FT) de acordo com o tempo de armazenamento (60, 90 e 120 dias) e o tempo de exposição ao ar (0, 3 e 9 dias).  $P < ,0001$  para interação aditivo  $\times$  armazenamento,  $P = 0,0833$  para interação aditivo  $\times$  exposição ao ar,  $P = 0,5676$  para interação armazenamento  $\times$  exposição ao ar,  $P = 0,3478$  para interação aditivo  $\times$  armazenamento  $\times$  exposição ao ar.



**Figura 11.** Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) de silagens de restos de cultura do abacaxi sem aditivo (silRECA), aditivada com fubá de milho (silRECA+FM) e aditivada com farelo de trigo (silRECA+FT) de acordo com o tempo de armazenamento (60, 90 e 120 dias) e o tempo de exposição ao ar (0, 3 e 9 dias).  $P < ,0001$  para interação aditivo  $\times$  armazenamento,  $P = 0,0213$  para interação aditivo  $\times$  exposição ao ar,  $P = 0,0260$  para interação armazenamento  $\times$  exposição ao ar,  $P = 0,5245$  para interação aditivo  $\times$  armazenamento  $\times$  exposição ao ar.

Houve interação ( $P < 0,05$ ) entre armazenamento x exposição ao ar para a digestibilidade do FDN (Figura 12). As silRECA apresentaram redução da DIVFDN ao longo dos dias de exposição ao ar, para todos os tempos de armazenamento, enquanto as silagens aditivadas seguiram comportamento oposto, com teores elevados de DIVFDN, conforme aumento nos dias de exposição. Esse aumento na digestibilidade pode ser decorrente da redução dos componentes da parede celular que ocorrem nas silagens sujeitas à deterioração aeróbia, através da ação de fungos. Apesar do presente projeto não avaliar o perfil microbiológico das silagens, a presença de fungos foi visível neste tratamento nos dias de exposição ao ar.

De acordo com McDonald et al. (1991), o substrato utilizado para a respiração dos microrganismos aeróbios depende do tipo do microrganismo; por exemplo, as leveduras consomem apenas compostos solúveis, enquanto os bolores degradam uma ampla variedade de nutrientes, inclusive carboidratos estruturais e lignina.



**Figura 12.** Digestibilidade in vitro da fibra em detergente neutro (DIVFDN) de silagens de restos de cultura do abacaxi sem aditivo (silRECA), aditivada com fubá de milho (silRECA+FM) e aditivada com farelo de trigo (silRECA+FT) de acordo com o tempo de armazenamento (60, 90 e 120 dias) e o tempo de exposição ao ar (0, 3 e 9 dias).  $P = 0,1577$  para interação aditivo  $\times$  armazenamento,  $P = 0,1421$  para interação aditivo  $\times$  exposição ao ar,  $P = 0,0137$  para interação armazenamento  $\times$  exposição ao ar,  $P = 0,0969$  para interação aditivo  $\times$  armazenamento  $\times$  exposição ao ar.

É oportuno enfatizar que o aumento da digestibilidade das silagens expostas ao ar não pode ser sinônimo de incremento da qualidade, visto que o crescimento de fungos filamentosos pode estar associado com a produção de micotoxinas, levando a contaminação das silagens e,

portanto, ser prejudicial para os animais que a ingerem, bem como para trabalhadores rurais que a manipulam (FINK-GREMMELS, 2008).

## **5.0. CONCLUSÃO**

A inclusão de aditivos (fubá de milho e farelo de trigo) contribui para a melhoria das silagens de resto de cultura do abacaxi, elevando o teor de matéria seca e reduzindo as perdas de MS e perdas por efluentes.

Os tempos de armazenamento mais prolongados resultam em maior produção de efluentes e maior perda total de matéria seca, sendo assim, é recomendado o armazenamento das silagens de resto de cultura do abacaxi por até 90 dias.

As silagens de resto de cultura do abacaxi aditivadas com fubá de milho e farelo de trigo elevam a produção de CO<sub>2</sub> a partir do 6º dia de exposição ao ar, comprovando que os aditivos utilizados são eficientes na manutenção da estabilidade aeróbia das silagens, retardando o início do processo de degradação.

O uso do fubá de milho como aditivo mostra-se como alternativa eficaz por proporcionar menor variação durante os dias de exposição ao ar e, conseqüentemente, melhor estabilidade aeróbia nas silagens avaliadas.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, I. V. O.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; VELOSO, C. M.; BONOMO, P. Perdas, características fermentativas e valor nutritivo da silagem de capim-elefante contendo subprodutos agrícolas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.12, 2010.
- ASHBELL, Z. G.; WEINBERG, A.; AZRIELI, Y. H.; HOREV, B. A simple system to study the aerobic determination of silages. **Canadian Agricultural Engineering**, Winnipeg, Technical Notes, p.391-393, 1991.
- AZEVEDO, A. C. C. G.; COSTA, K. A. P.; COLLAO-SAENZ, E. A.; DIAS, F. J. S.; SEVERIANO, E. C.; CRUVINEL, W. S. Nutritional value of Xaraesand Piata palisadegrass silages prepared with additives or wilting. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 36, p. 25-31. 2014.
- BARBER, W. P. B.; ADAMSON, A. H.; ALTMAN, J.F.B. New methods of feed evaluation. In: Haresign, W., Cole, D.J.A. (Eds.) **Recent advances in animal nutrition**. London: Butterworths, p.161-176, 1984.
- BERNARDES, T. F. REIS, R. A.; AMARAL, R. C. Chemical and microbiological changes and aerobic stability of Marandu grass silages after silo opening. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 1-8, 2009.
- BERNARDES, T. F.; CHIZZOTTI, F. H. M. Technological innovations in silage production and utilization. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. 13:629 641. 2012.
- BERNARDES, T. F.; REIS, R. A.; SIQUEIRA, G. R.; AMARAL, R. C.; PIRES, A. V. J. et al. Estabilidade aeróbia da ração total e de silagens de capim-Marandu tratadas com aditivos químicos e bacterianos. **R. Bras. Zootec.** vol.36 no.4 Viçosa July/Aug. 2007.
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L.P. **Methods for Chemical Analysis in Plants**. Recife: Imprensa Universitária da UFRPE, 2011.
- BOLSEN, K. K.; LIN, C.; BRENT, B. E.; GADEKEN, D. Effect of silage additive on the microbial succession and fermentation process alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy**, v.75, n.11, p.3066-3083, 1992.
- CÂNDIDO, M. J. D. **Qualidade e valor nutritivo de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sob doses crescentes de recomendação de adubação**. 57 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- CARVALHO, V. D.; CUNHA, G. A. P.da. Produtos e usos. In: CUNHA, G. A. P.da; CABRAL, J. R. S.; SOUZA, L. F.da S. (Org.). O abacaxizeiro: cultivo, agroindústria e economia. Brasília, DF: **Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia**. p. 389-402. 1999.
- CASTLE, M. E.; WATSON, J. N. The relationship between the M.D. content of herbage for silage making and effluent production. **Journal of the British Grassland Society**, 28, 135-138, 1973.

- CONE, J. W.; VANGELDER, A. H.; BACHMANN, H. Influence of inoculum source on production profiles. **Animal Feed Science and Technology**, v.99 n. 1-4, p. 221-231, ago. 2002.
- CUNHA, M. G. G.; OLIVEIRA, E. R.; RAMOS, J. L. F.; ALCÂNTARA, M. D. B.; Conservação e utilização do resíduo de abacaxi na alimentação de ovinos no Curimataú Ocidental da Paraíba. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 3, n. 3, p. 55-62, set. 2009.
- DETMANN, E.; SOUZA, M. A. DE; VALADARES FILHO, S. DE C.; QUEIROZ, A. C. DE; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. DE O. S.; CABRAL, L. DA S.; PINA, D. DOS S.; LADEIRA, M. M.; AZEVEDO, J. A. G. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 214p. 2012.
- DRIEHUIS, F.; WILKINSON, J. M.; JIANG, Y.; OGUNADE, I.; ADESOGAN, A. T. Silage review: animal and human health risks from silage. **Journal Dairy Science**, Amsterdam, v. 101, n. 5, p. 4093-4110, 2018.
- FAGUNDES, N. S.; FAGUNDES, N. S. Restos culturais do abacaxizeiro na alimentação de ruminantes. **Revista Eletrônica Nutritime**, 71243 – 1247, 2010.
- FARIA, D. J. G.; GARCIA, R.; TONUCCI, R. G.; TAVARES, V.B.; PEREIRA, O. G. Produção e composição do efluente da silagem de capim-elefante com casca de café **Revista Brasileira de Zootecnia**, 39, 3, 471-478, 2010.
- FERRARI, J. T. **Podridão Negra do Abacaxi**. Instituto Biológico, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Sanidade Vegetal. Biológico, São Paulo, v.71, n.1, p.49-51, jan./jun., 2009.
- FINK-GREMMELS, J. Mycotoxins in cattle feeds and carry-over to dairy milk: A review. **Food Additives & Contaminants**, v.25, n.2 p.172-180, 2008.
- GETACHEW, G.; BLUMMEL, M.; MAKKAR, H.P.S. et al. *In vitro* gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v.72, n.3-4, p.261-281, 1998.
- GUIM, A.; ANDRADE, P.; ITURRINOSCHOCKEN, R. P.; FRANCO, G. L.; RUGGIERI, A. C.; MALHEIROS, E. B. Estabilidade aeróbica de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) emurcheado e tratado com inoculante microbiano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 2176-2185, 2002.
- HENRIQUES, L. T. et al. Frações dos compostos nitrogenados associados à parede celular em forragens tropicais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 1, p. 258-263, 2007.
- HOLDEN, L.A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for tem feeds. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.8, p.1791-1794, 1999.
- HONING, H.; WOOLFORD, M. K. Changes in silage exposure to air. In: Forage Conservation in the 80's. Brighton, **European Grassland Society**. Proceeding... British Grassland, 1979.
- HUUSKONEN, A. Performance of growing and finishing dairy bulls offered diets based on whole crop barley silage with or without protein supplementation relative to a grass silage-based diet. **Agricultural and Food Science**, 22(4), 424-434, 2013.

IGARASI, M.S. **Controle de perdas na ensilagem de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. Cv. Tanzânia) sob efeitos do teor de matéria seca, do tamanho de partícula, da estação do ano e da presença de inoculante bacteriano.** Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, p.132, 2002.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Acesso em Agos, 2019. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção Agrícola Nacional**, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Levantamento sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil.** Rio de Janeiro, 2014. v. 27, p. 1- 84. (Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, n.3).

ÍTAVO, L. C. V.; ÍTAVO, C. C. B. F. **Estratégias para o uso de subprodutos da agroindústria associados às silagens.** In: JOBIM, C.C, CECATO, U., CANTO, MW. (Orgs). Produção e utilização de forragens conservadas. Maringá: Masson, p.153-195. 2008.

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.

JOHNSON, C.O.L.E.; HUBER, J.T.; KING, K.J. Storage and utilization of wet brewes grains in diets for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.70, n.1, p.98-107, 1987.

JONES, R.; JONES, D.I.H. The effect of in-silo effluent absorbent on effluent production and silage quality. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.64, p.173-186, 1996

JUNGES, D. **Tempo de armazenamento e manejo do painel no valor nutritivo de silagens de milho.** 149p. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade de São Paulo, 2014.

KELLEMS, R. O.; WAYMAN, O.; NGUYEN, A. H.; NOLAN, J. C.; CAMPBELL, C. M.; CARPENTER, J. R.; HO-a, E. B.; Post-harvest pineapple plant forage as a potential feedstuff for beef cattle: evaluated by laboratory analyses *in vitro* and in vivo digestibility and feedlot trials. **Journal of Animal Science**, v. 48, n. 5, 1979.

KUNG JR., L. **Side effects of microbial inoculants on silage fermentation In: International symposium on forage quality and conservation**, 1. São Pedro. Proceedings... Piracicaba: FEALQ, p.7-26, 2009.

KUNG JUNIOR, L. **The effects of length of storage on the nutritive value and aerobic stability of silage.** In: DANIEL, J. L. P.; SANTOS, M. C.; NUSSIO, L. G. (Ed). INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION, 3, July 22-23, 2013. Campinas. Proceedings...Campinas, p. 7-19, 2013.

KUNG, JR. L.; STOKES, M.R.; LIN, C.J. **Silage additives.** *Science and Technology, Am. Soc.Agron.*, Madison, pp. 305-360. 2003.

- LALLO, F. H.; PRADO, I. N.; NASCIMENTO, W. G.; ZEOULA, L. M.; MOREIRA, F. B.; WADA, F. Y. Substitution levels of corn silage by pineapple by-products on ruminal degradability in beef cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 32(3):719-726, 2003.
- LEMOS, D.; NAVARRETE DEL TORO, A.; CÓRDOVA-MURUETA, J. H.; GARCACARREÑO, F. Testing feeds and feed ingredients for juvenile pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*: *in vitro* determination of protein digestibility and proteinase inhibition. **Aquaculture**, v. 239, p.307-321, 2004.
- LIMA, J.A.; EVANGELISTA, A.R. **Silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum Schum*)**. Lavras: Editora UFLA. 28p, 2001.
- MACÊDO, J. S; CRUZ, G F. L; MUNIZ, A. C. S; SANTOS, E. M. **Avaliação das perdas fermentativas da silagem de sorgo forrageiro aditivada com ureia e/ou inoculante microbiano**. CONIDIS (1 congresso internacional da diversidade do semiárido), 2017.
- MALAFAIA, P. A. M.; VALADARES FILHO, S.C.; VIEIRA, R. A. M.; SILVA, J.F.C.; PEREIRA, J.C. Determinação das Frações que Constituem os Carboidratos Totais e da Cinética Ruminal da Fibra em Detergente Neutro de Alguns Alimentos para Ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.4, p.790-796, 1998
- MARIN, C. M; SUTTINI, P. A; SANCHES, J. P. F; BERGAMASCHINE, A. F. Potencial produtivo e econômico da cultura do abacaxi e o aproveitamento de seus subprodutos na alimentação animal. **Ciências Agrárias e da Saúde**, 2(1):79-82. 2002.
- MATELJAN, G. **The Worlds Healthiest foods**. Mateljan,G (eds).United States, Seattle WA. 2007.
- MAURER, H. R. Bromelain: biochemistry, pharmacology and medical use [review]. **Cellular and Molecular Life Sciences**. 58: p 1234-1245. 2001.
- MATOS, D. S.; GUIM, A.; BATISTA, A. M. V.; et al Estabilidade aeróbica e degradabilidade da silagem de maniçoba (*Manihot sp.*) emurcheada. **R. Bras. Ciên. Agrá.**, v.1, n.único, p.109-114, 2006.
- MAURER, H.R.. Bromelain: biochemistry, pharmacology and medical use [review]. **Cellular and Molecular Life Sciences**. 58: p 1234-1245. 2001.
- McDONALD, P; HENDERSON, A. R; HERON, S. J. E. **Biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe, 340, 1991.
- MENKE, K.H.; STEINGASS, H. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. **Animal Research and Development**, v.28, p.7-55, 1988.
- MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science** , 80 (7), 1463-1481, 1997.
- MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirement of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.1463, 1997.

- MONTEIRO, I. J. G.; ABREU, J. G.; CABRAL, L. S.; RIBEIRO, M. D.; REIS, R. H. P. Silagem de capim-elefante aditivada com produtos alternativos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, 33, 4, 347-352, 2011.
- MOULD, F. L.; KLIEM, K. E.; MORGAN, R.; MAURICIO, R. M. *In vitro* microbial inoculum: a review of its function and properties. **Animal Feed Science and Technology**. 123-124: 31-50, 2005.
- MUCK, R. E. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal of Dairy Science**, v. 71, p. 2992-3002, 1998.
- MUCK, R. E. Silage microbiology and its control through additives. **R. Bras. Zootec.**, v.39, p.183-191, 2010 (supl. especial).
- MUCK, R. E.; NADEAU, T. A.; MCALLISTER, F. E.; CONTRERAS S. C. FOVEA, M. C.; SANTOS, L.; KUNG Jr. Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. *J. Dairy Sci.*, 101, pp. 3980. 2018.
- NETO, G. B.; JUNIOR, E. F.; NOGUEIRA, J. R.; POSSEMTI, R.; PAULINO, V. T.; BUENO M. S. Perdas fermentativas, composição química, estabilidade aeróbia e digestibilidade aparente de silagem de cana-de-açúcar com aditivos químico e microbiano. **Pesq. agropec. Bras**, Brasília, 44, 6, 621-630, 2009.
- Neumann, M.; Oliboni, R.; Oliveira, M. R.; Faria, M. V.; UENO, R. K.; REINERH, L. L.; DURMAN, T. Aditivos químicos utilizados em silagens. **Pesquisa aplicada e Agrotecnologia** 3:187-195, 2010.
- NUSSIO, L. G.; SCHMIDT, P. Tecnologia de produção e valor alimentício de silagens de cana-de-açúcar. In: Simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas, 2, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, p.1-33, 2004.
- OLIVEIRA, C. L. M. **Avaliação nutricional de silagens de híbridos de Sorghum bicolor x Sorghum sudanese**. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). 63P. 1997.
- OLIVEIRA, M. D. S.; SAMPAIO, A. A. M.; VIEIRA, P. F. FREITAS, J. C. M.; SHOCKEN-ITURRINO, R. P. Efeito de métodos de coleta de fluido ruminal em bovinos sobre alguns parâmetros ruminais e microbiológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 34, n. 5, p. 867-871, 1999.
- PAHLOW, G. et al. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. (Ed.). **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, p. 31-94, 2003.
- PEDROSO, A. M.; CARVALHO, M. P. Polpa cítrica e farelo de glúten de milho. In: PEDROSO, A. M.; Treinamento online: Subprodutos para ruminantes: estratégias para reduzir o custo de alimentação. Piracicaba: **AgriPoint**; v.2, p. 1-35, 2006.
- PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; DUTRA, G. S.; Resíduos e subprodutos da agroindústria na alimentação de ruminantes no nordeste: tratamentos e utilização; In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 10., 2006, Petrolina. **Anais...** [Petrolina: Embrapa Semiárido], 2006.

- PRADO, I. N.; LALLO, F. H.; ZEOULA, L. M.; CALDAS NETO, S. F.; NASCIMENTO, W. G.; MARQUES, J. A. Níveis de Substituição da Silagem de Milho pela Silagem de Resíduo Industrial de Abacaxi sobre o Desempenho de Bovinos Confinados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 3, p. 737-744, 2003.
- REZENDE, A. A. S.; PASCOAL, L. A. F.; VAN CLEEF, E. H. C. B.; GONÇALVES, J. S.; OLSZEWSKI, N.; BEZERRA, A. P. A. Composição química e características fermentativas de silagens de cana de açúcar contendo farelo de babaçu. **Archivos de Zootecnia**, 60, 232, 2011.
- RIBEIRO, L. S. O. **Torta de algodão e de mamona na ensilagem de capim-elefante**. 86 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB / Campus de Itapetinga – BA, 2010.
- 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. 96, p. 7777-7789, 2013.
- SANTOS, M. V. F.; CASTRO, A. G. G.; PEREA, J. M.; GARCÍA, A.; GUIM, A.; HERNÁNDEZ, M. P. Fatores que afetam o valor nutritivo da silagens de forrageiras tropicais. **Archivos de Zootecnia**, v.59, p. 25-43, 2010.
- SANTOS, S. C.; FERNANDES, J. J. R.; CARVALHO, E. R.; GOUVEA, V. N.; LIMA, M. M.; DIAS, M. J. Utilização da silagem de restos culturais do abacaxizeiro em substituição à silagem de cana-de-açúcar na alimentação de ovinos. **Cienc. Anim. Bras.**, Goiânia, v. 15, n. 4, p. 400-408, out./dez. 2014.
- SCHMIDT, P. **Aditivos químicos e biológicos no tratamento da cana-de-açúcar para alimentação de bovinos**. In: JOBIM, C. C.; CECATO, U.; CANTO, M. W. (Orgs). Produção e utilização de forragens conservadas. Maringá: Masson, 2008. p.153-195.
- SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. 228p. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade de São Paulo, 2006.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: Editora UFV, 235p, 2002.
- SILVA, G. M.; SILVA, F. F.; SCHIO, A. R.; MENEZES, M. A; BALIS, D. L; SOUZA, D. D.; SILVA, L. G; SOARES, M. S. Fatores anti-qualitativos em silagens. *Nutritime Revista Eletrônica*, on-line, Viçosa, v.12, n.6, p.4359-4367, nov/dez, 2015.
- SILVA, M. L. S. **Avaliação nutricional de silagem de restos culturais de abacaxi pérola**. Universidade estadual paulista – unesp. Jaboticabal, São Paulo, Brasil: Universidade Estadual Paulista. p. 50, 2014.
- SILVA, T.E.; DETMANN, E.; CAMACHO, L.F. et al. Comparação de métodos *in vitro* para a quantificação da digestibilidade da matéria seca e da fibra em detergente neutro de forragens e concentrados. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 2017 (no prelo).
- SOUZA, O. P.; COUTINHO, A. C.; TORRES, J. L. R. Avaliação econômica da produção do abacaxi irrigado cv Smooth cayenne no cerrado, em Uberaba-MG. **Revista Universidade Rural: Série Ciências da Vida, Seropédica**, v. 30, n. 1, jan.- jun., 2010.

SUKSATHIT, S.; WACHIRAPAKORN, C.; OPATPATANAKIT, Y. Effects of levels of ensiled pineapple waste and pangola hay fed as roughage sources on feed intake, nutrient digestibility and ruminal fermentation of Southern Thai native cattle. *Songklanakarin Journal of Science & Technology*, 33(3):281-289, 2011.

SUKSATHIT, S.; WACHIRAPAKORN, C.; OPATPATANAKIT, Y. Effects of levels of ensiled pineapple waste and pangola hay fed as roughage sources on feed intake, nutrient digestibility and ruminal fermentation of Southern Thai native cattle. *Journal Science and Technology*, v.33, n.3, p. 281-289, 2011.

TABACCO, E.; RIGHI, F.; QUARANTELLI, A. et al. Dry matter and nutritional losses during aerobic deterioration of corn and sorghum silages as influenced by different lactic acid bacteria inocula. *Journal of Dairy Science*, v. 94, n. 3, 2011.

TANGNI, E.K.; PUSSEMIER, L.; VAN HOVE, F. Mycotoxin Contaminating Maize and Grass Silages for Dairy Cattle Feeding: Current State and Challenges. *Journal of Animal Science Advances*, v. 3, n.10, p.492-511, 2013.

TAYLOR, C.C.; RANJIT, N.J.; MILLS, J.A.; NEYLON, J.M.; KUNG JUNIOR, L. The effect of treating whole-plant barley with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for dairy cows. *Journal of Dairy Science*. v.85, p.1793-1800, 2002.

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

VELÁSQUEZ, P. A; TORO, BERCHIELLI, T. T; REIS, R. A; RIVERA, A. R; DIAN, P. H. M; TEIXEIRA, I. A. M. A. Composição química, fracionamento de carboidratos e proteínas e digestibilidade *in vitro* de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 206-1213, 2010.

VELHO, J. P.; MUHLBACH, P. F.; GENRO, T. C. M.; SANCHEZ, L. M. B.; NÖRNBERG, J. L.; ORQIS, M. G.; FALKENBERG, J. R. Alterações bromatológicas das silagens de milho submetidas a crescentes tempos de exposição ao ar “desensilagem”. *Ciên. Rur. Sant.. Mar.*, v.36, n.3, p.916-923, 2006.

WILKINS, R. J.; SYRJÄLÄ, L.; BOLSEN, K. K. **The future of silage in sustainable animal production.**: In: XII International Silage Conference. Uppsala, SWEDEN, Anais. p. 23-40, 1999.

YANG, H. Y. et al. Effects of water-soluble carbohydrate content of silage fermentation of wheat straw. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, Osaka, v. 101, p. 232-237, 2006.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *The Biochemical journal*, 57(3), 508-514, 1954.

ZANINE, A. M; SANTOS, E. M; FERREIRA, D. J; OLIVEIRA, J. S; ALMEIDA, J. C. C; PEREIRA, O. G. Avaliação da silagem de capim-elefante com adição de farelo de trigo. *Archivos de Zootecnia*, 55, 209, 75-84, 2006.