

JOÃO VITOR FERNANDES CLEMENTE

**ADITIVOS PARA ENSILAGEM DE RESÍDUO ÚMIDO DE  
CERVEJARIA**

RECIFE – PE 2017

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

**ADITIVOS PARA ENSILAGEM DE RESÍDUO ÚMIDO DE  
CERVEJARIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia (PPGZ), da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Zootecnia (Área de Concentração em Nutrição Animal).

Orientadora: Dra Adriana Guim

Conselheiros: Dr. Alexandre Carneiro Leão de Mello

Dr. Francisco Fernando Ramos de Carvalho

Recife – PE  
Fevereiro, 2017

## FICHA CATALOGRÁFICA

C626a Clemente, João Vitor Fernandes

Aditivos para ensilagem de resíduo úmido de cervejaria / João Vitor Fernandes Clemente. – 2017.

60 f. : il.

Orientadora: Adriana Guim.

Coorientador: Francisco Fernando Ramos de Carvalho.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife, BR-PE, 2017.

Inclui referências.

1. Aditivos 2. Estabilidade 3. Nutrição animal 4. RUC  
5. Silagem I. Guim, Adriana, orient. II. Carvalho, Francisco  
Fernando Ramos de, coorient. III. Título

CDD 636

Aditivos para ensilagem de resíduo úmido de cervejaria

JOÃO VITOR FERNANDES CLEMENTE

Dissertação defendida em 20 de fevereiro de 2017 e aprovada pela Banca Examinadora:

Orientadora:

---

Prof. Adriana Guim, D.Sc - UFRPE

Examinadores:

---

Prof. Francisco Fernando Ramos de Carvalho, D.Sc - UFRPE

---

Osniel Faria de Oliveira, D.Sc - PNPD - UFRPE

Recife - PE Fevereiro, 2017

## **BIOGRAFIA**

João Vitor Fernandes Clemente, filho de Flávia Augusta Fernandes Clemente e João Bernardino Clemente, nasceu em 08 de fevereiro de 1991 na cidade de Recife, no estado de Pernambuco, local onde estudou até o ensino médio, concluindo o mesmo em 2008, no Colégio Nossa Senhora do Carmo. Em 2009, iniciou o curso de Graduação em Zootecnia, pela Universidade Federal Rural de Pernambuco e o concluiu em 2014. Foi bolsista de extensão CNPq, totalizando quatro anos e meio e desenvolveu ações com pequenos criadores no Nordeste brasileiro, implantando técnicas e estratégias de manejo alimentar, produtivo e reprodutivo para pequenos ruminantes. Em março de 2015, ingressou no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, na área de concentração em Nutrição Animal, concluindo o mestrado em fevereiro de 2017.

Aos meus pais

Flávia Augusta Fernandes Clemente e João Bernardino Clemente,  
obrigado por sempre me incentivarem nos estudos, compreensão e incentivo para meu  
crescimento.

À minha avó

Maria Celeste Bandeira de Melo Fernandes, pelo amor e cuidado.

Às minhas tias

Maria de Jesus, Maria da Luz, Tábida e a minha namorada Ana Sofia,  
obrigado pelo companheirismo, amizade, carinho e incentivo durante minhas escolhas.

Amo vocês!

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por essa força maior e infinita que me fortalece para continuar sempre a alcançar meus objetivos.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela geração de conhecimentos aqui obtidos.

Ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, pela oportunidade de vivenciar mais uma etapa profissional.

À professora Adriana Guim, pela orientação concedida durante esta jornada, por sua paciência e dedicação, sendo um exemplo de profissional com quem aprendi muito.

Ao professor Francisco Fernando Ramos de Carvalho, por suas contribuições para o trabalho.

A todos os professores do Departamento de Zootecnia, pela contribuição com seus ensinamentos.

Aos alunos de graduação, que auxiliaram em diversas etapas deste trabalho, em especial a Ana Carolina, Caio, Francisco e Manoel.

Aos colegas da Pós-graduação, pelo auxílio, companheirismo e disposição, em especial a Karen, Ximena, Cíntia, Tomás, Janiele, Lucíola, Manoel, Sanara e Luiz.

Aos que fazem parte do Laboratório de Nutrição Animal de pequenos ruminantes, que permitiu a realização das análises; ao PNPD Michel Maciel.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa de estudos concedida durante o período do mestrado.

À empresa CEVAPE Comércio de Resíduos do Nordeste LTDA, pelo fornecimento do material (Resíduo Úmido de Cervejaria) para realizar esta pesquisa.

A todos e todas que contribuíram, de forma direta ou indireta, para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	09
LISTA DE TABELAS.....	10
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	11
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Resíduo Úmido de Cervejaria -RUC.....</b>	<b>15</b>
<u>2.1.1 Composição do RUC.....</u>	<u>15</u>
<u>2.1.2 Limitações da utilização e armazenamento do RUC.....</u>	<u>16</u>
<b>2.2 Silagem de RUC.....</b>	<b>17</b>
<u>2.2.1 Utilização de aditivos na Silagem de RUC.....</u>	<u>18</u>
<b>2.3 Avaliação de Silagem.....</b>	<b>19</b>
<u>2.3.1 Amostragem.....</u>	<u>19</u>
<u>2.3.2 Determinação da qualidade de fermentação.....</u>	<u>19</u>
<u>2.3.3 Quantificação das perdas em silagens.....</u>	<u>20</u>
<u>2.3.4 Digestibilidade <i>in vitro</i> da MS (DIVMS).....</u>	<u>21</u>
<b>2.4 Tempo de armazenamento e estabilidade aeróbia.....</b>	<b>22</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1 Ensaio I: Avaliação do efeito dos aditivos sobre o tempo de armazenamento sobre as perdas, a composição química e a digestibilidade de silagens de RUC.....</b>	<b>24</b>
<u>3.1.1 Preparo das silagens.....</u>	<u>24</u>
<u>3.1.2 Quantificação das perdas da silagem.....</u>	<u>26</u>
<u>3.1.3 Avaliação da composição química.....</u>	<u>27</u>
<u>3.1.4 Digestibilidade <i>in vitro</i>.....</u>	<u>27</u>
<u>3.1.5 Análise Estatística.....</u>	<u>28</u>
<b>3.2 Ensaio II: Avaliação do efeito dos aditivos sobre a estabilidade aeróbia das silagens de RUC.....</b>	<b>28</b>
<u>3.2.1 Estabilidade aeróbia das silagens pelo monitoramento da temperatura.....</u>	<u>28</u>
<u>3.2.2 Deterioração aeróbia das silagens.....</u>	<u>29</u>
<u>3.2.3 Análise Estatística.....</u>	<u>30</u>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1 Ensaio I.....</b>	<b>31</b>
<b>4.2 Ensaio II.....</b>	<b>43</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>53</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>53</b>



## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1:** Acompanhamento da temperatura das silagens de RUC armazenadas por 30 dias..... 44
- FIGURA 2:** Acompanhamento da temperatura das silagens de RUC armazenadas por 120 dias..... 44

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Composições químico-bromatológicas dos ingredientes e das misturas antes da ensilagem (80 RUC : 20 ADITIVO).....	25
<b>Tabela 2.</b> Perda total de matéria seca, perda por gases e produção de efluentes de silagens de RUC com e sem aditivos em diferentes tempos de armazenamento.....	32
<b>Tabela 3.</b> Desdobramento da interação entre os efeitos do uso de aditivos e tempo de armazenamento sobre a produção de efluentes (Kg/ton/MV) das silagens de RUC.....	32
<b>Tabela 4.</b> Valores médios da composição química de silagens de RUC com e sem aditivos em diferentes tempos de armazenamento.....	34
<b>Tabela 5.</b> Desdobramentos da interação entre os efeitos do tratamento e tempo de armazenamento sobre os valores de PB, FDN, Hemicelulose, pH e CSAr das silagens de RUC com e sem aditivos.....	38
<b>Tabela 6.</b> Valores de PB e das frações proteicas de silagens de RUC com e sem aditivos em diferentes tempos de armazenamento.....	40
<b>Tabela 7.</b> Desdobramentos da interação entre os efeitos do tratamento e tempo de armazenamento sobre os valores das frações B1, B2, B3 e C da PB das silagens de RUC com e sem aditivos.....	42
<b>Tabela 8.</b> Valores médios da composição química de silagens de RUC com e sem aditivos em diferentes tempos de exposição, após 30 dias de armazenamento.....	46
<b>Tabela 9.</b> Desdobramentos da interação entre os efeitos do tratamento e tempo de exposição sobre os valores de MM, MO, FDN, pH e CO <sub>2</sub> das silagens de RUC com e sem aditivos, abertas após 30 dias de armazenamento.....	48
<b>Tabela 10.</b> Valores médios da composição química de silagens de RUC com e sem aditivos em diferentes tempos de exposição, após 120 dias de armazenamento.....	50
<b>Tabela 11.</b> Desdobramentos da interação entre os efeitos do tratamento e tempo de exposição sobre os valores de FDN, pH e CO <sub>2</sub> das silagens de RUC com e sem aditivos, abertas após 120 dias de armazenamento.....	52

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AOAC = Association of Official Analytical Chemists

CERVBRASIL = Associação Brasileira da Indústria da Cerveja

CEVAPE = Comercio de Resíduos do Nordeste Ltda

CNCPS = The Cornell Net Carbohydrate and Protein System

CONAB = Companhia Nacional de Abastecimento

CO<sub>2</sub> = Dióxido de Carbono

CSA = Carboidratos Solúvel em Água

CSAr = Carboidratos Solúvel em Água residual

CT = Capacidade Tampão

DIC = Delineamento Inteiramente Casualizado

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

EA = Estabilidade Aeróbia

EE = Extrato Etéreo

Eflu = Produção de Efluentes

FDA = Fibra insolúvel em Detergente Ácido

FDN = Fibra insolúvel em Detergente Neutro

FDN<sub>cp</sub> = Fibra insolúvel em Detergente Neutro corrigido para cinzas e proteína

HCl = Ácido Clorídrico

HEMIC = Hemicelulose

INMET = Instituto Nacional de Meteorologia

KOH = Hidróxido de Potássio

LIGN = Lignina

LTDA = Limitada

MM = Matéria Mineral

MO = Matéria Orgânica

MS = Matéria Seca

MSab = Teor de matéria seca da forragem na abertura

MSen = Teor de matéria seca da forragem na ensilagem

MSF = Quantidade de matéria seca final

MSI = Quantidade de matéria seca inicial

MVfe = Massa verde de forragem ensilada

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

NNP = Nitrogênio Não Proteico

Pab = Peso do conjunto vazio na abertura

PB = Proteína Bruta

PCab = Peso do silo cheio na abertura

PCen = Peso do silo cheio na ensilagem

Pen = Peso do conjunto na ensilagem

PET = Polietileno tereftalato

PG = Perda por gases

pH = Potencial Hidrogeniônico

PIDN = proteína indisponível em detergente neutro

PTMS = Perda total de matéria seca

PV = Proteína Verdadeira

PVC = policloreto de polivinila

RCF = Resíduo de Cervejaria Fermentado

RUC = Resíduo Úmido de Cervejaria

RUC+MI = Resíduo Úmido de Cervejaria + Milho

RUC+FMA = Resíduo Úmido de Cervejaria + Farinha de Mandioca

RUC+FT = Resíduo Úmido de Cervejaria + Farelo de Trigo

SAS = Statistical Analysis System

UFRPE = Universidade Federal Rural de Pernambuco

## **1. INTRODUÇÃO**

A evolução do agronegócio vem ocorrendo em paralelo com o desenvolvimento industrial, levando a grandes produções de resíduos da cadeia alimentícia, o que atualmente pode ser considerado um grande problema ambiental no Brasil (GIORDANO, 2000). Visando a redução do descarte inadequado, Geron et al. (2008) sugerem a utilização de subprodutos da agroindústria na produção animal, como uma alternativa na redução dos custos de produção sem comprometer a produção animal.

Alguns resíduos agroindustriais são utilizados na alimentação de ruminantes, como a casca e o farelo de arroz, torta de algodão, polpas cítricas e o resíduo úmido de cervejaria (RUC). Este último se destaca no Brasil e no mundo, devido ao melhor valor nutricional e baixo custo, uma vez que é gerado em grande volume e durante todo o ano, por viabilizar sua utilização na alimentação animal. (CABRAL FILHO et al., 2007; BROCHIER e CARVALHO, 2009; STEFANELLO et al. 2014). Grão de cervejaria e destilaria podem variar no conteúdo de proteína bruta entre 3 a 10%, dependendo do material original a ser processado, dos quais predominam a cevada e o milho (COSTA et al., 1994).

Anualmente a produção do RUC gira em torno de 30 milhões de toneladas pelas cervejarias do mundo, das quais cerca de 3,4 milhões de toneladas são produzidas na Europa (STEFANELLO et al., 2014). Segundo levantamento da CONAB, a safra de grãos de cevada no Brasil em 2016 foi de 374,8 mil toneladas, a qual promove uma produção anual de 14 bilhões de litros de cerveja, ocupando o terceiro lugar no ranking mundial. Regionalmente, a produção do Sudeste (53,8%) continua liderando em todo o país, seguido pelo Nordeste (23,2%) e Sul (12,3%). O polo cervejeiro de Pernambuco é integrado por grandes companhias do setor, como a AMBEV, Brasil Kirin, Itaipava, e futuramente vai ganhar a concorrente local, IBEB (Indústria Brasileira de Bebidas), com previsão para começar a operar em 2018 (CERVBRASIL, 2015).

O RUC é geralmente eliminado diretamente ao solo ou aterro sanitário, o que não é suficiente para drenar a grande quantidade produzida por ano, e por isso pode ser também incorporado na alimentação de animais. Para que esse resíduo e outros possam ser utilizados com eficiência na produção animal, é necessário avaliar o consumo, a composição químico-bromatológica e digestibilidade do alimento (MUSSATTO et al., 2006; SILVA et al., 2010).

O principal entrave na utilização do RUC na alimentação animal é a sua elevada umidade (CABRAL FILHO et al., 2007), sendo encontrados teores de 9,20 a 30,00% de MS de acordo com a literatura (COSTA et al., 1994; LIMA e EVANGELISTA, 2001; CABRAL FILHO et al., 2007; GERON et al., 2007).

Para tentar contornar essa situação, tem-se estudado formas de armazenamento do RUC sem comprometer sua composição física/química, sendo uma das alternativas a silagem. A utilização da ensilagem de resíduos de subprodutos da indústria como o RUC, é uma forma de diminuir a contaminação ambiental por grande quantidade de resíduos descartados, além de ser mais uma alternativa de alimentação animal para o produtor rural, reduzindo o problema de escassez de alimentos em determinadas épocas (SANTOS et al., 2010).

No entanto, devido ao seu baixo teor de matéria seca, o que compromete o processo de fermentação durante o processo, há a necessidade de utilizar aditivos absorventes no intuito de minimizar as perdas de 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; JUNGES, 2014).

Apesar de a técnica de ensilagem ser um importante método de conservação, a deterioração aeróbica constitui seu principal problema (GUIM et al., 2002), sendo a presença de oxigênio no período de estocagem ou na abertura do silo o principal fator para o desenvolvimento de microrganismos aeróbicos que utilizam os substratos derivados diretamente das forragens, ou indiretamente da fermentação, cujo resultado é a perda de nutrientes e, conseqüentemente, a redução no valor nutritivo da silagem (HONING e WOOLFORD, 1979).

Quando exposta ao ar, é inevitável que a silagem se deteriore, podendo resultar em perda substancial de matéria seca, o que geralmente ocorre pela interação de atividades de fungos e bactérias (TAYLOR et al., 2002), aumento de pH, o acúmulo de amônia e o declínio do nível de ácidos orgânicos (lático e acético) (KUNG Jr e RANJIT, 2001).

Neste contexto, objetivou-se verificar o efeito de aditivos (Milho, Trigo e Mandioca) e do tempo de armazenamento de silagens de resíduo úmido de cervejaria (RUC) sobre as perdas, composição química e digestibilidade *in vitro*, bem como avaliar o efeito de aditivos sobre a estabilidade aeróbica de silagens de RUC.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Resíduo Úmido de Cervejaria - RUC

#### 2.1.1 Composição do RUC

Segundo Mussatto et al. (2006), dentre as etapas para a produção de cerveja, primeiramente o grão de cevada passa pelo processo de maltagem, que consiste na germinação do grão, promovendo a emergência da radícula e a ativação de enzimas, incluindo amilases, proteases,  $\beta$ -glucanases e outras, que dão início ao processo de degradação do amido. O processo de brassagem é seletivo, removendo do malte apenas os nutrientes necessários para a produção do mosto, ficando como resíduo as proteínas insolúveis e as paredes celulares residuais da casca e das camadas interiores que protegem a semente. Dependendo do tipo de cerveja produzida, o resíduo pode ser constituído apenas pelo bagaço do malte de cevada ou apresentar resíduos de aditivos como trigo, milho ou arroz que tenham sido adicionados durante a mistura (MUSSATTO et al., 2006).

Após o processamento de maltagem e brassagem dos grãos de cevada para produção de cerveja é que se obtém o RUC, que é composto pela fração sólida residual e menos solúvel, formado basicamente pelas camadas que formavam a casca do grão da cevada e outros aditivos utilizados, caracterizando-o por conter cascas ou farelo com 80% de umidade. De acordo com Geron et al. (2010), os componentes do RUC são o malte, glumas (invólucro da flor das gramíneas) e compostos que não chegaram a solubilizar-se durante o processo de fabricação da cerveja (quantidades variáveis de amido e proteína), além de raízes de malte em quantidades variadas. Segundo Mussatto et al. (2006), o RUC é o mais abundante subproduto da indústria cervejeira, representando cerca de 85% dos coprodutos gerados em todo o processo.

Na produção do malte, muitos dos cereais podem ser utilizados. No entanto, a cevada (*Hordeum vulgare L.*) é o cereal que apresenta menos problemas em nível tecnológico. O milho é raramente utilizado pois pode se tornar rançoso devido ao seu perfil lipídico. O trigo sofre maltagem em escala comercial, particularmente para a produção de certos tipos de pães especiais, mas a propagação microbiana na superfície do grão durante a germinação pode causar problemas. Para a produção de cervejas nativas africanas são utilizadas diversas variedades de cereais, especialmente o sorgo. No entanto, a cerveja feita com malte de cevada é quantitativamente a mais produzida em todo o mundo (BRIGGS et al., 1982; HOUGH, 1991).

Para cada 100 kg de malte de cevada obtém-se de 110 a 120 kg de resíduo úmido de cervejaria, ou mesmo quantidade maior (FISCHER, 1996; BROCHIER e CARVALHO, 2009). O RUC pode ser apresentado na forma úmida, mas também prensado, seco com levedura de cerveja e lúpulo, sendo que nas condições brasileiras predomina o resíduo úmido, uma vez que o processo de secagem é economicamente inviável (SOUZA, 2013).

Segundo Stefanello et al. (2014), as composições do RUC variam, podendo conter altos níveis de fibra dietética, proteína e, particularmente, aminoácidos essenciais, bem como níveis apreciáveis de minerais, polifenóis e lipídios, o que representa características nutricionais altamente desejáveis para o consumo animal. Por ser um subproduto agroindustrial, a composição do RUC sofre influência da matéria prima utilizada e do processo utilizado na fabricação pela indústria cervejeira (SOUZA et al., 2012).

A MS (9% a 30%), Proteína Bruta (17% a 34%), Fibra em detergente Neutro (55% a 65%), Extrato Etéreo (8%), Carboidratos Totais (60%), e outros nutrientes no RUC, com exceção do amido, são maiores que nos cereais que são usados para a fabricação de cerveja (GERON et al., 2008; SILVA et al., 2010; SOUZA et al., 2012;).

Segundo Silva et al. (2010), pelo fato de o RUC possuir alto teor de FDN, ele pode ser definido como alimento volumoso, mas como o RUC também possui elevado conteúdo proteico, ele pode substituir parte do concentrado e parte do volumoso da dieta.

Contudo, as taxas de digestão dos constituintes dos diferentes resíduos diferem na sua maioria, o que torna fundamental avaliar os resíduos com potencial para a alimentação dos animais, com o intuito de se obterem dados em relação às frações de constituintes, como a proteína bruta e carboidratos totais, que possam gerar tabelas para cálculos matemáticos para a formulação de rações (VAN SOEST, 1994; GERON et al., 2007).

### 2.1.2 Limitações da utilização e armazenamento do RUC

Como mencionado anteriormente, o principal entrave na utilização do RUC está na sua elevada umidade (COSTA et al., 1994; LIMA e EVANGELISTA, 2001; CABRAL FILHO et al., 2007; GERON et al., 2007), o que é considerado como a maior limitação econômica para o seu uso.

Além de seu baixo teor de matéria seca, o transporte e o armazenamento nas propriedades rurais também são considerados limitações para o uso deste subproduto, principalmente em propriedades distantes das indústrias cervejeiras, tendo em vista que o custo para se realizar a secagem que facilitaria o transporte é alto, o que pode inviabilizar o seu uso (BARCELOS, 2012). Alguns autores limitam a utilização deste subproduto a



determinadas distâncias das indústrias (CABRAL FILHO et al., 2007; GONÇALVES et al., 2009).

No Brasil, o RUC é tradicionalmente armazenado em condições de aerobiose, em tanques abertos, o que contribui para a sua rápida degradação e perda da qualidade, favorecendo o desenvolvimento de fungos e leveduras que, ao utilizarem o ácido láctico e açúcares, competem com as bactérias ácido-láticas no início do processo fermentativo formando etanol, ocasionando assim perdas de matéria seca e baixa preservação da silagem (ROTZ e MUCK, 1994; CABRAL FILHO et al., 2007; GERON et al., 2007; SOUZA et al., 2012).

O RUC pode ser considerado como um alimento com alto potencial na nutrição de ruminantes, sendo que o mesmo necessita ser submetido a um processo de conservação e, segundo Geron et al. (2008), as principais alternativas para a conservação do RUC seriam a desidratação e a ensilagem. E dentre elas a mais econômica seria a utilização do processo de fermentação anaeróbia para a conservação do RUC, porém poucas pesquisas foram realizadas com o resíduo de cervejaria fermentado (GERON et al. 2007).

O processo de ensilagem apresenta-se como uma alternativa eficiente na conservação do RUC, pois, além de garantir a fermentação láctica, ele inibe o crescimento de microrganismos indesejáveis (MUSSATTO et al., 2006; SANTOS et al., 2010; SOUZA et al., 2012).

Para a confecção da silagem do RUC, pode-se utilizar diversos tipos de silo, dentre os mais simples e baratos, por exemplo, o uso de tambores plásticos de 200 litros, até silos de trincheira. Portilho (2010) relatou que alguns tipos de silos convencionais utilizados são o silo de cobertura, e/ou silo tipo trincheira com paredes em alvenaria, em que se recomenda a utilização de feno ou silagem de milho como cobertura do solo, que auxilia na absorção do excesso de efluente do RUC durante o período de estocagem.

## **2.2 Silagem de RUC**

No processo de ensilagem, o teor de umidade muito elevado (>85%) favorece o crescimento de bactérias do gênero *Clostridium*, resultando em silagem de baixa qualidade. Forragens com teores de umidade entre 66 a 72%, carboidratos solúveis em torno de 12% e uma baixa capacidade tamponante (que ofereça menor resistência na redução do pH para valores entre 3,8 e 4,2), são consideradas ideais para que ocorra a fermentação láctica, além da menor formação de ácido butírico (McCULLOUGH, 1977; TOSI et al., 1995; MACIEL et al., 2008).

O RUC vem sendo avaliado através de seu armazenamento em forma de silagem por muitos autores (JOHNSON et al., 1987; GERON et al., 2008; SOUZA et al., 2012), mas

devido ao seu baixo teor de MS, existe a necessidade de utilizar aditivos, de forma que a fermentação não fique comprometida.

Em silagens as maiores perdas de MS são promovidas pela atuação de microrganismos, além das altas temperaturas na estocagem, dos baixos teores de MS e alta capacidade tampão (CT) do material a ser ensilado (McDONALD et al., 1991). Segundo Jobim et al. (2007), a CT pode ser definida como a resistência que a massa ensilada apresenta ao abaixamento do pH, representando importante função no processo de acidificação da silagem. Segundo Souza et al. (2012), as perdas de MS ocorridas pela produção de efluente podem ser evitadas utilizando-se materiais mais secos ou realizar pré-secagem do material.

Johnson et al. (1987) relataram que, quando conservado pelo processo de fermentação anaeróbia, o RUC pode possuir alto teor proteico, de até 30% de PB, o que pode ser uma alternativa para a elaboração de rações para ruminantes (GERON et al., 2008). A resposta do animal à silagem dependerá do padrão de fermentação que, por sua vez, interfere na composição, podendo alterar a forma e a concentração dos nutrientes como também a ingestão (JOBIM et al., 2007).

A adição de Resíduo de Cervejaria Fermentado (RCF) em dietas exclusivas de gramíneas para ovinos limita o consumo voluntário de MS quando o RCF é fornecido em quantidade superior a 33% da MS da dieta (GERON et al., 2008). Em vacas alimentadas com inclusão de até 15% de silagem de RUC na dieta em comparação à dieta sem RUC, Silva et al. (2010) relataram maiores coeficientes de digestibilidade de MS, PB e EE.

Neste sentido, a utilização de aditivos na ensilagem tem por objetivo minimizar perdas fermentativas e elevar a estabilidade da silagem após a abertura do silo, uma vez que bactérias lácticas tenham dominado a fermentação, o que resultará em silagens bem conservadas e com estabilidade aeróbia aceitável (KUNG Jr et al., 2003).

### 2.2.1 Utilização de aditivos na Silagem de RUC

Neumann et al. (2010) relataram que as principais funções dos aditivos são a promoção da fermentação desejável e/ou a inibição da fermentação indesejável da forragem ensilada. Segundo os mesmos autores, o conceito para o aditivo ser considerado ideal leva em consideração sua segurança durante o manuseio, sua contribuição na redução de perdas de matéria seca, proporcionar a melhoria da qualidade higiênica da silagem, restringir a fermentação secundária (atuação de bactérias clostrídicas ou enterobactérias), aumentar o valor nutritivo, melhorar a estabilidade aeróbica e oferecer o maior retorno em produção animal em relação ao custo apresentado pelo uso do aditivo.

Segundo Rodriguez et al. (2009), o RUC deve ser ensilado com aditivos, os quais juntamente com os produtos desejáveis originados pela fermentação anaeróbica, permitirão um bom tempo de estocagem sem que haja perdas do material. Barcelos (2012) relatou que para obter o RUC com umidade entre 28 e 35%, o ideal para ensilagem, costuma associá-lo a polpa cítrica, casca/ou farelo de soja, torta de algodão ou a outro resíduo de baixo custo ou ampla oferta de acordo com a região, no intuito de aumentar o teor de matéria seca.

### **2.3 Avaliação de Silagem**

As técnicas de avaliação da qualidade de silagens evoluíram em conjunto com outros processos, dentre eles os métodos e as estruturas para armazenamento, os equipamentos de colheita e processamento e as diferentes necessidades das rações dos animais para aumento do potencial de produção. Novas metodologias que auxiliam na avaliação de silagens têm sido empregadas em vários países do mundo.

#### 2.3.1 Amostragem

Para se iniciar a análise de qualidade da forragem, faz-se necessário realizar a amostragem do material a ser analisado. Tal processo pode ter grande influência sobre a avaliação da qualidade dos alimentos, especialmente de silagens e fenos (JOBIM et al., 2007). No silo, normalmente ocorrem atividades microbiológicas com alterações relevantes na composição da forragem; a partir daí, recomenda-se que sejam tomadas amostras em pontos que contemplem toda a superfície do silo.

#### 2.3.2 Determinação da qualidade de fermentação

Atualmente o pH é a variável mais utilizada para se referir à qualidade de fermentação, pois silagens de materiais com baixo teor de umidade apresentam valores de pH elevados, acima de 4,2, valor anteriormente utilizado para classificar uma silagem como de qualidade pobre (JOBIM et al., 2007).

Para se avaliar o pH, o método mais utilizado por pesquisadores brasileiros é o descrito por Silva e Queiroz (2002), no qual se utilizam nove gramas de silagem fresca diluídas em 60 mL de água destilada e, após 30 min de repouso, realiza-se a leitura do pH em potenciômetro digital. Tal procedimento é fortemente adotado em silagens com alto teor de MS.

Segundo Bolsen et al. (1992), os principais substratos para bactérias ácido-láticas para produção de ácidos, que reduz o pH e conserva o material ensilado, são os carboidratos solúveis. Os principais carboidratos solúveis presentes em culturas forrageiras são frutose,

glicose, sacarose e frutanas, observando-se que sacarose e frutanas são rapidamente hidrolisados a seus monômeros no momento da colheita (WOOLFORD, 1990).

A capacidade tampão de uma forragem consiste em sua capacidade de resistir às variações de pH e segundo McDonald et al. (1991), a maior parte das propriedades tamponantes das forragens pode ser atribuída aos ânions (sais ácidos orgânicos, ortofosfatos, sulfatos, nitratos e cloretos), com somente 10 a 20% resultantes da ação de proteínas vegetais. Ou seja, a razão entre carboidratos solúveis e poder tampão é fundamental no processo da ensilagem.

### 2.3.3 Quantificação das perdas em silagens

Durante o período de armazenamento das silagens, podem ocorrer processos que acarretam perdas de nutrientes. Tais perdas podem ocorrer ao longo do período de ensilagem na forma de efluente e gases, devendo ser evitadas para não proporcionar prejuízos ao processo fermentativo, as quais podem chegar a 33% da massa ensilada (McDONALD et al, 1991). A quantificação de perdas é de grande importância para avaliar a qualidade de fermentação da forragem ensilada e para se obterem as quantidades de perdas totais de matéria seca e perdas por gases e efluentes.

A produção de efluentes é influenciada pelo teor de matéria seca do material ensilado, tipo de silo, grau de compactação e o processamento físico da forragem. Material ensilado com alta umidade, as perdas de matéria seca por efluente podem exceder 10%, sendo que em teores de matéria seca em torno de 30%, a produção de efluente pode ser pouco significativa (JONES & JONES, 1996; HAIGH, 1999). Alguns estudos têm mostrado relação negativa entre o teor de matéria seca contido na forragem ensilada e o volume de efluente produzido, sendo que através do efluente são drenados em solução, componentes nitrogenados, açúcares e minerais, ocasionando uma somatória de perdas no valor nutritivo do alimento (FISHER et al., 1981; REYNOLDS et al., 1995; O' DONNELL et al., 1997).

Segundo Jobim et al. (2007), para se determinarem as perdas gasosas, basta realizar a pesagem dos silos de laboratório no fechamento e na abertura, em relação à massa de forragem armazenada. Algumas propostas de equações vêm surgindo em busca de uma maior acurácia e que devem ser adotadas como padrão para estimativas das perdas por gases em silos de laboratório. Para se determinarem as perdas por efluentes tem-se utilizado areia seca na base do silo, calculando a produção de efluente pela diferença de peso do conjunto silo + areia + tela + pano na abertura (após retirar-se a forragem do silo) e antes da ensilagem, em relação à quantidade de forragem fresca ensilada.

Schmidt (2006) propôs uma nova equação para determinação das perdas por gases, de efluentes e de MS, assim como para o índice de recuperação de MS, descontando a tara do silo experimental, adaptada dos modelos existentes por se considerar melhor ajustada e mais condizente com a resposta esperada (PEDROSO, 2003; PAZIANI, 2004; SIQUEIRA, 2005).

#### 2.3.4 Digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS)

A digestibilidade do alimento representa a proporção de um componente nutricional que foi absorvido pelo organismo animal, podendo fornecer a estimativa aparente e verdadeira.

Os métodos *in vitro* e a produção de gases podem simular a digestibilidade através de dispositivos que simulam as condições ruminais (VAN SOEST, 1994). As técnicas propostas para avaliar a digestibilidade dos componentes alimentares sofreram alterações ao longo do tempo conforme as necessidades e resultados das pesquisas. O método convencional de Baumgardt et al. (1962), que consistia em 24 horas de incubação em inóculo ruminal, foi modificado por Tilley e Terry, que descreveram a técnica de digestibilidade *in vitro* em 1963, e alguns laboratórios introduziram modificações à sua utilização. Segundo Van Soest (1994), a incubação em meio de cultura apresenta os inconvenientes de se eliminar a população microbiana aderida à partícula no processo de filtração do material e apresentar grande número de etapas e análise para sua execução.

Segundo Jobim et al. (2007) os processos *in vitro* são geralmente realizados em duas fases. Na fase inicial as amostras de alimentos ficam em contato com o líquido ruminal ou apenas enzimas; no interior de tubo de ensaio, a fim de reproduzir as condições predominantes no rúmen-retículo (presença de microrganismos, anaerobiose, temperatura de 39°C, poder tampão e pH de 6,9), seguido fase da digestão, utilizando pepsina ácida ou mesmo a solução detergente neutro.

A análise da digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) possibilita a simulação dos processos de fermentação do alimento que ocorrem no rúmen e todo o processo digestivo do ruminante, além de ser uma técnica viável e econômica, pois diminui o número de animais necessários para a análise.

A digestibilidade *in vitro* da MS do RUC pode alcançar apenas valores próximos a 42%, sugerindo assim que o material seja ensilado com aditivos absorventes, os quais, juntamente com produtos originados pela fermentação anaeróbica, permitem maior tempo de estocagem do material sem que haja deterioração (SCHNEIDER et al., 1995; GERON et al., 2007).

## 2.4 Tempo de armazenamento e estabilidade aeróbia

O tempo de armazenamento influencia diversos fatores relacionados a qualidade da silagem, fator importante no processo de conservação de silagem e no fornecimento do material aos animais. Entre 2 a 6 semanas de ensilagem, dependendo de várias condições, bactérias fermentam açúcares solúveis em ácido láctico, sem a presença de oxigênio, podendo assim resultar uma fase estável (PAHLOW e MUCK, 2009).

Durante o período de armazenamento, alguns microrganismos podem permanecer bastante ativos por longos períodos (até um ano). A fração de fibras de silagens pode não ser diretamente influenciada por lactobacilos, mas sim pelo tempo de armazenamento, a partir da hidrólise ácida na degradação da hemicelulose durante a ensilagem, podendo aumentar substancialmente a digestibilidade da FDN com o tempo de armazenamento (McDONALD et al., 1991; KUNG Jr e RANJIT, 2001; KLEINSCHMIT e KUNG JR et al., 2003; HALLADA et al., 2008).

Após a abertura do silo, a silagem, ao entrar em contato com o oxigênio, desencadeia o crescimento de microrganismos aeróbios, e, como consequência, iniciará o processo de deterioração aeróbia, também conhecido como “quebra da estabilidade aeróbia” iniciada por leveduras tolerantes a ácidos (MOON ELY, 1979; JUNGES, 2014). O oxigênio pode penetrar na massa mesmo quando o silo se encontra fechado, mas, sobretudo, durante a fase de desabastecimento e fornecimento da silagem aos animais. (BERNARDES et al., 2005).

A técnica de ensilagem é um importante método de conservação de forragem e a deterioração aeróbica constitui seu principal problema (GUIM et al., 2002). Tentar manter o ambiente em anaerobiose durante a fase de fermentação, armazenamento e fornecimento da silagem para os animais, é fator importante para a preservação do valor nutritivo do material ensilado.

Ranjit & Kung Jr. (2000) demonstraram que quando as silagens são expostas ao ar, microrganismos oportunistas iniciam atividade metabólica, produzindo calor e consumindo nutrientes, resultando em perdas, as quais, segundo McDonald et al. (1991), podem chegar a 15%.

O teor de nitrogênio amoniacal ( $N-NH_3$ ) em relação ao nitrogênio total é um parâmetro qualitativo da silagem, que caracteriza o perfil fermentativo ocorrido no processo. Menores teores de  $N-NH_3$  indicam menor intensidade de proteólise ocorrida na ensilagem, sendo característica de um processo de melhor qualidade. McDonald et al. (1991) relataram que a falta de estabilidade na fermentação da silagem resulta na degradação extensiva de aminoácidos em amônia,  $CO_2$  e aminas.

A estabilidade aeróbica é definida como a resistência que as silagens no painel do silo e no cocho têm para o aumento da temperatura. Segundo Bernardes et al. (2007), a estabilidade é dada como o tempo gasto para que a temperatura da silagem exposta ao ambiente ultrapasse em 2<sup>o</sup>C em relação a temperatura ambiente.

Woolford (1990) mencionou que a suscetibilidade da silagem à deterioração parece ser governada mais pela população dos fungos do que pela composição química da silagem. A respiração dos microrganismos aeróbios pode ser considerada como um dos principais agentes que influenciam a qualidade das silagens (Guim et al, 2002). Entretanto, de acordo com McDonald et al. (1991), o substrato utilizado para a respiração depende do tipo do microrganismo; por exemplo as leveduras consomem apenas compostos solúveis (açúcares e produtos da fermentação), enquanto os bolores degradam uma ampla variedade de nutrientes, inclusive carboidratos estruturais e lignina.

Segundo Junges (2014), a primeira metodologia para a avaliação da estabilidade aeróbica em escala de experimentos em laboratório foi proposta pelos pesquisadores alemães Pahlow e Muck (2009), por volta da década de 70, sendo aprimorada até que se tornou uma metodologia padronizada por Ranjit e Kung (2000), para determinar a deterioração aeróbica.

A ação do oxigênio atmosférico resulta na mineralização dos componentes oxidáveis a gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e água. A deterioração de aumento da temperatura a qual está diretamente relacionada às perdas de MS oxidativa na forma de CO<sub>2</sub>. Sendo assim, a taxa de produção de CO<sub>2</sub> é também um indicador da intensidade da deterioração aeróbia de silagens e perda de MS (ASHBELL et al., 1991).

Para se estimar a estabilidade aeróbica pela produção de CO<sub>2</sub>, Ashbell et al. (1991) propuseram uma metodologia estabelecida com base na titulação de uma solução de KOH como coletora do CO<sub>2</sub> liberado pela atividade dos microrganismos na silagem exposta ao ar. O método de medida da quantidade de CO<sub>2</sub> liberado pode ser um real indicador da deterioração da silagem, porém é de custo mais elevado em relação àqueles baseados nas medidas de temperatura, associados ou não às medidas de pH (JOBIM et al., 2007).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi dividido em dois ensaios que foram conduzidos no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em Recife - PE, situada na microrregião fisiográfica do Litoral Mata, 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 25,2°C (INMET, 2016).

O RUC foi proveniente da empresa CEVAPE (Comércio de Resíduos do Nordeste LTDA), localizada no município de Timbaúba - PE e os aditivos foram adquiridos no comércio local. Como aditivos foram empregados o milho moído, o farelo de trigo e a farinha de mandioca, resultando em quatro tratamentos, com três repetições cada (RUC Controle = RUC sem aditivos; RUC+MI = RUC aditivado com milho moído; RUC+FT = RUC aditivado com farelo de trigo; RUC+FMA = RUC aditivado com farinha de mandioca).

### **3.1 Ensaio I: Avaliação do efeito dos aditivos e do tempo de armazenamento sobre as perdas, a composição química e digestibilidade *in vitro* de silagens de RUC.**

Foram utilizados 24 silos experimentais com 75 cm de altura, 15 cm de diâmetro e volume estimado em 0,11 m<sup>3</sup>, confeccionados a partir de canos de PVC, providos de tampas apropriadas dotadas de válvula tipo *Bunsen*, para eliminação de gases produzidos durante a estocagem.

#### 3.1.1 Preparo das silagens

A incorporação dos aditivos foi realizada manualmente na proporção 80% RUC e 20% aditivo (matéria natural), buscando atingir MS em torno de 35%. Os materiais antes e após a confecção das misturas de cada tratamento foram amostrados para determinação dos teores de MS, MO, MM, PB, FDN, FDA, segundo metodologias descritas por Detman et al (2012) e, ainda, para quantificação dos carboidratos solúveis em água (CSA) e capacidade tamponante (CT) segundo metodologias descritas, respectivamente, por Yemm e Willis (1954), modificado por Bezerra Neto e Barreto (2011) e Johnson et al. (1987) (Tabela 1).

No fundo de cada silo foram adicionados aproximadamente 3 kg de areia fina seca em estufa, separada da silagem por um saco de algodão. Foi registrada a tara (cano + tampa + areia seca + saco de algodão) antes da ensilagem, bem como o peso dos silos cheios e tampados, para determinação quantitativa das perdas por gases, recuperação de MS e produção de efluentes, com base nas diferenças gravimétricas. Tanto o tratamento controle como os aditivados foram compactados nos silos, buscando atingir densidade mínima de 225 kg/m<sup>3</sup>, cujas tampas, depois de estes terem sido preenchidos e fechados, foram vedadas com cola plástica (silicone) e os silos mantidos em local coberto em temperatura ambiente. Após 30 dias de armazenamento, 12 silos (três de cada tratamento) foram abertos e os outros 12 silos restantes foram abertos após 120 dias de armazenamento.



**Tabela 1.** Composição químico-bromatológicas dos ingredientes e das misturas antes da ensilagem (80 RUC : 20 ADITIVO), com base na matéria natural

<b>Ingrediente (g/Kg/MS)</b>	<b>MS</b>	<b>MO</b>	<b>MM</b>	<b>PB</b>	<b>FDN</b>	<b>FDA</b>	<b>CSA</b>	<b>CT (N e.mg/100g MS)</b>
Milho Moído	875,00	991,80	8,20	82,60	162,50	26,50	-	-
Farelo de Trigo	885,00	965,70	34,30	182,00	316,60	84,00	-	-
Farinha de Mandioca	938,30	990,10	9,90	4,80	59,60	26,00	-	-
RUC	252,00	961,60	38,40	251,70	668,90	232,50	6,00	23,69
RUC + MI	373,30	974,00	26,00	179,10	535,20	161,20	27,40	31,60
RUC + FT	362,30	963,20	36,80	239,90	493,60	189,00	27,40	38,62
RUC + FMA	386,80	960,60	39,40	116,50	412,40	135,40	18,60	17,71

\*RUC = resíduo úmido de cervejaria; RUC+MI = resíduo úmido de cervejaria e milho moído; RUC+FT = resíduo úmido de cervejaria e farelo de trigo; RUC+FMA = resíduo úmido de cervejaria e farinha de mandioca.

### 3.1.2 Quantificação das perdas da silagem

Para cada tempo de armazenamento, antes da abertura, os silos foram novamente pesados. Após a retirada da silagem, a tara (peso do silo + tampa + areia úmida + saco) foi novamente registrada para determinação das perdas, com base nas diferenças gravimétricas, empregando as seguintes equações descritas por Schmidt (2006).

-Perda total de matéria seca

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

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.

-Determinação da perda por gases:

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

onde:

G = Perda por gases (%MS);

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

Pen = Peso do conjunto vazio (silo + tampa + areia seca + saco) na ensilagem (kg);

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

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

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

-Determinação da produção de efluentes

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

onde:

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

Pab = Peso do conjunto vazio (silo + tampa + areia úmida + saco) na abertura (kg);

Pen = Peso do conjunto vazio (silo + tampa + areia seca + saco) na ensilagem (kg);

MVfe = Massa verde de forragem ensilada (kg).

### 3.1.3 Avaliação da composição química

As amostras das silagens foram secas em estufa de ventilação forçada, a 55°C por 72 h, moídas em moinho tipo Wiley, passando por peneira de crivo de 1 e 2 mm e encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFRPE para determinação das seguintes variáveis: Matéria Seca (MS); Matéria Mineral (MM); Matéria Orgânica (MO); Proteína Bruta (PB); Fibra Insolúvel em Detergente Neutro (FDN); Fibra Insolúvel em Detergente Ácido (FDA); Fibra Insolúvel em Detergente Neutro corrigido para cinzas e proteína (FDNcp); Hemicelulose e lignina, segundo a AOAC (2005) e Van Soest et al. (1991), adaptadas por Detmann et al. (2012).

A determinação das frações proteicas (A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> e C) foi realizada segundo CNCPS (The Cornell Net Carbohydrate and Protein System). A fração A foi determinada de acordo com Krishnamoorthy et al. (1983). Os valores das frações B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e B<sub>3</sub> foram determinados segundo Sniffen et al. (1992). A fração C foi determinada pelo nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), segundo método descrito por Detmann et al. (2012), após a obtenção da fibra em detergente ácido (FDA), segundo Van Soest et al. (1991).

O nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) foi determinado segundo Bolsen et al. (1992), e Vieira (1980), modificado por Cândido (2000), através de amostras frescas, mergulhadas em solução de ácido sulfúrico de baixa concentração, que ficou vedada na geladeira por 48 horas. Passado esse tempo foi destilada e titulada para quantificação da amônia.

A metodologia empregada para registro do pH seguiu o procedimento descrito por Silva & Queiroz (2002), com base na diluição de nove gramas de silagem fresca em 60 mL de água destilada. Após 30 minutos de repouso da solução, a leitura dos valores de pH foi realizada com potenciômetro digital, previamente calibrado.

Os teores de carboidratos solúveis em água residuais (CSAr) nas silagens foram determinados conforme metodologia proposta por Yemm e Willis (1954), modificado por Bezerra Neto e Barreto (2011).

### 3.1.4 Digestibilidade *in vitro*

Para avaliação da DIVMS das silagens, foi pesado 0,5 grama das amostras pré-secas em estufa de circulação de ar forçada a 55°C por 72 horas, moídas a 2 mm, que foram acondicionadas em sacos confeccionados de TNT (tecido não tecido) de 100 micras, os quais foram incubados em jarros contendo líquido ruminal e solução tampão, segundo

metodologia proposta pela ANKOM Daisy Incubator (ANKOM® Technology Corporation, Fairport, NY) e descrita por Holden (1999).

### 3.1.5 Análise estatística

Para avaliação do efeito do aditivo (controle - sem aditivo, milho moído, farelo de trigo e farinha de mandioca) e tempo de armazenamento das silagens (30 e 120 dias), utilizou-se delineamento inteiramente casualizado (DIC) com arranjo fatorial (4x2), sendo quatro silagens (com três repetições) e dois tempos de armazenamento. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico do SAS (2002), com o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + e_{ij}$$

Em que:

$i$  = RUC, RUC-MI, RUC-FT, RUC-FMA (silagens);  $j$  = 30 e 120 (dias de armazenamento);

$Y_{ij}$  é o efeito da  $i$ -ésima observação das silagens  $i$  n  $j$ -ésimo tempo de armazenamento;

$\mu$  é a média geral;

$A_i$  é o efeito da  $i$ -ésima silagem;

$B_j$  é o efeito do tempo de abertura das silagens;

$(AB)_{ij}$  é o efeito da interação silagem x tempo de armazenamento;

$e_{ij}$  é o erro aleatório associado a cada observação;

## **3.2 Ensaio II: Avaliação do efeito dos aditivos sobre a estabilidade aeróbica das silagens de RUC.**

Todas as silagens, após cada tempo de armazenamento (30 e 120 dias), foram avaliadas quanto a estabilidade aeróbica após abertura dos silos. Para tal, duas metodologias foram empregadas: uma pelo monitoramento da alteração da temperatura das silagens em relação ao ambiente (KUNG Jr et al., 2000) e outra pela quantificação da produção de CO<sub>2</sub> (ASHBELL et al., 1991). Para melhor caracterização do processo de deterioração foram mensuradas as concentrações de N-NH<sub>3</sub>, valores de pH e composição bromatológica foram mensuradas das silagens expostas ao ar.

### 3.2.1 Estabilidade aeróbia das silagens pelo monitoramento da temperatura

Em cada tempo de armazenamento dos silos, aproximadamente 3 kg das silagens de cada tratamento foram colocadas, sem compactação, em baldes plásticos sem tampa e mantidos em sala climatizada, em triplicata. Para os silos armazenados por 30 dias, os baldes contendo as silagens foram mantidos em sala climatizada com temperatura média de  $25,6 \pm 2,4^\circ\text{C}$ , monitorados por 222 horas. Os baldes contendo as silagens armazenadas por 120 dias ficaram na mesma sala climatizada, a temperatura foi de  $22,8 \pm 2,2^\circ\text{C}$  e

permaneceram monitorados por 510 horas.

As temperaturas das silagens e do ambiente foram registradas diariamente em três horários, às 7, 13 e 19 horas. Para acompanhamento da temperatura ambiente, quatro termômetros digitais foram alocados em pontos distintos da sala e para registro da temperatura das silagens, termômetros de álcool colorido, com escala de -10°C a 150°C, foram posicionados no centro geométrico no interior da massa de silagem. A perda da estabilidade aeróbia (EA) foi definida como o tempo em horas para elevação da temperatura em 2°C em relação ao ambiente (KUNG Jr et al., 2000).

### 3.2.2 Deterioração aeróbia das silagens

A outra metodologia para avaliação da EA foi através da quantificação do CO<sub>2</sub> produzido nas silagens expostas ao ar por 1, 3, 6 e 9 dias.

O sistema utilizado para a mensuração da deterioração aeróbia foi o descrito por Ashbell et al. (1991), elaborado com garrafas de polietileno (PET), sendo que, para o preparo de uma unidade, foram necessárias duas garrafas. A parte superior de uma garrafa corresponde ao volume de dois litros e foi seccionada para ser usada como parte inferior do sistema, enquanto a base original da garrafa foi a tampa do sistema. Para permitir a circulação de ar, foram feitos dois orifícios de 1 cm de diâmetro, um na tampa e outro no fundo da garrafa, protegidos por uma tela, para evitar a entrada de insetos. Foram colocados, levemente compactados, cerca de 500 g de silagem (peso úmido), devidamente registrados. 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 partes superior e inferior foram então encaixadas e fixadas com fita adesiva, formando o sistema, que permaneceram simultaneamente na mesma sala climatizada descrita no item 3.2.1

Para quantificar o CO<sub>2</sub>, 10 mL da solução de KOH do sistema foi titulada com solução de ácido clorídrico (HCl) 1N; nesta titulação, a indicação de que o CO<sub>2</sub> foi expelido foi pela própria alteração no valor do pH entre 8,1 e 3,6, sendo anotado o volume (mL) de HCl gasto neste intervalo de pH. O eletrodo do potenciômetro permaneceu todo o tempo da titulação em contato com a solução de KOH.

A quantidade de CO<sub>2</sub> (kg<sup>-1</sup> de MS) foi calculada de acordo com a fórmula:

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

onde:

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.

Para avaliação da composição química, em cada tempo de exposição das silagens ao ar (1, 3, 6 e 9 dias), as amostras de todos os tratamentos (de cada período de armazenamento dos silos- 30 e 120 dias) foram secas em estufa de ventilação forçada, a 55°C por 72 h, moídas em moinho tipo Wiley, passando por peneira de crivo de 1 mm e encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFRPE para determinação das seguintes variáveis: Matéria Seca (MS); Matéria Mineral (MM); Matéria Orgânica (MO); Proteína Bruta (PB); Fibra Insolúvel em Detergente Neutro (FDN); Fibra Insolúvel em Detergente Ácido (FDA); Fibra Insolúvel em Detergente Neutro corrigido para cinzas e proteína (FDNcp); Hemicelulose e lignina, segundo a AOAC (2005) e Van Soest et al. (1991), adaptadas por Detmann et al. (2012).

O nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) foi determinado segundo Bolsen et al. (1992), e Vieira (1980), modificado por Cândido (2000), através de amostras frescas, mergulhadas em solução de ácido sulfúrico de baixa concentração, que ficou vedada na geladeira por 48 horas e, passado esse tempo, foi destilada e titulada para quantificação da amônia.

Os valores de pH das silagens foram obtidos com auxílio de potenciômetro digital previamente calibrado, seguindo metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002).

### 3.2.3 Análise estatística

Em cada tempo de armazenamento dos silos (30 e 120 dias), para a avaliação do efeito do aditivo (controle - sem aditivo, milho moído, farelo de trigo e farinha de mandioca com três repetições) e tempo de exposição das silagens ao ar (1, 3, 6 e 9 dias), utilizou-se delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema de parcelas subdivididas, sendo o efeito do aditivo alocado na parcela e o tempo de exposição, na subparcela.

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias foram comparadas, quando necessário, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico do SAS (2002), com o seguinte modelo:

$$Y_{ik} = \mu + C_i + e_i + P_k + CP_{ik} + e_{ik}$$

Em que:

i = RUC, RUC-MI, RUC-FT, RUC-FMA (silagens); k = 1, 3, 6 e 9 (dias de exposição);

Y<sub>ik</sub> é o efeito da i-ésima observação das silagens i n k-ésimo tempo de exposição;

μ é a média geral;

C<sub>i</sub> é o efeito da i-ésima silagem, efeito fixo; P<sub>k</sub> é o efeito do tempo de exposição de amostragem, efeito fixo;

e<sub>i</sub> é o erro a (parcela);

$CP_{ik}$  é o efeito da interação silagem x tempo de exposição e;  $e_{ik}$  é o erro b (erro experimental).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Ensaio I

Quanto às perdas nas silagens (Tabela 2), detectou-se interação significativa ( $P < 0,05$ ) entre o efeito dos aditivos e o tempo de armazenamento apenas para a produção de efluentes. O tempo de armazenamento das silagens promoveu alterações significativas ( $P < 0,05$ ) na perda total de matéria seca, de modo que as silagens armazenadas por 120 dias apresentaram maior ( $P < 0,05$ ) perda total de matéria seca.

Os aditivos, por sua vez, reduziram ( $P < 0,05$ ) a perda total de matéria seca (PTMS), sendo a farinha de mandioca o aditivo mais efetivo na redução das perdas de MS. Porém, este mesmo aditivo levou a maior perda por gases (Tabela 2).

Trabalhando com silagens de capim-elefante aditivadas com *Lactobacillus plantarum* e farelo de trigo, isoladamente ou em combinação, Zanine et al. (2006) relataram que aumentam a produção de ácido láctico, promovem maior recuperação da matéria seca e melhoram a qualidade de silagens de capim-elefante, sendo os maiores benefícios alcançados com a combinação desses dois aditivos.

Aumento significativo nas perdas por gases foi observado com a inclusão dos aditivos nas silagens de RUC, principalmente nas silagens aditivadas com farinha de mandioca (4,02 %MS), possivelmente por conter materiais de fácil fermentação.

O desdobramento da interação entre o efeito do aditivo e tempo de armazenamento (Tabela 3) revelou que o uso de aditivos, tanto aos 30 como aos 120 dias de armazenamento, proporcionou menor ( $P < 0,05$ ) produção de efluentes. No entanto, quanto maior o tempo de armazenamento, maior foi a produção de efluentes.

Zanine et al. (2007) avaliaram o efeito da inclusão da farinha de trigo sobre as perdas, a recuperação da MS e a qualidade da silagem de capim-mombaça, resultando na eliminação das perdas por efluentes com adição da farinha de trigo. No presente trabalho, a adição de farelo de trigo e a farinha de mandioca também resultaram nas menores perdas por efluente, indicando, assim, que a inclusão desses aditivos é uma alternativa vantajosa que impede o escape de nutrientes via efluentes e diminui as perdas de MS.

**Tabela 2.** Perda total de matéria seca, perda por gases e produção de efluentes de silagens de RUC com e sem aditivos em diferentes tempos de armazenamento

	Tratamentos* (T)				Tempo de armazenamento (TA)		Valor de P		
	RUC	RUC+MI	RUC+FT	RUC+FMA	30dias	120dias	T	TA	T x TA
<sup>1</sup> PTMS (%MS)	12,22A	7,27AB	9,01AB	6,14B	5,69B	11,63A	0.0313	0.0004	0.2898
<sup>2</sup> PG (%MS)	2,54C	3,59B	3,75B	4,02A	3,49	3,46	<.0001	0.5491	0.9558
<sup>3</sup> Eflu (Kg/tonMV)	112,93	92,96	55,66	37,47	58,97	90,54	<.0001	<.0001	<.0001

\*RUC = silagem de RUC sem aditivo; RUC+MI = silagem de RUC aditivada com milho moído; RUC+FT = silagem de RUC aditivada com farelo de trigo; RUC+FMA = silagem de RUC aditivada com farinha de mandioca. <sup>1</sup>Perda Total de Matéria Seca (%MS); <sup>2</sup>Perda por Gases (%MS); <sup>3</sup>Produção de efluentes (Kg/tonMV). Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

**Tabela 3** Desdobramento da interação entre os efeitos do uso de aditivos e tempo de armazenamento sobre a produção de efluentes (Kg/tonMV) das silagens de RUC

Tempo de Armazenamento (TA) (dias)	Tratamentos* (T)				Valor P (TA x T)
	RUC	RUC+MI	FUC+FT	RUC+FMA	
<b>Produção de efluentes (Kg/tonMV)</b>					
30	103,97Ab	66,24Bb	36,02Cb	29,63Cb	<.0001
120	121,90Aa	119,77Aa	75,30Ba	45,31Ca	

\*RUC = silagem de RUC sem aditivo; RUC+MI = silagem de RUC aditivada com milho moído; RUC+FT = silagem de RUC aditivada com farelo de trigo; RUC+FMA = silagem de RUC aditivada com farinha de mandioca. Para cada variável, médias seguidas de letras distintas (maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas) diferem pelo Teste T e de Tukey (P<0,05), respectivamente.



Segundo Eckstein et al (2015), ao avaliar a recuperação de MS e a produção de efluentes da silagem de RUC em diferentes tempos de abertura (30, 60, 90, 120, 150, 180 e 210 dias), a produção de efluentes apresentou efeito quadrático ( $P < 0,05$ ). De acordo com o tempo de abertura, aos 30 dias, houve um baixo valor (6,51% MS) de perdas comparando as demais aberturas, pois pode ter ocorrido por fermentações secundárias de microrganismos e, após sua estabilização, houve redução na produção de efluentes. Dados semelhantes ao presente estudo, em que todas as silagens aos os 30 dias de armazenamento, incluindo a controle, houve menor ( $P < 0,05$ ) produção de efluentes.

Na Tabela 4 estão apontados os valores médios da composição química de silagens de RUC com e sem aditivos, em diferentes tempos de armazenamento. Houve influência significativa entre os efeitos dos tratamentos e o tempo de armazenamento para os teores de proteína bruta (PB), de FDN, de hemicelulose e valores de pH das silagens estudadas.

Considerando a umidade do RUC *in natura* empregado neste estudo (265,72 g/kg MV), os aditivos foram efetivos na elevação do teor de MS do material a ser ensilado. No entanto, o tempo de armazenamento não proporcionou alterações nos teores de MS, de MM, de MO e de PB das silagens (independente do tipo de aditivo empregado).

Houve efeito ( $P < 0,05$ ) para MO nas silagens de RUC e RUC-FT, devido ao menor teor desse nutriente no material antes da ensilagem, decorrente, além de sua composição natural (RUC e o trigo), do processo de fermentação para produção da cerveja (RUC).

A fração fibra detergente ácida (FDA) em forragens é compreendida principalmente pelas frações celulose e lignina (VAN SOEST,1994). Não houve interação significativa entre os efeitos do aditivo e do tempo de armazenamento para a concentração de FDA das silagens. No entanto, as silagens armazenadas por maior tempo mostraram maior ( $P < 0,05$ ) concentração de FDA, fato que pode ser atribuído à maior perda de compostos solúveis ou passíveis a fermentação durante o armazenamento, que leva a maior concentração dos componentes da parede celular.

**Tabela 4.** Valores médios da composição química de silagens de RUC com e sem aditivos em diferentes tempos de armazenamento

	Tratamentos* (T)				Tempo de Armazenamento (TA)		Valor de P		
	RUC	RUC+MI	RUC+FT	RUC+FMA	30dias	120dias	T	TA	T x TA
MS (g/kg MV)	265,72B	378,07A	370,47A	380,97A	357,37	340,24	<.0001	0.0665	0.6738
MM (g/kg MS)	41,47 <sup>a</sup>	32,67B	42,77A	25,07C	36,37	34,62	<.0001	0.2355	0.3230
MO (g/kg MS)	958,53C	967,33B	957,23C	974,93A	963,63	965,38	<.0001	0.2355	0.3230
PB (g/kg MS)	269,15	191,73	227,48	142,15	207,79	207,47	<.0001	0.9274	0.0134
FDN (g/kg MS)	633,08	336,07	414,52	361,43	470,43	402,13	<.0001	0.0003	0.0130
FDA (g/kg MS)	205,38A	148,13B	146,12B	108,23B	132,69B	171,24A	0.0205	0.0228	0.4178
FDNcp (g/kg MS)	481,50A	220,77BC	301,92B	184,89C	345,43A	249,11B	<.0001	0.0022	0.1499
HEMIC (g/kg MS)	427,68	187,95	268,40	253,18	337,71	230,90	0.0003	0.0028	<0.0001
LIGN (g/kg MS)	207,77A	54,02BC	90,47B	43,70C	89,15	108,82	<.0001	0.0515	0.4206
pH	4,03	4,08	4,38	3,66	4,15	3,92	<.0001	<.0001	<.0001
N-NH <sub>3</sub> /N total	1,95C	4,09B	6,08A	1,79C	2,69B	4,26A	<.0001	<.0001	0.0795
DIVMS (g/kg MS)	644,87D	762,73B	724,13C	824,63A	753,08A	725,10B	<.0001	0.0061	0.9605
CSAr (g/kg MS)	3,16	4,65	4,15	8,81	6,93	3,45	<.0001	<.0001	0.0103

\*RUC = silagem de RUC sem aditivo; RUC+MI = silagem de RUC aditivada com milho moído; RUC+FT = silagem de RUC aditivada com farelo de trigo; RUC+FMA = silagem de RUC aditivada com farinha de mandioca. Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os aditivos e o tempo de armazenamento influenciaram os valores de FDNcp ( $P < 0,05$ ); porém, a interação dos fatores não foi significativa. As silagens controle apresentaram maiores valores de FDNcp que as silagens aditivadas (Tabela 4). Por outro lado, as silagens armazenadas por 120 dias mostraram redução de 27,88% na concentração desta fração quando comparada à das silagens armazenadas por 30 dias. A partir destes valores, as silagens podem ser consideradas de qualidade média em dietas para ruminantes de alta produção, pois possuem menos componentes celulares que interferem na qualidade da MS, se comparado ao de 385 g/kg, relatado por Mulligan et al. (2002), e ao de 413g/kg, reportado por Qiu et al. (2003). As diferenças numéricas entre os teores de FDN e FDNcp são oriundas da subtração das cinzas e PIDN na FDNcp, cujas amplitudes indicam a importância destas correções para classificação das silagens quanto à qualidade (VELHO et al., 2007).

A lignina exerce grande influência sobre a taxa de degradação e a degradabilidade efetiva da parede celular dos alimentos volumosos (VAN SOEST, 1994). Os baixos valores de FDA para as silagens aditivadas podem estar relacionados com qualidade da fração fibra e as concentrações de lignina no subproduto. O RUC apresenta grandes quantidades de casca de cevada na sua composição, parte do grão que pode conter elevadas concentrações de lignina (207,77 g/kg MS).

As silagens aditivadas com farelo de trigo e milho moído apresentaram os maiores valores médios (6,08 e 4,09/%Ntotal) de N-NH<sub>3</sub>, respectivamente. Estes valores indicam que estas apresentaram maior proteólise. Da mesma forma, o maior tempo de armazenamento conduziu à produção mais elevada ( $P < 0,05$ ) de N-NH<sub>3</sub>/ %Ntotal nas silagens. Segundo Benacchio (1965), que classificou a silagem quanto ao teor de N-NH<sub>3</sub> em relação ao nitrogênio total, essa é considerada como muito boa, quando os valores são inferiores a 10%, adequada quando entre 10 a 15%, aceitável entre 15 a 20%, e insatisfatória quando os valores se situam acima de 20%.

É oportuno mencionar que nas duas situações mencionadas anteriormente a proteólise não foi intensa, considerando que, segundo Benacchio (1965), silagens que apresentam valores máximos de 10% de N-NH<sub>3</sub> total podem ser consideradas como indicativo de silagens bem conservadas. É válido mencionar que a maior parte das proteases provenientes de células vegetais é inativada pelo abaixamento de pH e, ao se verificarem estes valores nas silagens (Tabela 4), entende-se o benefício da obtenção de silagens com baixo pH.

O valor médio obtido para DIVMS da silagem de RUC foi menor em relação às silagens aditivadas (644,87 g/kg MS), porém maior do que os valores encontrados por Geron et al. (2007), que trabalharam com resíduo de cerveja úmido e fermentado (42,1e 43,5% respectivamente). Baixos valores de digestibilidade devem-se ao aumento nas porcentagens de celulose, hemicelulose e lignina e a redução na concentração de compostos e potencialmente digestíveis como os carboidratos solúveis, proteínas, minerais e vitaminas (VAN SOEST, 1994). Segundo Campos (2004), o elevado teor de lignina da silagem de RUC é a principal causa de menores valores da DIVMS ( $P < 0,05$ ), o que foi observado para as silagens de RUC e RUC-FT, que no presente estudo foram as que obtiveram menores valores de DIVMS e maiores proporções de lignina.

Da mesma forma que para a FDN que foi superior, os valores obtidos para DIVMS sugerem cautela na utilização das silagens de RUC abordadas nesse estudo em dietas animais, pois a redução da digestibilidade ocasiona aumento do tempo de retenção da ingesta no rúmen com redução no consumo de MS ocasionando efeitos diretos sobre o desempenho animal (REZENDE et al., 2012).

Houve interação entre o efeito do aditivo e do tempo de armazenamento para os valores de PB, FDN, Hemicelulose, pH e CSAr das silagens de RUC. Foi verificado que as silagens sem aditivo apresentaram maiores teores de PB, independente do tempo de armazenamento (Tabela 5), sendo maior aos 120 dias, ao contrário da silagem aditivada com farinha de mandioca, que apresentou os menores teores de PB aos 120 dias.

De acordo com Van Soest (1994), a porcentagem de proteína bruta não apresenta grande variação durante o processo de ensilagem, apesar de que as diferentes frações nitrogenadas podem ter suas proporções alteradas, uma vez que silagens com baixos teores de MS podem favorecer o desenvolvimento de bactérias indesejáveis durante a fermentação e estas atuarem como responsáveis pela proteólise do material armazenado, o que justifica a variação das frações nitrogenadas, refletindo assim nos valores de PB de todos os tratamentos em ambos os tempos de abertura, exceto para aquelas silagens aditivadas com farelo de trigo (227,48 g/kg MS).

O componente da fração fibrosa (FDN) foi maior nas silagens de RUC sem aditivos em ambos os tempos de abertura, comparadas aos outros tratamentos; porém, foi maior ( $P < 0,05$ ) nos 30 que nos 120 dias de armazenamento, possivelmente em função da acidez oriunda da fermentação, que pode provocar o decréscimo no conteúdo da fibra de silagens em decorrência da hidrólise ácida da hemicelulose (ROTZ e MUCK, 1994), que no presente estudo reduziu aos 120 dias de armazenamento (230,90 g/kg MS).

A hemicelulose é compreendida como um carboidrato estrutural, formada por uma cadeia principal de xilanas com ligações  $\beta$  (1 – 4) nas unidades de D – xilose, com cadeias laterais de ácido metil glucurônico, e frequentemente glicose, galactose e arabinose (VAN SOEST, 1994). Os valores de Hemicelulose diminuíram 19,98% no tratamento de silagem de RUC sem aditivo quando aumentou o tempo de armazenamento. A redução no teor de hemicelulose pode ser justificada por sua hidrólise ácida, que, segundo McDonald et al. (1991), resulta da atividade da enzima hemicelulase presente na forragem. Essa enzima é produzida pelas bactérias e a hidrólise ocorre por causa da presença de ácidos produzidos durante a fermentação. Segundo esses autores, metade da hemicelulose contida na forragem pode ser hidrolisada e a maior parte da hidrólise ocorre na fase inicial da ensilagem.

Verificaram-se diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) nas interações tempo e tratamento em todas as silagens para os valores de pH, destacando-se as silagens de RUC sem aditivo e RUC-MI (3,95 e 3,86, respectivamente) com 120 dias de armazenamento, que, de acordo com autores (SOUZA, et al., 2012; GREGHI, et al., 2014), valores de pH entre 3,8 e 4,0 são considerados adequados para a qualidade da silagem, indicando satisfatória preservação dos nutrientes ensilados.

Valores de pH abaixo de 3,8 foram encontrados nas silagens aditivadas com farinha de mandioca em ambos os tempos de armazenamento (3,60 e 3,71 aos 30 e 120 dias, respectivamente). Os maiores valores de pH foram encontrados nas silagens de RUC-FT e RUC-MI aos 30 dias de armazenamento (4,61 e 4,30 respectivamente). De acordo com a literatura, silagens que apresentam valores de pH superiores que 4,5 possibilitam ação de bactérias proteolíticas e alta produção de ácido butírico, indicando má qualidade da silagem (McDONALD, et al. 1991). Contudo, o pH final nas silagens não pode ser considerado isoladamente como critério de avaliação das silagens, pois a inibição de fermentações secundárias depende também da velocidade da queda do pH, da concentração iônica e da umidade do material ensilado (SOUZA et al, 2012). Outro fator que ocasionou a diferença de pH nas silagens foi a proporção de carboidratos solúveis dos próprios aditivos utilizados.

O teor de CSAr diminuiu ao longo do tempo de armazenamento ( $P < 0,05$ ), reflexo do metabolismo dos açúcares em produtos de fermentação. O teor médio de CSAr da silagem fresca foi de 19,8g/Kg MS, reduzindo em 50,22% de 30 para 120 dias de armazenamento (de 6,93 para 3,45g/Kg MS, respectivamente).

**Tabela 5.** Desdobramentos da interação entre os efeitos do tratamento e tempo de armazenamento sobre os valores de PB, FDN, Hemicelulose, pH e CSAr das silagens de RUC com e sem aditivos.

Tempo de Armazenamento (TA) (dias)	Tratamentos* (T)				Valor <i>P</i> (TA x T)
	RUC	RUC+MI	RUC+FT	RUC+FMA	
<b>PB (g/kg MS)</b>					
30	259,09Ab	200,26Ca	230,00Ba	141,83Da	0.0134
120	279,24Aa	183,17Cb	224,98Ba	142,50Da	
<b>FDN (g/kg MS)</b>					
30	680,94Aa	332,44Ca	446,93Ba	434,16Ba	0.0130
120	585,26Ab	339,72BCa	394,86Ba	288,68Cb	
<b>Hemicelulose (g/kg MS)</b>					
30	475,12Aa	227,98Ca	325,44Ba	335,10Ba	<.0001
120	380,28Ab	249,45Ba	224,12Bb	171,28Cb	
<b>pH</b>					
30	4,09Ca	4,30Ba	4,61Aa	3,60Db	<.0001
120	3,96Bb	3,86Bb	4,15Ab	3,71Ca	
<b>CSAr (g/kg MS)</b>					
30	4,90Ca	6,36Ba	6,46Ba	10,00Aa	0.0103
120	1,43Cb	2,93Bb	1,83Cb	7,63Ab	

\*RUC = silagem de RUC sem aditivo; RUC+MI = silagem de RUC aditivada com milho moído; RUC+FT = silagem de RUC aditivada com farelo de trigo; RUC+FMA = silagem de RUC aditivada com farinha de mandioca. Para cada variável, médias seguidas de letras distintas (maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas) diferem pelo Teste T e de Tukey ( $P < 0,05$ ), respectivamente.

Os carboidratos solúveis são rapidamente utilizados pelos microrganismos presentes na silagem para a produção do ácido láctico, os quais são responsáveis em acidificar o meio e garantem a conservação adequada da forragem ao longo do armazenamento. Isso também foi observado por Sanderson (1993), que verificou reduções de 6,6 e 5,8 unidades percentuais de carboidratos solúveis após 40 e 186 dias de armazenamento, respectivamente. Quanto aos tratamentos, o RUC-FT foi o que apresentou maior CSA antes da ensilagem, e foi o que apresentou o maior consumo de carboidratos solúveis, proporcionando maiores perdas em relação a antes e depois de ensilado (84,85%). O tratamento sem aditivos (RUC) acarretou em menores percentuais de perdas (47,33%), possivelmente devido a ser o material com menor quantidade de CSA ensilado (6,0 g/kg de MS).

Segundo Velho et al. (2007), melhor compactação pode favorecer a fermentação mais homolática, ou seja, com menor desperdício de carboidratos solúveis para produção de ácido láctico, desperdício causado por respiração celular da forragem e/ou degradação por microrganismos aeróbios. No presente estudo as silagens controles obtiveram menores perdas por gases (2,54%MS) e menor produção de N-NH<sub>3</sub> (1,95% Ntotal).

O teor de nitrogênio não-proteico (NNP) das silagens (Tabela 6), representado pela fração A, foi maior aos 120 dias de armazenamento ( $P>0,05$ ), o que pode ter ocorrido devido a parte da proteína da silagem ter sido convertida a NNP durante o processo de fermentação das silagens.

Os valores da fração A registrados para a silagem de RUC (Tabela 6) nesse estudo foram superiores aos de Geron et al. (2007) e Souza (2013), que observaram valores de 79g/kg de PB e de 72,3g/kg de PB para a fração A do resíduo de cervejaria na forma úmida, respectivamente. Analisando-se a fração composta por nitrogênio não proteico (NNP), as silagens RUC-FMA e RUC apresentaram os menores resultados, discordando de Cabral et al. (2004), que obtiveram o valor de 56,9% da fração A da silagem de capim-elefante e atribuíram o elevado teor desta fração ao baixo teor de MS da silagem de capim-elefante (18,3%), um indicativo da ocorrência de maior proteólise durante a fermentação. No presente estudo as silagens de RUC e RUC-FMA obtiveram o menor e o maior teor de MS respectivamente (256,72 e 380,97 g/kg de PB); já as silagens de RUC-FT e RUC-MI (461,63 e 395,38 g/kg PB respectivamente) apresentaram os maiores valores de NNP, fator demonstrado pela maior produção de N-NH<sub>3</sub> destas silagens.

**Tabela 6.** Valores de proteína bruta (PB) e das frações proteicas de silagens de RUC com e sem aditivos em diferentes tempos de armazenamento.

	Tratamentos* (T)				Tempo de Armazenamento (TA)		Valor de P		
	RUC	RUC+MI	RUC+FT	RUC+FMA	30dias	120dias	T	TA	T x TA
PB (g/kg MS)	269,16	191,72	227,49	142,16	207,79	207,47	<.0001	0.9274	0.0134
PV (g/kg PB)	716,86B	604,61C	538,36D	858,30A	708,47 <sup>a</sup>	650,59B	<.0001	0.0001	0.1058
Fração A (g/kg PB)	283,13C	395,38B	461,63A	141,69D	291,52B	349,40A	<.0001	0.0003	0.1057
Fração B1 (g/kg PB)	275,51	219,92	186,86	343,54	270,24	242,67	<.0001	0.0007	0.0081
Fração B2 (g/kg PB)	136,27	136,19	136,19	209,43	199,79	109,25	0.0005	<.0001	<.0001
Fração B3 (g/kg PB)	269,75	232,27	186,52	287,13	217,07	270,76	0.0017	0.0036	0.0015
Fração C (g/kg PB)	35,33	16,21	28,76	18,18	21,36	27,88	0.0001	0.021	0.0041

\*RUC = silagem de RUC sem aditivo; RUC+MI = silagem de RUC aditivada com milho moído; RUC+FT = silagem de RUC aditivada com farelo de trigo; RUC+FMA = silagem de RUC aditivada com farinha de mandioca. Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).



Os teores de proteína verdadeira (PV), representada pela fração B, foram superiores nas silagens de RUC-FMA e sabendo que as frações B, por sua maior taxa de degradação ruminal (SNIFFEN et al., 1992), pode-se então afirmar que a adição de farinha de mandioca nas silagens de RUC contribui para o atendimento aos requisitos de nitrogênio dos microrganismos do rúmen. A PV foi maior aos 30 dias de armazenamento, o que está relacionado com o aumento da fração A aos 120 dias de armazenamento, devido a maior conversão da PV com o tempo de armazenamento.

A fração B1 (Tabela 7) foi maior para as silagens de RUC-FMA (343,54g/Kg de PB) e essa diferença observada pode ter sido influenciada pela transformação dos peptídeos e oligopeptídeos em compostos mais simples (amônia), promovido pelas bactérias anaeróbias durante o processo de ensilagem (GERON, et al., 2007).

No CNCPS a fração B1 (albumina e globulina) é considerada como sendo degradada no rúmen (SNIFFEN et al., 1992); portanto, em conjunto com NNP são utilizados pela microbiota ruminal. Todas as silagens apresentaram maior fração B1 aos 30 dias de armazenamento, indicando que com o passar do período de armazenamento essa fração foi utilizada pelos microrganismos nos processos fermentativos.

Considerando que as frações A + B1 indicam maior fornecimento de NNP e peptídeos degradáveis no rúmen, o RUC-FT e o RUC-MI proporcionam maiores teores dessas frações (648,49 e 615,30 g/Kg de PB, respectivamente) em relação ao RUC e RUC-FMA (558,64 e 485,23g/Kg de PB respectivamente).

Para os teores de proteína associada à parede celular e de lenta degradação, representada pela fração B3, foram verificados valores crescentes para as silagens de RUC aos 120 dias de armazenamento ( $P < 0,05$ ).

Apenas a RUC-FMA não variou a fração B2 com o período de armazenamento ( $P < 0,05$ ). Já as silagens de RUC-MI e RUC-FT apresentaram os menores valores da fração B2 aos 120 dias de armazenamento, representando maior utilização da fração de degradação intermediária (albuminas e gluteínas) ao longo do período de armazenamento.

**Tabela 7.** Desdobramentos da interação entre os efeitos do tratamento e tempo de armazenamento sobre os valores das frações B1, B2, B3 e C da PB das silagens de RUC com e sem aditivos.

Tempo de Armazenamento (TA) (dias)	Tratamentos* (T)				Valor <i>P</i> (TA x T)
	RUC	RUC+MI	RUC+FT	RUC+FMA	
<b>Fração B1 (g/kg PB)</b>					
30	302,13Ba	247,10Ca	182,02Da	349,72Aa	0.0081
120	248,89Bb	192,73Cb	191,70Ca	337,37Aa	
<b>Fração B2 (g/kg PB)</b>					
30	164,48Ba	231,93Aa	213,24ABa	189,53ABa	<.0001
120	108,07Bb	40,46Cb	59,15BCb	229,33Aa	
<b>Fração B3 (g/kg PB)</b>					
30	260,85Aa	151,89Bb	143,28Bb	312,27Aa	0.0015
120	278,65Aa	312,65Aa	229,76Aa	261,98Aa	
<b>Fração C (g/kg PB)</b>					
30	34,24Aa	18,29Ba	15,98Bb	16,94Ba	0.0041
120	36,42Aa	14,13Ba	41,55Aa	19,41Ba	

\*RUC = silagem de RUC sem aditivo; RUC+MI = silagem de RUC aditivada com milho moído; RUC+FT = silagem de RUC aditivada com farelo de trigo; RUC+FMA = silagem de RUC aditivada com farinha de mandioca. Para cada variável, médias seguidas de letras distintas (maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas) diferem pelo Teste T e de Tukey ( $P < 0,05$ ), respectivamente.

A fração B3 da PB da silagem de RUC, a qual parte escapa da fermentação ruminal, foi superior (260,85g/Kg de PB) as demais silagens aos 30 dias de armazenamento. O aumento da fração B3 nas silagens de RUC-MI e RUC-FT com o tempo de armazenamento ( $P<0,05$ ) pode estar relacionada com o processo de fermentação, o qual pode alterar a característica das frações nitrogenadas dos alimentos, ou seja, transformar a fração B2 em B3, por meio da ação de bactérias e enzimas.

Pereira et al. (1998) encontraram valores para a fração B2 e B3 de RUC desidratado, em diferentes temperaturas, similares as silagens de RUC do presente estudos e os autores sugeriram que o processamento do grão de cevada durante a produção de cerveja pode ter contribuído para o elevado teor da fração B3 da PB.

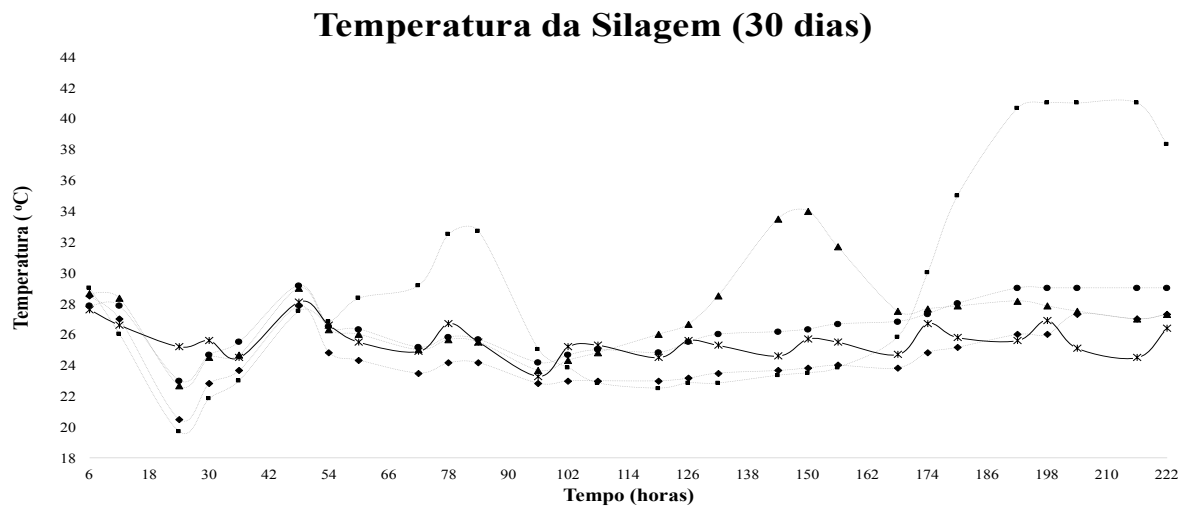
A fração C foi maior para as silagens de RUC aos 30 dias e para as silagens de RUC e RUC-FT aos 120 dias de armazenamento ( $P<0,05$ ). Esse resultado indica que a ligação de parte da proteína a compostos da parede celular foi maior nestas silagens, com os teores de proteína indisponível aos ruminantes. Contudo, em relação à fração C, os resultados obtidos foram inferiores a 144,4 g/kg de PB para RUC relatados por Geron et al. (2007) e 216,4 g/kg de PB para RUC obtidos por Souza (2013). A grande diferença entre as frações proteicas obtidas no presente trabalho em relação a literatura permite inferir que o RUC possui variabilidade na disponibilidade dessas frações, tendo em vista que o mesmo é um resíduo agroindustrial heterogêneo, sem um padrão de comercialização definido.

## **4.2 Ensaio II**

Após a abertura dos silos, o processo de deterioração continua ao longo do tempo, o valor de pH tende a se elevar e os microrganismos continuam o processo de degradação do material ensilado. O indicativo mais comum da estabilidade do material após a abertura dos silos é o aumento da temperatura da silagem. Segundo Junges (2014), o uso de aditivos pode retardar o aquecimento do material ensilado após a abertura, reduzindo as perdas de MS nessa etapa.

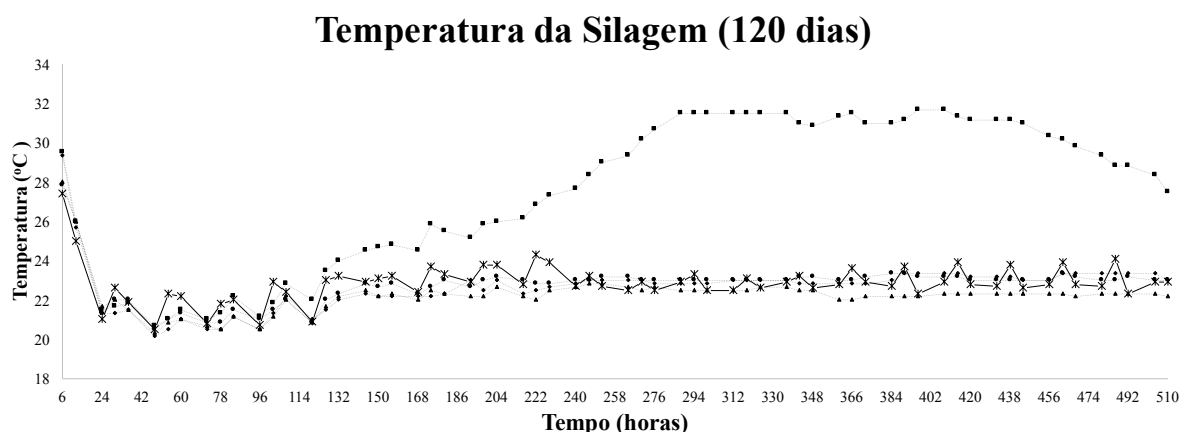
O uso de aditivos do presente trabalho, independente do tempo de armazenamento dos silos, foi eficiente na manutenção da estabilidade aeróbia das silagens de RUC (Figuras 1 e 2). Para as silagens armazenadas por 30 dias (Figura 1), as que não receberam aditivos perderam a estabilidade aeróbia 60 horas após abertura dos silos e exposição da massa ensilada ao ar, enquanto que as aditivadas apresentaram às 132, 168 e 204 horas após exposição, respectivamente, para as silagens aditivadas com trigo, milho moído e

farinha de mandioca.



**Figura 1:** Acompanhamento da temperatura das silagens de RUC armazenadas por 30 dias. (-x-) temperatura ambiente, (■) silagem de RUC sem aditivo; (◆) silagem de RUC+ Milho Moído, (▲) silagem de RUC+ Farelo de Trigo, (●) silagem de RUC+ Farinha de Mandioca

As silagens aditivadas, apesar de terem ultrapassado os 2°C acima da temperatura ambiente, o que indica a perda da estabilidade, há de se ressaltar que não ultrapassaram 30°C mesmo depois de 9 dias expostas ao ar, possivelmente devido à utilização de ácidos orgânicos, que preservam a silagem, por leveduras e, eventualmente, por bactérias formadoras de ácido acético, causando o aumento de pH, da temperatura e da atividade de microrganismos que deterioram a silagem, como bacilos, mofos e enterobactérias (DIMPERIO, 2005). O aumento da temperatura é acompanhado do processo de respiração e ambos são bons indicadores da extensão e da intensidade da deterioração aeróbica.



**Figura 2:** Acompanhamento da temperatura das silagens de RUC armazenadas por 120 dias. (-x-) temperatura ambiente, (■) silagem de RUC sem aditivo; (◆) silagem de RUC+ Milho Moído, (▲) silagem de RUC+ Farelo de Trigo, (●) silagem de RUC+ Farinha de Mandioca

Os silos foram armazenados anaerobiamente por 120 dias, a temperatura da silagem de RUC sem aditivos foi 2°C superior à temperatura ambiente apenas 144 horas após a

abertura dos silos (Figura 2). Por outro lado, as silagens aditivadas não ultrapassaram essa temperatura limite e não perderam a estabilidade, mesmo após 510 horas (21 dias) de exposição ao ar. O período de exposição ao ar foi bastante longo, porém não ocorreu grande elevação na temperatura das silagens, estando associada a reações químicas (reação de Maillard), sendo prejudicial à qualidade e à digestibilidade da silagem, fato que pode ter sido amenizado devido a estas silagens terem ficado em ambiente com temperatura mais baixa que as anteriores ( $25,6 \pm 2,4^{\circ}\text{C}$  x  $22,8 \pm 2,2^{\circ}\text{C}$ ).

Pelos resultados apontados na Tabela 8, nota-se que o armazenamento aeróbio das silagens por 9 dias, oriundas dos silos que permaneceram fechados por 30 dias, não proporcionou alterações nos teores de matéria seca e proteína das silagens. No entanto, verifica-se que houve interação entre o efeito do aditivo e o tempo de exposição ao ar para matéria mineral, matéria orgânica, FDN, pH e ainda para a produção de  $\text{CO}_2$ .

O tempo de exposição ao ar levou ao aumento no teor de FDA, onde o pico foi ao 6° e ao 9° dias, ocasionando diminuição dos teores de FDN, indicando redução no teor de hemicelulose. A produção de  $\text{N-NH}_3$  demonstrou que a proteólise foi maior nas silagens RUC-FT (4,96), sendo intensa até o 6° dia de exposição ( $P < 0,05$ ). Contudo, a proteólise não foi intensa, considerando que, segundo Benacchio (1965) e Henderson (1993), silagens que apresentam valores máximos de 10% de  $\text{N-NH}_3$  total podem ser consideradas como indicativo de silagens bem conservadas. Guim et al. (2002) não observaram diferenças nos valores de pH e  $\text{NH}_3$  de silagens de capim-elefante com e sem inoculantes após 8 dias de abertura dos silos, mas relataram que os valores médios de pH aumentaram de 3,97 para 8,33 e os de  $\text{NH}_3$  reduziram durante esse período.

Ao desdobrar a interação entre o efeito do aditivo e do tempo de armazenamento para os valores de MM, MO, FDN, pH e  $\text{CO}_2$  das silagens de RUC (Tabela 9), foi verificado que as silagens RUC-FMA e RUC-MI apresentaram os menores valores de MM (23,84 e 24,68 g/Kg MS), indicando maior consumo de MO em relação aos demais tratamentos. Quanto ao tempo de exposição, o RUC-FT demonstrou menores valores para todos os dias de exposição ( $P < 0,05$ ), indicando também que foi a silagem com maior consumo de MO.

Segundo Van Soest (1994), a FDN, em forragens, é compreendida pelas frações hemicelulose, celulose, lignina, além de cutina e sílica. As silagens de RUC apresentaram maiores teores de FDN (712,07 g/kg MS), independente do tempo de exposição (Tabela 8), comportamento inverso ao contrário da silagem RUC-MI, que apresentou os menores teores de FDN em todos os dias de exposição (340,93 g/kg MS). Explicado pela incorporação dos aditivos antes da ensilagem (tabela 1), continham baixo teor de FDN comparados ao RUC (66,89%).

**Tabela 8:** Valores médios da composição química de silagens de RUC com e sem aditivos em diferentes tempos de exposição, após 30 dias de armazenamento.

	Tratamentos* (T)				Tempo de Exposição (TE/Dias)				Valor de P		
	RUC	RUC+MI	RUC+FT	RUC+FMA	1	3	6	9	T	TA	T x TA
MS (g/kg MV)	267,78C	374,54A	357,77B	384,68 <sup>a</sup>	346,07	348,55	347,76	342,39	<.0001	0.4147	0.204
MM (g/kg MS)	35,30	24,68	38,68	23,84	30,22	29,09	32,68	30,52	<.0001	0.0132	0.0082
MO (g/kg MS)	964,70	974,70	961,32	976,16	969,16	970,91	967,32	969,48	<.0001	0.0275	0.009
PB (g/kg MS)	278,52A	199,63C	237,69B	144,34D	219,97	206,49	207,54	218,82	<.0001	0.0709	0.4077
FDN (g/kg MS)	712,07	340,93	462,05	459,60	516,05	494,78	497,93	465,89	<.0001	0.0383	0.0037
FDA (g/kg MS)	223,67A	114,67C	146,63B	112,23C	142,35B	130,78B	166,17A	157,53A	<.0001	<.0001	0.1112
pH	4,14	4,44	4,54	3,70	4,17	4,14	4,25	4,27	<.0001	0.0011	<.0001
N-NH <sub>3</sub> / %Ntotal	0,81C	3,47B	4,96A	1,27C	2,73AB	2,88A	2,61AB	2,30B	<.0001	0.0326	0.3516
CO <sub>2</sub> (g/kg MS)	1,28	0,22	0,63	0,48	0,05	0,10	0,63	1,80	<.0001	<.0001	<.0001

\*RUC = silagem de RUC sem aditivo; RUC+MI = silagem de RUC aditivada com milho moído; RUC+FT = silagem de RUC aditivada com farelo de trigo; RUC+FMA = silagem de RUC aditivada com farinha de mandioca. Para cada variável, médias seguidas de letras distintas diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05).

O pH, juntamente com o nitrogênio amoniacal (% do nitrogênio total), são parâmetros normalmente empregados na qualificação do processo de ensilagem. Valores de pH entre 3,8 e 4,2 são esperados para uma silagem bem conservada. O efeito da inclusão de aditivos absorventes e fornecedores de carboidratos solúveis pode ter acarretado na redução no valor do pH na silagem de RUC- FMA, atingindo pH de estabilidade de 3,63 a 3,71 (até o 6° dia de exposição), que são valores abaixo do esperado para uma silagem bem conservada. Todas as silagens variaram o pH quanto ao tempo de exposição ( $P < 0,05$ ), destacando a silagem de RUC-MI, que variou de 4,28 a 4,87 (sendo o maior valor ao 9° dia de exposição).

A partir o 6° dia de exposição a produção de  $\text{CO}_2$  (Tabela 9) da silagem de RUC foi significativamente maior que os demais tratamentos e ao 9° dia de exposição todas as silagens obtiveram a maior produção de  $\text{CO}_2$  ( $P < 0,05$ ). Portanto, se a dosagem da produção de  $\text{CO}_2$  de silagens expostas ao ar pode auxiliar a caracterização da velocidade de sua deterioração e os principais substratos utilizados pelos microrganismos para essa deterioração são os açúcares solúveis, os ácidos orgânicos e compostos nitrogenados solúveis, resultando no aumento dos conteúdos de FDN, FDA e cinzas, e perda de nutrientes digestíveis e energia, pode-se dizer que o processo de deterioração de todas as silagens neste experimento foi praticamente nulo até o 9° dia de exposição.

**Tabela 9:** Desdobramentos da interação entre os efeitos do tratamento e tempo de exposição sobre os valores de MM, MO, FDN, pH e CO<sub>2</sub> das silagens de RUC com e sem aditivos abertas após 30 dias de armazenamento.

Tratamentos* (T)	Tempo de Exposição (TE/dias)				Valor <i>P</i> (TA x T)
	1	3	6	9	
<b>MM (g/kg MS)</b>					
RUC	32,42Ab	35,71Aa	35,93Ab	37,16Aa	0.0082
RUC+MI	25,58Ac	25,00Ab	26,01Ac	22,25Ab	
RUC+FT	40,07Aa	32,59Ba	43,67Aa	38,40Aa	
RUC+FMA	22,83Ac	23,07Ab	25,09Ac	24,38Ab	
<b>MO (g/kg MS)</b>					
RUC	967,58Ab	964,29Ab	974,07Ab	962,84Ab	0.009
RUC+MI	971,95Aab	975,00Aa	973,99Aa	977,84Aa	
RUC+FT	959,93Bc	967,41Ab	956,33Bc	961,60ABb	
RUC+FMA	977,17Aa	976,93Aa	974,91Aa	975,62Aa	
<b>FDN (g/kg MS)</b>					
RUC	720,07Aa	716,90Aa	720,34Aa	690,95Aa	0.0037
RUC+MI	318,87Ac	337,25Ac	363,38Ac	344,23Ac	
RUC+FT	500,35Ab	413,38Ac	461,38Ab	473,08Ab	
RUC+FMA	524,62Ab	511,61Ab	446,87Ab	355,32Bc	
<b>pH</b>					
RUC	4,11ABb	4,01Bc	4,29Ab	4,15ABb	<.0001
RUC+MI	4,31Bb	4,30Bb	4,28Bb	4,87Aa	
RUC+FT	4,61Aa	4,61Aa	4,70Aa	4,23Bb	
RUC+FMA	3,63Bc	3,64Bd	3,71Abc	3,82Ac	
<b>CO<sub>2</sub> (g/kg MS)</b>					
RUC	0,06Ca	0,25Ca	1,59Ba	3,24Aa	<.0001
RUC+MI	0,03Ba	0,06Ba	0,13Bc	0,65Ad	
RUC+FT	0,05Ca	0,05Ca	0,54Bb	1,88Ab	
RUC+FMA	0,04Ba	0,04Ba	0,25Bbc	1,45Ac	

\*RUC = silagem de RUC sem aditivo; RUC+MI = silagem de RUC aditivada com milho moído; RUC+FT = silagem de RUC aditivada com farelo de trigo; RUC+FMA = silagem de RUC aditivada com farinha de mandioca. Para cada variável, médias seguidas de letras distintas (maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas) diferem pelo Teste T e de Tukey (P<0,05), respectivamente.



O teor de MS das silagens aditivadas abertas após 120 dias de armazenamento (Tabela 10) variou quanto ao tratamento, sendo maior nas silagens RUC-MI e menor nas de RUC (378,19 e 255,77 g/Kg MV, respectivamente) e não variou ( $P < 0,05$ ) ao longo do tempo de exposição. Houve diferença significativa da PB para efeito de aditivo e tempo de exposição, registrando-se os maiores ( $P < 0,05$ ) valores para as silagens controle que para as aditivadas, com destaque para aquelas expostas 9 dias ao ar (236,11 g/Kg MS).

Não houve efeito significativo ( $P < 0,05$ ) do tempo de exposição ao ar bem como da interação entre o efeito do aditivo e do tempo de exposição para a concentração de FDA das silagens, mas o emprego dos aditivos com menores concentrações de fibra que o RUC levou as silagens aditivadas a apresentarem menor teor de FDA que as silagens controle.

A produção de N-NH<sub>3</sub> demonstrou que a proteólise foi maior também nas as silagens RUC-FT e RUC-MI (6,01 e 4,21 respectivamente) em todos os tempos de exposição, sendo maior no 6º dia e reduzindo ao 9º dia de exposição. Contudo, nas situações apresentadas, a proteólise não foi intensa, considerando que, segundo Benacchio (1965) e Henderson (1993), silagens que apresentam valores máximos de até 10% de N-NH<sub>3</sub> total podem ser consideradas como indicativo de silagens bem conservadas. É válido mencionar que a maior parte das proteases provenientes de células vegetais é inativada pelo abaixamento de pH e, ao se verificar estes valores nas silagens, entende-se o benefício da obtenção de silagens com baixo pH. Ao desdobrar a interação entre o efeito do aditivo e do tempo de exposição para os valores de FDN, pH e CO<sub>2</sub> das silagens de RUC, foi verificado que as silagens sem aditivo apresentaram maiores teores de FDN (550,73 g/kg MS), independente do tempo de exposição (Tabela 11), sendo maior aos 6 dias (601,81g/kg MS), o que pode estar relacionado com a produção de CO<sub>2</sub> e em função da acidez oriunda da fermentação, que pode provocar o decréscimo no conteúdo da fibra de silagens em decorrência da hidrólise ácida da hemicelulose (ROTZ e MUCK, 1994).

**Tabela 10:** Valores médios da composição química de silagens de RUC com e sem aditivos em diferentes tempos de exposição, após 120 dias de armazenamento.

	Tratamentos* (T)				Tempo de Exposição (TE/Dias)				Valor de P		
	RUC	RUC+MI	RUC+FT	RUC+FMA	1	3	6	9	T	TA	T x TA
MS (g/kg MV)	255,77C	378,19A	345,56B	355,86B	333,21	377,74	329,44	333,99	<.0001	0.3324	0.3492
MM (g/kg MS)	30,22A	21,11B	33,35A	18,07B	22,41BC	17,45C	28,20AB	34,69 <sup>a</sup>	<.0001	<.0001	0.0513
MO (g/kg MS)	969,78B	978,89A	966,64B	981,92A	977,59AB	982,54A	971,80BC	965,30C	<.0001	<.0001	0.0513
PB (g/kg MS)	285,39A	199,81C	237,93B	159,90D	222,16AB	217,69B	207,07B	236,11 <sup>a</sup>	<.0001	0.0003	0.0744
FDN (g/kg MS)	550,73	317,54	403,21	313,05	370,95	371,36	419,24	422,98	<.0001	<.0001	0.0047
FDA (g/kg MS)	217,09A	122,72C	162,95B	118,87C	156,28	152,49	153,48	158,92	<.0001	0.2768	0.5009
pH	4,21	4,09	4,35	3,90	4,13	4,12	4,12	4,17	<.0001	0.0092	0.0003
N-NH <sub>3</sub> / %Ntotal	2,44C	4,21B	6,01A	2,00C	3,65AB	3,38B	4,12A	3,50B	<.0001	0.0015	0.0685
CO <sub>2</sub> (g/kg MS)	0,93	0,20	0,23	0,18	0,15	0,37	0,39	0,64	<.0001	<.0001	<.0001

\*RUC = silagem de RUC sem aditivo; RUC+MI = silagem de RUC aditivada com milho moído; RUC+FT = silagem de RUC aditivada com farelo de trigo; RUC+FMA = silagem de RUC aditivada com farinha de mandioca. Para cada variável, médias seguidas de letras distintas (maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas) diferem pelo Teste T e de Tukey (P<0,05).

Apenas a silagem de RUC variou o pH quanto ao tempo de exposição ( $P < 0,05$ ), sendo maior ao 9º dia de exposição, destacando-se o RUC-FMA que, em todos os dias de exposição, esteve dentro dos valores considerados adequados para a qualidade da silagem (entre 3,8 e 4,0) como preconizado por McDONALD et al., 1991; SOUZA, et al., 2012; GREGHI, et al., 2014, indicando satisfatória preservação dos nutrientes ensilados. Pode-se dizer que as silagens de RUC-FMA, neste estudo, foram bem conservadas durante o período de armazenamento, pois na abertura dos silos apresentaram valores satisfatórios de pH e N-NH<sub>3</sub> (3,90 e 2,00), conforme os parâmetros citados por Lavezzo (1992).

A partir do 3º dia, apenas a produção de CO<sub>2</sub> das silagens de RUC aumentaram gradativamente ( $P < 0,05$ ) com a exposição ao ar. As aditivadas aumentaram lentamente ao 9º dia, exceto a RUC-FMA, que não variou ( $P < 0,05$ ); tal fato sugere que os aditivos foram efetivos para a resistência da silagem a se deteriorar.

**Tabela 11:** Desdobramentos da interação entre os efeitos do tratamento e tempo de exposição sobre os valores de FDN, pH e CO<sub>2</sub> das silagens de RUC com e sem aditivos abertas após 120 dias de armazenamento.

Tratamentos* (T)	Tempo de Exposição (TE/dias)				Valor <i>P</i> (TA x T)
	1	3	6	9	
<b>FDN (g/kg MS)</b>					
RUC	506,92Ba	506,09Ba	601,81Aa	558,11Aa	0.0047
RUC+MI	330,42Ab	298,27Ac	317,05Ac	324,43Ac	
RUC+FT	363,17Bb	394,46ABb	419,82Ab	435,40Ab	
RUC+FMA	283,29Bc	286,65Bc	338,27Ac	344,00Ac	
<b>pH</b>					
RUC	4,16Bb	4,15Bb	4,17Ab	4,36Aa	0.0003
RUC+MI	4,09Ab	4,09Ab	4,08Ac	4,09Ab	
RUC+FT	4,37Aa	4,36Aa	4,33Aa	4,33Aa	
RUC+FMA	3,90Ac	3,90Ac	3,88Ad	3,91Ac	
<b>CO<sub>2</sub> (g/kg MS)</b>					
RUC	0,19Da	0,76Ca	0,99Ba	1,82Aa	<.0001
RUC+MI	0,14Aa	0,20Ab	0,10Ab	0,26Ab	
RUC+FT	0,14Ba	0,30Ab	0,21ABb	0,28ABb	
RUC+FMA	0,12Aa	0,22Ab	0,18Ab	0,22Ab	

\*RUC = silagem de RUC sem aditivo; RUC+MI = silagem de RUC aditivada com milho moído; RUC+FT = silagem de RUC aditivada com farelo de trigo; RUC+FMA = silagem de RUC aditivada com farinha de mandioca. Para cada variável, médias seguidas de letras distintas (maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas) diferem pelo Teste T e de Tukey ( $P < 0,05$ ), respectivamente.

## 5. CONCLUSÃO

O resíduo úmido de cervejaria pode ser bem conservado na forma de silagem.

A utilização dos aditivos (Milho, Trigo e Mandioca) favoreceram a qualidade fermentativa das silagens de RUC, a partir da elevação da MS das mesmas.

O uso de farinha de mandioca como aditivo de silagem de RUC resulta em silagens com maior teor de matéria seca com conseqüente menor produção de efluentes e menores perdas totais de matéria seca e melhor digestibilidade *in vitro*.

Silagens de RUC aditivadas e armazenadas por 120 dias apresentam melhor estabilidade aeróbica.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC INTERNATIONAL. **Official methods of analysis of AOAC International**. AOAC International, 2005.

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.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CERVEJA - (CervBrasil). **Anuário 2015**. Disponível em: [http://www.cervbrasil.org.br/arquivos/ANUARIO\\_CB\\_2015\\_WEB](http://www.cervbrasil.org.br/arquivos/ANUARIO_CB_2015_WEB). Acesso em: 04.11.2016.

BARCELOS, B. **Utilização de resíduo de cervejaria na produção de silagem como alternativa para alimentação de ruminantes**. 70f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade de São Paulo (Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, 2012).

BAUMGARDT, B. R.; TAYLOR, M. W.; CASON, J. L. Evaluation of forages in the laboratory. Ii. Simplified artificial rumen procedure for obtaining repeatable estimates of forage nutritive value. **Journal of Dairy Science**, v.45, n.1, p.62-68, 1962.

BENACCHIO, S. Niveles de melaza en silo experimental de milho criollo (Sorghum vulgare). **Agronomia Tropical**, v.14, n.4, p. 651-658, 1965.

BERNARDES, T.F. **Controle da deterioração aeróbia de silagens**. 2006. 103f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Júlio Mesquita, Jaboticabal, 2006.

\_\_\_\_\_; SIQUEIRA, G. R.; REIS, R. A. Importância do planejamento na produção e uso da silagem. In: EVANGELISTA, A. R.; AMARAL, P. N. C.; PADOVANI, R. F. (Eds.). **Forragicultura e pastagens: temas em evidência**. 5.ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, p.121-176, 2005.

\_\_\_\_\_; REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; AMARAL, R.C. do; PIRES, A.J.V. Estabilidade aeróbia da ração total e de silagens de capim-marandu tratadas com aditivos químicos e bacterianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.754-762, 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 additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy**, v.75, n.11, p.3066-3083, 1992.

BRIGGS, D.E.; HOUGH, J.S.; YOUNG, T.W.; STEVENS, R. **Malting and Brewing Science: malt and sweet wort**, Springer (Ed.), v.1, 914p, 1982.

BROCHIER, M.A.; CARVALHO, S. Aspectos ambientais, produtivos e econômicos do aproveitamento do resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cordeiros em sistema de confinamento. **Ciência Agrotecnologia**, v.33, n.5, p.1392-1399, 2009.

CABRAL FILHO, S.L.S.; BUENO, I.C.S.; ABDALLA, A.L. Substituição do feno de tifton pelo resíduo úmido de cervejaria em dietas de ovinos em manutenção. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.1, p.75-73, 2007.

CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS, J.T.; VELOSO, R.G.; NUNES, P.M.M. Taxas de digestão das frações protéicas e de carboidratos para as silagens de milho e de capim-elefante, o feno de capim-tifton-85 e o farelo de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1573-1580, 2004.

CAMPOS, F.P.; NUSSIO, C.M.B; NUSSIO, L.G. **Métodos de Análise de Alimentos**. Piracicaba: FEALQ. 135p, 2004.

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.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - (CONAB). [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_01\\_11\\_11\\_30\\_39\\_boletim\\_graos\\_janeiro\\_2017.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_01_11_11_30_39_boletim_graos_janeiro_2017.pdf). Acesso em: 04.11.2016. **4º Levantamento-Safra 2016/2017 Grãos**. Disponível em:

COSTA, J.M.B; MATTOS, W.R.S.; BIONDI, P.; CARVALHO, D.D. Composição química bromatológica do resíduo úmido de cervejaria. **Boletim de Indústria Animal**, v.51(1), p.21-6, 1994.

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.

DIMPERIO, A.S. **Adição de diferentes níveis de farelo de palma (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill) sobre a composição químico-bromatológica e estabilidade aeróbica de silagens de maniçoba (*Manihot glaziovii* Pax e Hiffman)**. 43f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal da Paraíba, 2005.

ECKSTEIN, E.I.; ZAMBOM, M.A.; FERNANDES, T.; SOUZA, L.C.; NERES, M.A.; FACCENDA, A.; AVILA, A.S.; TININI, R.C. Recuperação de Matéria Seca e Produção de Efluentes da Silagem de Resíduo Úmido de Cervejaria em Diferentes Tempos de Abertura. **XXV Congresso Brasileiro de Zootecnia**. Fortaleza – CE, 2015

FISCHER, C. **Cia cervejaria BRAHMA**, Unidade Santa Catarina, 1996.

FISHER, L.J.; ZURCHER, P.; SHELFORD, J.A.; SKINNER, J. Quantity and nutrient content of effluent losses from ensiled high moisture grass. **Canadian Journal of Plant Science**, v.61, p.307–312, 1981.

GERON, L.J.V; ZEOULA, L.M.; BRANCO, A.F.; ERKEL, J.A.; PRADO, O.P.P.; JACOBI, G. Caracterização, fracionamento proteico, degradabilidade ruminal e digestibilidade *in vitro* da matéria seca e proteína bruta do resíduo de cervejaria úmido e fermentado. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.29, n.3, p.291-299, 2007.

\_\_\_\_\_. ZEOULA, L.M.; ERKEL, J.A.; PRADO, I.N.; BUBLITZ, E.; PRADO, O.P.P. Consumo, digestibilidade dos nutrientes, produção e composição do leite de vacas alimentadas com resíduo de cervejaria fermentado. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.32, n.1, p.69-76, 2010.

\_\_\_\_\_. ZEOULA, L.M.; ERKEL, J.A.; PRADO, I.N.; JONKER, R.C.; GUIMARÃES, K.C. Coeficiente de digestibilidade e características ruminais de bovinos alimentados com rações contendo resíduo de cervejaria fermentado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.9, p.1685-1695, 2008.

GIORDANO, S.R. Gestão ambiental no sistema agroindustrial. In: **Economia e gestão de negócios agroalimentares: indústria de alimentos**. Indústria de insumos, produção agropecuária, distribuição. São Paulo: Pioneira, 428p, p.255-181, 2000.

GONÇALVES, L.C.; BORGES, I.; FERREIRA, P. D. S. **Alimentos para gado de leite**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 586p, 2009.

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

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

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

HALLADA, C. M.; SAPIENZA, D. A.; TAYSOM, D. Efeito da duração do tempo ensilado na matéria seca, amido e digestibilidade da fibra em toda a silagem de planta de milho. **Journal of Dairy Science**, v.91 (E-Suppl. 1): 30. 2008.

HENDERSON, N. Silage additives. **Animal Feed Science and Technology**, v.45: p.35-56. 1993.

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 expousure to air. In: Forage Conservation in the 80's. Brighton, European Grassland Society. **Proceeding...** British Grassland, 1979.

HOUGH, J.S. **The biotechnology of malting and brewing**. Cambridge University Press, 184p, 1991.

INMET Instituto Nacional de Meteorologia. Acesso em Dez, 2016. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>.

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 one ffluent 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.

KLEINSCHMIT, D. H., e L. KUNG JR. The effects of *Lactobacillus buchneri* 40788 and *Pediococcus pentosaceus* R1094 on the fermentation of corn silage during various stages of ensiling. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.3999–4004, 2006.

KRISHNAMOORTHY, U.; NIFFEN CJ; STERN MD; VAN SOEST PJ. Evaluation of a mathematical model of rumen digestion and *in vitro* simulation of rumen proteolysis to estimate the rumen- undegraded nitrogen content of feedstuffs. **British Journal of Nutrition**, v.50, n.10, p.555-568, 1983.

KUNG JR., L.; GRIEVE, D.B.; THOMAS, J.W.; HUBER, J.T. Added ammonia or microbial inocula for fermentation and nitrogenous compounds of alfafa ensiled at various percents of dry matter. **Journal of Dairy Science**, v.67, p.299-306, 1984.

\_\_\_\_\_; RANJIT, N.K. The Effect of *Lactobacillus buchneri* and Other Additives on the Fermentation and Aerovic Stability of Barley Silage. **Journal of Dairy Science**, v.84, n.5, p.1149-1155, 2001.

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



\_\_\_\_\_; STOKES, M.R.; LIN, C.J. Silage additives. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.) **Silage science and technology**, Wisconsin: ASA; CSSA; SSSA, p.251-360. 2003.

LAVEZZO, W. Ensilagem do capim-elefante. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM. Piracicaba. **Anais...Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz"**, p.169-275. 1992.

LIMA, J.A.; EVANGELISTA, A.R. **Silagem de capim-elefante** (*Pennisetum purpureum* Schum). Lavras: Editora UFLA. 28p, 2001.

MACIEL, R.P.; NEIVA, J.N.M.; OLIVEIRA, R.C.; ARAÚJO, V.L.; LÔBO, R.N.B. Características fermentativas e químicas de silagens de capim-elefante contendo subproduto da mandioca. **Revista Ciência Agrônômica**, v.39, n. 01, p.142-147, 2008.

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

McCULLOUGH, M. E. **Silage and silage fermentation**. Feedstuffs, Mineapolis, v.49, n.13, p.49-52, 1977.

MULLIGAN, F.J. QUIRKE, J.; RATH, M. F.P O'MARA. Intake, digestibility, milk production and kinetics of digestion and passage for diets based on maize or grass silage fed to late lactation dairy cows. **Livestock Production Science**, v.74, p.113-124, 2002.

MUSSATTO, S.I.; DRAGONE, G.; ROBERTO, I.C. Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications. **Journal of Cereal Science**, v.43, n.1, p.1-14, 2006.

NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; OLIVEIRA, M. R.; FARIA, M. V.; UENO, R. K.; REINELR, L. L.; DURMAN, T. Aditivos químicos utilizados em silagens. Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia **UNICENTRO - Revistas eletrônicas**, v.3, n.2, p.187-195, 2010.

OLIVEIRA, L.B.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; RIBEIRO, L.S.O.; ALMEIDA, V.V.; PEIXOTO, C.A.M. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.61-67, 2010.

PAHLOW, G.; MUCK, R.E. Managing for improved aerobic stability. In: International Silage Conference, 15. Madison. **Proceedings...** Madison, WI.: University of Wisconsin, p.77-90. 2009.

PAZIANI, S.F. **Controle de perdas na ensilagem, desempenho e digestão de nutrientes em bovinos de corte alimentado com rações contendo silagens de capim tanzânia**. 208p. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade de São Paulo, 2004.

PEDROSO, A.F. **Aditivos químicos e microbianos como inibidores da produção de etanol em silagens de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 140p. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade de São Paulo, 2003.

- PEREIRA JC, CARRO MD, GONZALEZ J, ALVIR MR, RODRIGUEZ. Rumen degradability and intestinal digestibility of brewer's grains as affected by origin and heat treatment and of barley rootlets. **Animal Feed Science and Technology**, v.74, p.107-121, 1998.
- PLAYNE, M.J.; McDONALD, P. The buffering constituents of herbage and of silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.17, p.264-268, 1966.
- PORTILHO, F.P. **Utilização de resíduos de cervejaria na formulação de mistura minerais proteinadas para ovinos a pasto**. 76p. Tese (Doutorado em Ciências Animais), Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, 2010.
- QIU, X.; EASTRIGDE, L.; WANG, Z. Effects of corn silage hybrid and dietary concentration of forage NDF on digestibility and performance by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.86, n.11, p.3667-3674, 2003.
- RANJIT, N.K.; KUNG Jr., L. The effects of lactobacillus buchneri, lactobacillus plantarum, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.3, p.526-535, 2000.
- REYNOLDS, A.M.; WILLIAMS, A.G. A model of silage consolidation and effluent flow. **Journal Agricultural Engineering Research**, v.61, p.173-182, 1995.
- REZENDE, A. V.; SENEDESE, S. S.; RABELO, C. H. S.; NOGUEIRA, D. A.; VIEIRA, P. F.; RABELO, F. H. S. Composição química e digestibilidade in vitro da massa seca de cana-de-açúcar acrescida de ureia em diferentes tempos de estocagem. **Revista Brasileira Saúde e Produção Animal**, v.13, n.1, p.2534, 2012.
- RODRIGUEZ, N. M.; SOUSA L. F.; CASTRO K. J. Utilização de Subprodutos da Agroindústria na Alimentação de Ruminantes. In: ZOOTEC. 2009. **Seminário Internacional da REDE CITED-RESALAN**, v.1. p. 1-32. 2009.
- ROTZ, C.A.; MUCK, R.E. Changes in forages quality during harvest and storage. In: **National Conference on Forage Quality, Evaluation, and Utilization** Held at The University of Nebraska, p.828-868, 1994.
- SANDERSON, M.A. Aerobic stability and in vitro fiber digestibility of microbially inoculated corn and sorghum silages. **Journal of Animal Science**, v.71, p.505- 514, 1993.
- SANTOS, M. V. F.; CASTRO, A.G. G.; PEREA, J.M.; GARCÍA, A.; GUIM, A.; HERNÁNDEZ, P. M. Fatores que afetam o valor nutritivo das silagens de forrageiras tropicais. **Archivos de Zootecnia**, v.59, p.25-43, 2010.
- SAS, STATISTICAL ANALYSES SYSTEM INSTITUTE. **SAS User's Guide**: Statistic, Cary. NC: SAS Institute INC, 2002.
- 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.

SCHNEIDER, R.M.; HARRISON, J.H.; LONEY, K.A. The Effects of Bacterial Inoculants, Beet Pulp, and Propionic Acid on Ensiled Wet Brewers Grains. **Jornal de Laticínios Ciências**, v.78, n.5, p.1096-1105, 1995.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV. 235p, 2002.

SILVA, V.B.; FONSECA, C.E.M; MORENZ, M.J.F.; PEIXOTO, E.L.T.; MOURA, E.S.; CARVALHO, I.N.O. Resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cabras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.7, p.1595-1599, 2010.

SIQUEIRA, G.R. **Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) ensilada com aditivos químicos e microbianos**. 92p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, 2005.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, D.J.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.

SOUZA, L.C. **Valor nutritivo da silagem do resíduo úmido de cervejaria na alimentação de vacas leiteiras**. 164f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, 2013.

SOUZA, L.C.; ZAMBOM, M.A.; POZZA, M.S.S.; NERES, M.A.; RADIS, A.C.; BORSATTI, L.; CASTAGNARA, D.D.; GUNDT, S. Development of microorganisms during storage of wet brewery waste under aerobic and anaerobic conditions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.1, p.188-193, 2012.

STEFANELLO, F.S.; FRUET, A.P.B.; SIMEONI, C.P.; CHAVES, B.W.; OLIVEIRA, L.C.; NÖRNBERG, J.L. Resíduo de cervejaria: bioatividade dos compostos fenólicos; aplicabilidade na nutrição animal e em alimentos funcionais. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET**. Ed. Especial. v. 18, p. 01-10, 2014.

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.

TILLEY, J.M.; TERRY, R.A. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal of British Grassland Society**, v.18, n.2, p.104-111, 1963.

TOSI, H.; RODRIGUES, L. R. de A.; JOBIM, C.C. et al. Ensilagem do capim elefante cv. Mott sob diferentes tratamentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.24, n.6, p.909-916, 1995.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2nd ed. London: Constock Publishing Associates, 1994.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Symposium: Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.12, p.3583-3597, 1991.

VELHO, J.P.; MÜHLBACH, P.R.F.; NÖRNBERG, J.L.; VELHO, I.M.P.H. GENRO, T.C.M.; KESSLER, J.D. Composição bromatológica de silagens de milho produzidas com diferentes densidades de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1532-1538, 2007.

WOOLFORD, M.K. The detrimental effects of air on silage. **Journal of Applied Bacteriology**, v.68, p.101-116, 1990.

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

ZANINE, A.M.; SANTOS, E.D.; FERREIRA, D.J.; PEREIRA, O.G.; ALMEIDA, J.C.C. Effect of wheat meal on losses, dry matter recovery and chemical composition of Mombaça-grass silage. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.53, p.803-809, 2006.