



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

Francisco Allan Leandro de Carvalho

**SILAGEM DE CANA-DE-AÇÚCAR COM ADIÇÃO DE
MANIÇOBA**

PETROLINA – PE
2013

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

Francisco Allan Leandro de Carvalho

**SILAGEM DE CANA-DE-AÇÚCAR COM ADIÇÃO DE
MANIÇOBA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, *Campus* Ciências Agrárias, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. DSc. Mário Adriano Ávila Queiroz

PETROLINA – PE
2013

Carvalho, Francisco Allan Leandro de
C331s Silagem de cana-de-açúcar com adição de maniçoba
/ Francisco Allan Leandro de Carvalho. --
Petrolina, 2013.
69 f. : il. ; 29 cm.

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) –
Universidade Federal do Vale do São Francisco,
Campus Ciências Agrárias, Petrolina-PE, 2013.
Orientador: Mário Adriano Ávila Queiroz
Referências

1. Conservação de forragens. 2. Cana-de-açúcar. I.
Título. II. Univasf.

CDD 633.13

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

FOLHA DE APROVAÇÃO

Francisco Allan Leandro de Carvalho

**SILAGEM DE CANA-DE-AÇÚCAR COM ADIÇÃO DE
MANIÇOBA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, *Campus* Ciências Agrárias, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Prof. DSc. Mário Adriano Ávila Queiroz
UNIVASF/ Presidente da banca (Orientador)

Dr. Tadeu Vinhas Voltolini
EMBRAPA SEMIÁRIDO - (Membro interno)

Dr^a. Daniele Rebouças Santana Loures
UFRB Cruz das Almas-BA (Membro externo)

Petrolina – PE, 2013.

À minha família e amigos pelo apoio incondicional e confiança, à Fernanda Fernandes pelo carinho e compreensão. Em especial à minha mãe Carmelita, meu porto seguro.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e por se fazer presente nos momentos difíceis. “Um Deus imenso que por amor se deixa alcançar”.

Ao curso de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) , EMBRAPA Semiárido, em especial ao Prof^o. Mário Adriano Ávila Queiroz pela oportunidade e confiança depositada, e também pela amizade construída ao longo desta caminhada que apenas se inicia. Sua dedicação e entusiasmo foram fundamentais para conclusão deste trabalho.

A Rosangela Fonseca (Rosinha) pela amizade, apoio, dedicação e principalmente pelo seu profissionalismo.

Aos amigos que conquistei durante o mestrado: Percivaldo, Luciana, Wasley, Mayara e Clístenes. Vocês tiveram papel importantíssimo.

Aos professores que contribuíram muito para meu crescimento pessoal e profissional e para o desenvolvimento do projeto. Especialmente aos Prof^o. Tadeu Vinhas Voltolini e Daniel Ribeiro Menezes.

A minha família que me apoia, confia e acredita em mim de forma peculiar, incrível! A demonstração de carinho e confiança de vocês me fortalecem para continuar “lutando”.

Muito Obrigado!

RESUMO

A silagem cana-de-açúcar tem despertado interesse em função dos benefícios em operacionalidade que pode apresentar. Entretanto, seu padrão de fermentação bem como seu valor nutritivo são fatores limitantes que tem constituído desafio para utilização desta forrageira. Com objetivo de avaliar influência da inclusão de maniçoba sobre as características fermentativas e a qualidade da silagem de cana-de-açúcar foi elaborado experimento em delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos (níveis de inclusão: 0, 20, 30 e 40%) e seis repetições. Após 90 dias do fechamento dos silos, foram determinadas as perdas na forma de gases, perda total, recuperação da matéria seca e produção de eflunetes. Os silos então foram abertos e obtido o extrato aquoso das silagens, foram determinados os teores dos ácidos orgânicos (acético, butírico, láctico e propiônico), etanol, N-NH₃, NT e valores de pH. Amostras das silagens foram analisadas quanto a sua composição químico-bromatológica, energia digestível, energia metabolizável, nutrientes digestíveis totais, produção de gases *in vitro* pela técnica cumulativa de gases e determinação dos parâmetros de degradabilidade ruminal. À medida que se aumentou o nível de inclusão de maniçoba houve redução de 67% nas perdas por gases e de 23,3% na produção de efluente, enquanto a concentração de etanol foi reduzida de 25,6 a 2,7%. As máximas concentrações de ácido láctico (2,4%), acético (2,2%) e propiônico (0,03%) foram encontradas em silagens contendo 40% de maniçoba, o ácido butírico decresceu linearmente enquanto que o pH variou de 3,4 a 3,7. O maior nível de inclusão, proporcionou maiores valores para composição bromatológica (6,49% de PB; 56,64% de FDN; 38,66% de FDA e 4,52% de MM) e teores de EM (2,35MJ/kg MS), ED (2,87Mcal/kg MS) e NDT (65,16%). Os maiores valores de produção de gás e menor tempo de colonização também foram observados em silagens com adição de maniçoba em função dos maiores conteúdos de CNF (34,87%). À medida que se aumentou a proporção de maniçoba, houve incremento da fração solúvel (a), da taxa de degradação da fração potencialmente degradável (b) e conseqüentemente maior degradabilidade efetiva da matéria seca (46,56%). O maior nível de inclusão de maniçoba em silagens de cana-de-açúcar, melhora a fermentação das silagens, reduz perdas fermentativas e incrementa consideravelmente o valor nutritivo da silagem de cana.

ABSTRACT

The sugar cane silage has aroused interest in function of benefits in operability which can presents. However, your standard of fermentation like your value nutritive are limitation factors and has been constituted challenge to utilization this forage. With the objective to evaluate the influence of inclusion of maniçoba under the quality of silage of sugar cane was prepared experiment in completely randomized design with four treatments (inclusion levels: 0, 20, 30 and 40 %) and six replications. After 90 days of shutdown the silo, were determined the losses in the form of gas, total loss and recuperation of dry matter and production of effluent. The silo has opened and obtained the aqueous extract of silages, were determined the levels of organic acids (acetic, butyric, lactic and propionic) ethanol, N-NH₃, NT and values of pH. Samples of silages were analyzed for your composition bromatologic-chemical, digestible energy, total digestible nutrients, production of gas in vitro for the technique cumulative of gas and determination of parameters of ruminal degradability of digestible nutrients, production of gas in vitro for the technique cumulative of gas and determination of parameters of ruminal degradable. The measure increased the level of inclusion of maniçoba there was reduction of 67% in the losses for gas and 23,3 % in the production of effluent, while, the concentration of ethanol were reduced from 25,6 to 2,7 %. The maximum concentrations of latic acid (2,4%), acetic (2,2%) e propionic (0,03%) have been found in silages containing 40% of maniçoba, the butyctic acid decreased linearly while the pH ranged from 3,4 to 3,7. The highest levels of inclusion, provided higher values for chermical compositin (6.49% CP, 56.64% NDF, ADF 38.66% and 4.52% of MM) and levels of ME (2.35 MJ / kg DM), ED (2.87 Mcal / kg DM) and TDN (65.16%). The highest values of gas production and less time of colonization were also observed in silages with added of maniçoba in function of higher contents of CNF (34,87%). The measure with increased the proportion of maniçoba, there was an increase of soluble fraction (a), the degradation rate of potentially degradable fraction (b) and consequently higher effective degradability of dry matter (46,56%). The highest level of inclusion of maniçoba in silages of sugar cane, improves he fermentation of silages, reduces fermentations losses and increases considerably the nutritive value of sugar cane silage.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 2

| | |
|--|----|
| Figura 1. Estimativa do volume de gás em função do tempo de incubação de diferentes níveis de maníçoba..... | 68 |
|--|----|

LISTA DE TABELAS

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- Tabela 1.** Padrão de fermentação e perdas fermentativas em silagens de cana-de-açúcar.....15
- Tabela 2.** Valores médios da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE), matéria orgânica (MO), carboidratos totais (CHOT), carboidratos não-fibrosos (CNF) da maniçoba nas formas *in natura*, feno e silagem.....20
- Tabela 3.** Composição das soluções utilizadas na técnica de produção de gás *in vitro*.....26

ARTIGO 1

- Tabela 1.** Perdas fermentativas, recuperação da matéria seca e densidade de silagens de cana-de-açúcar com maniçoba.....49
- Tabela 2.** Valores de pH, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total (NT), N-NH₃/NT, etanol e de ácidos orgânicos (acético, láctico, propiônico e butírico) em silagens de cana-de-açúcar com maniçoba.....50

ARTIGO 2

- Tabela 1.** Composição química, teores de nutrientes digestíveis totais (NDT), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) de silagens de cana-de-açúcar em função dos níveis de inclusão de maniçoba.....65
- Tabela 2.** Volume máximo de produção de gases dos carboidratos não fibrosos (V_{f1}) e fibrosos (V_{f2}), taxa de produção de gases dos carboidratos não fibrosos (m_1) e fibrosos (m_2), tempo de colonização (Lag time) (L), teor de carboidratos totais (CT) carboidratos não fibrosos (CNF) e carboidratos fibrosos (CF) de silagens de cana-de-açúcar com maniçoba.....66
- Tabela 3.** Fração Solúvel (a), fração potencialmente degradável (b), fração indegradável (c), taxa de degradação da fração “b” (K_d), degradação

potencial (DP), degradação efetiva (DE) de silagens de cana-de-açúcar com
inclusões de maniçoba.....67

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO GERAL | 12 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 14 |
| 2.1. Características fermentativas da silagem de cana-de-açúcar..... | 14 |
| 2.2 Valor nutritivo da maniçoba (<i>Manihot pseudoglaziovii</i>) sob diferentes formas de conservação..... | 19 |
| 2.3 Digestibilidade e degradação de alimentos pela técnica de produção de gás <i>in vitro</i> | 21 |
| 3. REFERÊNCIAS..... | 28 |
| 4. ARTIGO 1 – Características fermentativas de silagem de cana-de-açúcar com maniçoba..... | 36 |
| 4.1. Resumo..... | 36 |
| 4.2. Abstract..... | 36 |
| 4.3. Introdução | 37 |
| 4.4. Materiais e métodos..... | 38 |
| 4.5. Resultados e discussão | 41 |
| 4.6. Conclusão | 45 |
| 4.7. Referências..... | 45 |
| 5. ARTIGO 2 – Composição química e cinética ruminal <i>in vitro</i> em silagens de cana-de- açúcar com maniçoba (<i>Manihot pseudoglaziovii</i>)..... | 51 |
| 5.1. Resumo..... | 51 |
| 5.2. Abstract..... | 51 |
| 5.3. Introdução | 52 |
| 5.4. Materiais e métodos..... | 53 |
| 5.5. Resultados e discussão | 56 |
| 5.6. Conclusão | 61 |
| 5.7. Referências..... | 61 |

1. INTRODUÇÃO GERAL

As condições climáticas do semiárido brasileiro caracterizadas por prolongado período seco, provocam redução na disponibilidade de forragem e limitam a produção animal. Diante disso, se faz necessário suprir a demanda nutricional dos animais, com a utilização de diferentes alternativas forrageiras que possam ser produzidas nas condições edafoclimáticas da região. Além disso, a conservação de forragens produzidas durante o período chuvoso e conservadas sob as formas de feno ou silagem torna-se alternativa indispensável para o adequado manejo alimentar dos animais criados nessa região.

A crescente valorização do cultivo da cana-de-açúcar tem sido observada, inclusive para alimentação animal, em função principalmente da sua produtividade e do seu valor nutritivo no período seco do ano podendo ser considerada alimento rico em energia. Há, no entanto, algumas limitações no uso da cana-de-açúcar para esta finalidade como a necessidade de cortes diários, além dos baixos teores de proteínas e minerais em sua composição química (NUSSIO et al., 2009).

A cana-de-açúcar apresenta teores de matéria seca e carboidratos solúveis adequados para ensilagem, e adicionalmente, este processo possibilita realizar colheita de grandes áreas em curto espaço de tempo, eliminando a necessidade de corte diário (FORTALEZA et al., 2012), o que pode sugerir o uso desse volumoso como silagem.

Entretanto, por conter microbiota epífita com elevada população de leveduras, e constituir meio adequado para o crescimento das mesmas, a silagem de cana apresenta algumas limitações, tais como, a elevada produção de efluentes, conseqüente desaparecimento dos carboidratos solúveis e redução do valor nutritivo. Além desses fatores, a ocorrência da fermentação alcoólica constitui grande desafio para a utilização da cana na forma de silagem.

As perdas fermentativas provocam redução do valor nutricional dos alimentos, o que reflete diretamente na baixa digestibilidade dos mesmos. O conhecimento da cinética de degradação dos alimentos no rúmen é de extrema importância para o estabelecimento de estratégias eficientes de manejo alimentar para os ruminantes.

Com objetivo de controlar as perdas em silagens de cana-de-açúcar, diversas pesquisas tem utilizado aditivos químicos, microbianos e/ou a combinação destes (MAEDA et al., 2011; MAGALHÃES et al., 2012; PEDROSO et al., 2011). No entanto, trabalhos que avaliam o efeito da associação entre forrageiras sobre as características fermentativas, composição química e valor nutricional na ensilagem da cana são escassos na literatura.

Plantas forrageiras de elevado valor bromatológico podem ser utilizadas com objetivo de melhorar a qualidade da silagem de gramíneas, em especial a de cana-de-açúcar. Devido sua composição químico-bromatológica favorável, a maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii*) apresenta alto potencial de exploração, visando melhor aproveitamento dos recursos forrageiros disponíveis no semiárido (LOIOLA FILHO et al., 2012).

Objetivou-se com este experimento avaliar o efeito de níveis de inclusão (0, 20, 30 e 40%) de maniçoba na ensilagem de cana-de-açúcar sobre o padrão de fermentação, perdas fermentativas, composição químico-bromatológica e digestibilidade.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Características fermentativas da silagem de cana-de-açúcar

Nos últimos anos, observou-se crescente valorização do cultivo da cana-de-açúcar em todo país, inclusive no semiárido brasileiro, onde tem se destacado a produção dessa forragem, em áreas irrigadas, para produção de combustível, açúcar e também para alimentação animal. A principal vantagem da cana-de-açúcar como alimento volumoso para ruminantes é seu elevado potencial para a produção de forragem, que pode superar 40 toneladas de matéria seca por hectare por ano (VOLTOLINI et al., 2012).

A utilização da cana-de-açúcar na alimentação animal tem despertado interesse dos pecuaristas brasileiros, contudo, o uso dessa forragem mediante cortes diários implica em demanda de mão-de-obra diária para processos como corte, picagem e transporte provocando dificuldades em logística e operacionalidade (SCHMIDT, 2007).

A conservação de cana-de-açúcar mostra-se como alternativa para facilitar o manejo de canaviais destinados a alimentação animal. A cana-de-açúcar apresenta características adequadas para ensilagem tais como teor de matéria seca, de carboidratos solúveis e capacidade tampão em pelo menos três meses do ano (SIQUEIRA, 2009). Além disso, em decorrência do processo de ensilagem da cana-de-açúcar, é possível realizar a colheita de grandes áreas em curto espaço de tempo reduzindo custos, uma vez que elimina a necessidade de corte diário, constituindo benefício para os produtores.

No entanto, os baixos teores de proteínas e minerais constituem a principal limitação de uso desta forragem na alimentação animal. As elevadas perdas fermentativas e a ocorrência da fermentação alcoólica (Tabela 1) são o grande desafio para utilização desta forragem na forma de silagem.

Tabela 1. Padrão de fermentação e perdas fermentativas em silagens de cana-de-açúcar.

| Fonte | pH | Etanol (%) | Ácidos Orgânicos (%) | | | |
|------------------------|-----|------------|----------------------|--------|------------|----------|
| | | | Acético | Lático | Propiônico | Butírico |
| AMARAL et al. (2009) | 3,4 | 4,3 | 1,3 | - | - | 0,2 |
| CARVALHO et al. (2012) | 3,6 | 5,9 | 3,5 | 1,0 | 4,1 | 2,0 |
| CAVALI et al. (2010) | 3,7 | 6,5 | 2,4 | 0,0 | 3,5 | 0,0 |
| SANTOS et al. (2008) | 3,5 | 4,8 | - | - | 2,0 | - |
| SCHMIDT et al. (2011) | 3,6 | 14,4 | 2,9 | 0,0 | 3,6 | 0,1 |

| Fonte | Perdas fermentativas | | |
|-----------------------------|----------------------|---------------------------------|------------------|
| | Gases (%MS) | Efluentes (kg.t ⁻¹) | Matéria seca (%) |
| BALIEIRO NETO et al. (2009) | 9,4 | 10,8 | 19,5 |
| PEDROSO et al. (2007) | 10,3 | 15,1 | 18,2 |
| REZENDE et al. (2009) | 8,7 | 45,1 | - |
| REZENDE et al. (2011) | 26,2 | 54,8 | 30,5 |
| RIBEIRO et al. (2010) | 18,1 | 70,0 | - |
| SANTOS et al. (2008) | 32,1 | 31,3 | 34,3 |

O padrão de fermentação da silagem de cana-de-açúcar apresenta elevada produção de etanol, com conseqüente perda de matéria seca que, por sua vez, eleva proporcionalmente o teor dos constituintes fibrosos diminuindo o valor nutritivo e a digestibilidade da matéria seca.

Rezende et al. (2009) estudaram efeito de inclusão de raspa de batata na silagem de cana-de-açúcar e observaram maior digestibilidade da matéria seca (72,51%) e menores constituintes fibrosos na silagem com maior inclusão (28%), que apresentou também menores perdas por gases, e menor produção de efluentes.

A presença de etanol pode provocar redução no consumo voluntário pelos animais, além de aumento das perdas totais em decorrência de sua volatilização. Durante o processo fermentativo, microrganismos convertem proteína e carboidratos à produtos, como ácidos orgânicos, etanol, água, ATP e dióxido de carbono. Na ensilagem de cana-de-açúcar a produção de gás carbônico durante a fermentação é

bastante significativa e as perdas por gases apresentam alta correlação com a produção de etanol por leveduras (AMARAL et al., 2009).

A produção de efluente implica em perda de nutrientes por lixiviação para o fundo do silo, reduzindo o teor de nutrientes solúveis na massa ensilada (SANTOS, 2004). De acordo com Siqueira et al. (2007a) a cana-de-açúcar é um alimento rico em carboidratos solúveis, apresenta baixa capacidade tampão (7 e.mg de HCl/100 g de MS) e teor de matéria seca, entre 25% e 35% (SIQUEIRA et al., 2007b), o que proporciona elevado potencial de fermentação. A cana-de-açúcar possui microbiota epífita rica em leveduras. Algumas espécies de leveduras se desenvolvem em condições anaeróbias, podendo manter altas populações nessas condições, em função da fermentação dos açúcares (SCHMIDT, 2006). Com a rápida queda do pH, as leveduras dominam o processo fermentativo, uma vez que não são inibidas pela redução do pH no alimento podendo crescer em intervalos de pH de 2 a 8.

De acordo com Van Soest (1994) a rápida queda do pH e um valor final baixo podem diminuir a população de microrganismos prejudiciais a ensilagem, reduzindo a possibilidade de se obter produtos indesejáveis como o ácido butírico. No entanto, quando considerado isoladamente, o pH não é um bom indicador de qualidade, pois ainda em baixos valores ocorre o desenvolvimento de leveduras responsáveis pela fermentação indesejável na silagem de cana (CAVALI et al., 2010). O controle de perdas e da produção de etanol devem ser, portanto, o foco na ensilagem de cana-de-açúcar (BERNARDES et al., 2007).

A fermentação clostridiana também é considerada indesejável porque é frequentemente associada a produção de ácido butírico e está relacionada a degradação proteica com a produção de amônia que também pode inibir o consumo e alterar o curso da fermentação, impedindo a rápida queda do pH da massa ensilada (BRODERICK, 1995). É necessário inibir a proteólise criando condições de baixo pH, inadequado para proteases microbianas (ROOKE e HATFIELD, 2003). De forma geral, a concentração de ácido butírico em silagens de cana-de-açúcar é considerada baixa (AMARAL et al., 2009).

Zopollatto et al. (2009), encontraram em revisão de literatura valores médios de 0,1% da MS de ácido butírico em silagens de cana-de-açúcar. Entretanto, Amaral et al.

(2009) encontraram concentrações de ácido butírico de 3,1% da MS em silagem de cana-de-açúcar enriquecida com 1% de óxido de cálcio e atribuíram esse resultado ao pH mais elevado da silagem tratada com óxido de cálcio, possibilitando o crescimento de clostrídios.

As concentrações de ácidos orgânicos na silagem estão relacionadas com o teor de umidade e a capacidade tampão da forragem. Em solução com pH inferior ao pKa, os ácidos orgânicos encontram-se não dissociados, permitindo sua entrada por difusão passiva nas células das leveduras. No interior do microrganismo, o pH (em torno 7) faz com que haja dissociação desses ácidos e liberação do íon H⁺, que é tóxico às leveduras fazendo-as gastarem energia (ATP) para expulsar o H⁺, promovendo redução no crescimento e/ou morte desses microrganismos (McDONALD et al., 1991).

Apesar de todos os ácidos orgânicos contribuírem para redução do pH da silagem, o ácido láctico assume relevante importância. Santos et al. (2008) encontraram significativa correlação entre pH e teor de ácido láctico nas silagens estudadas.

De acordo com Danner et al. (2003) a presença de ácido acético diminui a produção de etanol assumindo importante papel antifúngico durante a fermentação da silagem. O aumento na concentração de ácido acético pode ser resultado do metabolismo de bactérias lácticas (LAB) heterofermentativas, tais como *Lactobacillus buchneri* e *L. brevis* (OUDE ELFERINK et al., 2001) naturalmente presentes na cana-de-açúcar. Altas concentrações de ácido acético foram observadas por Avila et al., (2009) em silagem inoculada com LAB heterofermentativa.

De acordo com Oude Elferink et al. (2001) a produção de ácido propiônico, é frequentemente associada com a conversão anaeróbia de ácido láctico à ácido acético e 1,2-propanodiol, um produto final resultante da fermentação por *L. buchneri*. De acordo com Carvalho et al., (2012) microrganismos que ocorrem naturalmente em silagens podem converter o 1,2-propanodiol em ácido propiônico.

Várias pesquisas têm sido realizadas com objetivo de controlar perdas nas silagens de cana-de-açúcar (SCHMIDT et al., 2011; REZENDE et al., 2011; CAVALI et al., 2010; BALIEIRO NETO et al., 2009), a maioria delas utilizam para isso, aditivos químicos e/ou microbianos como ureia, hidróxido de sódio, óxido de cálcio, *Lactobacillus buchneri* e *L. plantarum*.

De acordo com Santos et al. (2010) o uso de silagens de cana-de-açúcar pode ser potencializado com o emprego de aditivos que visem o controle de crescimento de leveduras. Santos et al. (2009) ao avaliar o uso de aditivos químicos (óxido de cálcio e gesso agrícola) e microbiano (*L. buchneri*) sobre as características fermentativas da silagem de cana, observaram que a utilização de 1,5% de CaO (óxido de cálcio) proporcionou redução na produção de etanol (4,78 a 0,37%), nas perdas por gases (32,1 a 14,2%), produção de efluente (31,3 a 19,7%) e aumentou o teor de ácido láctico (2,0 a 3,4%) e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (48,74 a 74,21%) nas silagens de cana pura e aditivada, respectivamente.

Testando o emprego de 4% de NaOH (hidróxido de sódio), 4% de ureia e a combinação destes (2% de NaOH + 2% de ureia) na ensilagem de cana, Ribeiro et al. (2010) constataram que todos os aditivos aumentaram o pH das silagens, no entanto, os maiores valores de matéria seca (27,1; 25,0 e 20,6%), foram observados nos tratamentos aditivados com 2% de NaOH + 2% de ureia; 4% de NaOH e 4% de ureia respectivamente, em relação ao controle.

Conforme Zopollatto et al (2009), inoculantes microbianos utilizados como aditivos incluem bactérias homofermentativas, heterofermentativas, ou ainda a combinação destas. As bactérias homofermentativas apresentam taxa de fermentação mais rápida, menor proteólise, maior concentração de ácido láctico, menores teores de ácidos acético e butírico, menor teor de etanol, e maior recuperação da matéria seca. Enquanto bactérias heterofermentativas utilizam ácido láctico e glicose como substrato para produção de ácido acético e propiônico, os quais são efetivos no controle de fungos, sob baixo pH.

Schmidt et al. (2007) observaram aumento na concentração de ácido acético (2,18; 2,33 e 2,96%) em detrimento da redução do teor de ácido láctico (1,08; 0,84 e 0,87%). Redução da concentração do etanol (0,41; 0,29 e 0,33%) também foi observada para silagens controle, inoculada com *L. plantarum* e *L. buchneri* respectivamente.

2.2. Valor nutritivo da maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii*) sob diferentes formas de conservação

A redução da disponibilidade de forragens nos períodos secos limitam a produção animal no Semiárido. De acordo com Medina (2005) estudos tem revelado que mais de 70% das espécies botânicas da caatinga participam significativamente da composição da dieta dos ruminantes domésticos. Entre as forrageiras nativas, a maniçoba é classificada como excelente, com elevados teores de proteína bruta e digestibilidade da matéria seca, podendo viabilizar a alimentação dos rebanhos contribuindo para a sustentabilidade da produção pecuária regional (SANTOS, 2009).

Entretanto, como as demais plantas do gênero *Manihot*, a maniçoba apresenta em sua composição teores consideráveis de glicosídeos cianogênicos (linamarina e lotaustralina) que mediante ação da enzima linamarase, são hidrolisadas produzindo ácido cianídrico (SOARES, 1995). Dependendo da quantidade ingerida (acima de 2,4mg de HCN/kg de peso corporal), esse produto pode levar os animais a morte (SOARES, 2000).

Esse nível de toxicidade, no entanto, é facilmente reduzido quando a planta é triturada mecanicamente e submetida à desidratação natural, bem como pela fermentação no processo de ensilagem (MATOS et al., 2005). Sendo assim, a utilização de maniçoba na alimentação animal pode ser potencializada com a viabilização de técnicas de conservação como a ensilagem e a fenação que amenizam os problemas da estacionalidade na produção de forragens, principalmente no período de estiagem, pela disponibilidade dessa forrageira nativa, simplicidade das tecnologias empregadas e geração de alimento rico em proteína e energia e bem aceito pelos animais.

A ensilagem conserva a forragem, com o mínimo de perdas de nutrientes, por meio da fermentação anaeróbia. A maniçoba possui quantidades adequadas de carboidratos solúveis, indispensáveis à formação de ácidos orgânicos, durante o processo fermentativo da silagem. Matos et al. (2005) estudaram a composição química e o valor nutritivo da silagem de maniçoba e encontraram valores de 3,23% da MS de carboidratos solúveis na maniçoba.

A fenação é uma técnica de conservação de forragem realizada por meio da desidratação ou secagem da forragem verde, que preserva no alimento o bom valor nutritivo, com mínimo de perdas na produção (FURLANETTI & BRAMBILLA, 2008).

A maniçoba apresenta alto grau de aceitabilidade pelos animais, que sempre a consomem com avidez. Além da boa aceitabilidade, possui elevado teor de PB, cerca de 19% da MS (FERREIRA et al., 2009) e também boa digestibilidade (62,29%MS) (SALVIANO & NUNES 1988). Resultados das análises químico-bromatológicas de amostras de maniçoba fresca e conservadas sob a forma de feno e silagem são mostrados da Tabela 2. Na qual é possível observar qualidade nutricional da forragem tanto na forma de feno quanto de silagem.

Tabela 2. Valores médios da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE), matéria orgânica (MO), carboidratos totais (CHOT), carboidratos não-fibrosos (CNF) da maniçoba nas formas *in natura*, feno e silagem.

| PARÂMETRO | MANIÇOBA FRESCA | SILAGEM | FENO |
|--------------------------------|-----------------|---------|------|
| Matéria seca (%) | 31,0 | 32,2 | 85,5 |
| Proteína bruta (%) | 11,0 | 8,2 | 9,5 |
| Fibra em detergente neutro (%) | 51,6 | 62,6 | 59,2 |
| Fibra em detergente ácido (%) | 46,3 | 51,8 | 51,8 |
| Extrato etéreo (%) | 4,3 | 2,7 | 3,8 |
| Matéria orgânica (%) | 92,3 | 92,6 | 92,9 |
| Carboidratos totais (%) | 80,0 | 81,7 | 79,6 |
| Carboidratos não-fibrosos (%) | 28,4 | 19,1 | 20,3 |

Adaptado de SOUZA et al., 2010.

Silva et al., (2011) avaliaram a composição químico-bromatológica e a degradabilidade *in situ* de silagens de maniçoba com resíduo de vitivinícola, encontraram valores de degradabilidade potencial de 63,4% da MS na silagem de maniçoba sem adição de resíduo. Souza et al., (2006) ao estudar o efeito do emurchecimento por cinco horas ao sol sobre a degradabilidade potencial na silagem da maniçoba, registraram valores de 69,62 e 66,71% de MS para silagem fresca e

emurchecida, respectivamente.

Lima Junior (2011) avaliou a substituição do feno de Tifton 85 pelo feno de Maniçoba sobre os componentes do peso corporal de ovinos e caprinos e não encontrou diferença sobre o ganho de peso médio diário. Araújo et al. (2009) trabalharam com diferentes níveis de inclusão de feno de maniçoba na dieta de caprinos (30, 40, 50 e 60%), não observaram diferença no consumo (média de 1,95 kg/dia) no entanto a digestibilidade da matéria seca e o teor de nutrientes digestíveis totais decresceram linearmente.

2.3. Digestibilidade e degradação de alimentos pela técnica de produção de gás *in vitro*

O desempenho animal é em grande parte limitado pela qualidade da forragem que se reflete principalmente em baixo consumo voluntário e baixa digestibilidade. Segundo o AFRC (1993) a degradabilidade é a modificação das partículas dos alimentos ao longo do tempo, podendo ou não ser digerido conforme as características do mesmo. Essa degradabilidade é afetada pela taxa de degradação e pela taxa de passagem. E a digestibilidade é a quantidade dos constituintes dietéticos que são absorvidos durante a passagem pelo trato digestório, determinando assim o valor nutritivo dos alimentos, que por sua vez, pode ser influenciada pelo grau de moagem, teor de fibra, pelo efeito associativo (mistura de alimentos) e pelo processamento do alimento.

A determinação do consumo e digestibilidade dos alimentos *in vivo* é demorada, trabalhosa, dispendiosa e necessita de grandes quantidades de alimentos para os animais (KAMALAK et al., 2005), não sendo adequada para avaliação de alimentos em grande escala. Por isso, muitas tentativas têm sido feitas para predição de consumo e digestibilidade por métodos químicos e biológicos, utilizando técnicas de laboratório que simulam o processo de digestão.

Atualmente existem três principais técnicas de digestão biológica disponíveis para determinar o valor nutritivo dos alimentos para ruminantes que estão baseadas na digestão com microrganismos do rúmen (TILLEY e TERRY, 1963), na produção de gás ou em incubações *in situ* de amostras em sacos de nylon no rúmen. De acordo com Van Soest (1994), os métodos biológicos são mais significativos, uma vez que

microrganismos e enzimas são mais sensíveis aos fatores que influenciam a taxa e a extensão da digestão do que os métodos químicos. Um método laboratorial eficiente deve ser reprodutível e correlacionar-se efetivamente bem com parâmetros medidos *in vivo*.

A técnica de Tilley e Terry (1963) tornou-se importante ferramenta para a avaliação de alimentos para ruminantes e é amplamente utilizada devido a sua conveniência, particularmente quando é necessário realizar testes em larga escala em alimentos. Este método envolve duas etapas nas quais as forragens são submetidas a 48h de fermentação numa solução tampão contendo fluido ruminal, seguido de 48h de digestão com pepsina numa solução ácida. Apesar deste método ter sido extensivamente validado com valores *in vivo* (Van Soest, 1994), apresenta algumas desvantagens: a medição é realizada no ponto final (gera somente uma observação) assim, a técnica não fornece informações sobre a cinética da digestão da forragem; a determinação do resíduo destrói a amostra e, portanto, grande número de repetições é necessário (GETACHEW et al., 1998).

Ensaio enzimático também tem sido utilizados para estimar a digestibilidade, no entanto, de acordo com Getachew et al. (1998), os métodos enzimáticos também são utilizados como ponto final na determinação da digestibilidade e sofrem desvantagens semelhantes com a técnica de Tilley e Terry (1963), podem ser insensíveis aos efeitos associativos e toxinas que podem afetar a degradação microbiana e, ao contrário do método de dois estágios, os resultados do método enzimático não têm sido extensivamente validados com valores *in vivo*. O método enzimático não necessita de um animal fistulado, e isto constitui sua principal vantagem em relação aos métodos que utilizam fluido ruminal.

A técnica de degradabilidade *in situ*, permite facilmente estimar o valor nutritivo dos alimentos e sua degradabilidade potencial, baseada no desaparecimento do substrato, seja por degradação microbiana, hidrólise ou solubilização (GOBBO, 2001). A solubilização dos constituintes na fase inicial do processo ou a perda de peso em função da porosidade dos sacos de nylon pode superestimar a digestibilidade do alimento, do mesmo modo que a aderência de microrganismos aos sacos de nylon pode subestimar-la. Outra desvantagem do método é o pequeno número de amostras

de forragem que pode ser avaliado ao mesmo tempo, e a necessidade de pelo menos três animais fistulados para considerar as variações devido ao animal (GETACHEW et al., 1998).

O modelo amplamente utilizado para estimar a cinética de degradação dos alimentos e degradabilidade efetiva *in situ* é o descrito por Orskov e McDonald (1979) expresso pelas equações:

$$[1] DP = a + b * (1 - \exp^{-ct})$$

$$[2] DE = a + ((b * c) / (c + k))$$

em que:

DP = degradabilidade potencial do alimento;

DE = degradabilidade efetiva

t = tempo de incubação

a = substrato solúvel e rapidamente degradável;

b = substrato insolúvel, mas potencialmente degradável;

c = taxa constante da função b.

k = taxa de passagem das partículas no rúmen (5 %/h)

O tempo de colonização pode ser estimado conforme McDonald (1981):

$$[3] TC = -1 / c * \ln (p-a) / b$$

em que:

TC = tempo de colonização em horas

P = degradabilidade potencial

a, b e c = mesmos parâmetros definidos nas equações [1] e [2].

A produção de gás está relacionada com a fermentação ruminal e as metodologias para quantificação da produção de gás, vem evoluindo constantemente. Entre as diversas técnicas laboratoriais, a técnica de produção de gás *in vitro* destaca-se por ser simples, confiável e de baixo custo (AKINFEMI et al., 2009). É ainda, reconhecida como uma das melhores técnicas para descrever a cinética fermentativa dos alimentos, pois permite analisar o modo como ocorre o ataque microbiano na degradação do alimento no rúmen já que a produção de gases pode ser medida a intervalos frequentes e é diretamente proporcional a fermentação dos alimentos, sendo possível correlacioná-la com a matéria orgânica fermentada (GOBBO, 2001). De

acordo com Jayme et al. (2009) muitos fatores afetam a fermentação microbiana de alimentos e conseqüentemente a produção de gás, dentre eles anaerobiose, temperatura, pH e tamponamento adequados. A técnica *in vitro* têm a vantagem não só de ser mais barata, permite manter as condições experimentais de forma mais precisa que os ensaios *in vivo* (GETACHEW et al., 1998).

Em um único experimento pode-se analisar diversos alimentos e demonstrar sua degradabilidade potencial, além de fornecer medidas dos gases produzidos obtendo uma melhor interpretação deste processo. Para conversão da produção de gases em matéria orgânica digerida são utilizadas equações de regressão. France et al. (1993) propuseram um modelo matemático que melhor descreve a produção de gases *in vitro*.

No entanto, de acordo com Cruz (2007) o modelo bicomportamental proposto por Schofield em 1994 é mais comumente utilizado na avaliação da cana-de-açúcar, pois permite dividir a produção acumulada de gases em duas fases distintas, uma rápida e outra de lenta degradação ruminal, adequando-se a cana-de-açúcar em função dos seus constituintes:

$$[4] V = Vf1 / (1 + \exp(2 - 4 \cdot C1 \cdot (T - L))) + Vf2 / (1 + \exp(2 - 4 \cdot C2 \cdot (T - L)))$$

em que:

V = volume total de gases

Vf1 = volume máximo de produção de gases da fração dos carboidratos não fibrosos;

C1 = taxa de degradação (%/h) da fração de carboidratos não fibrosos

T = tempo de incubação (h)

L = tempo de colonização (h)

Vf2 = volume máximo de produção de gases da fração dos carboidratos fibrosos

C2 = taxa de degradação (h) da fração de carboidratos fibrosos.

A produção de gases é proporcional a atividade microbiana, assim, uma vez que se pode medir o volume de gases produzidos, pode-se também estimar a quantidade de substrato digerido (WANG et al., 2011). Além disso, pode-se determinar a degradabilidade da matéria seca durante a produção de gases o que permite melhor

entendimento da cinética fermentativa comparando a taxa de desaparecimento de material, semelhante ao que é feito pela técnica *in situ* de degradabilidade ruminal (GOBBO, 2001).

De acordo com Maurício et al. (1999), a técnica de produção de gases *in vitro*, consiste na incubação de aproximadamente 1g de MS do alimento analisado em frasco de vidro vedado, onde se adiciona 90ml de solução com pH adequado (semelhante ao pH do rúmen), contendo nutrientes e tamponantes e 10 ml de inoculo. Os reagentes utilizados no preparo das soluções estão descritos na Tabela 3.

Com a utilização de equipamento transdutor, a pressão dos gases produzidos durante a fermentação é medida em intervalos pré-determinados que variam de 0 a 96h de incubação. Para converter pressão em volume deve-se utilizar equações feitas para cada condição específica, é recomendado a realização de ensaios para cada laboratório (MAURICIO et al., 2003).

Tabela 3. Composição das soluções utilizadas na técnica de produção de gás *in vitro*.

| Reagente | Fórmula química | Quantidade (g.L ⁻¹) | | | |
|------------------------|--|---------------------------------|------------------|--------------------------|-------------------------|
| | | Goering e Soest (1970) | Steingass (1983) | Menke e Steingass (1988) | Theodotou (1993) |
| Cloreto de cálcio | CaCl ₂ ·2H ₂ O | 0,016 | 0,017 | 0,013 | 0,015 |
| Cloreto de manganês | MnCl ₂ ·4H ₂ O | 0,012 | 0,015 | 9,7 x 10 ⁻³ | 0,011 |
| Cloreto de cobalto | CoCl ₃ ·6H ₂ O | 1,25 x 10 ⁻³ | 0,002 | 0,97 x 10 ⁻³ | 1,11 x 10 ⁻³ |
| Cloreto férrico | FeCl ₃ ·6H ₂ O | 9,96 x 10 ⁻³ | 0,012 | 0,77 x 10 ⁻³ | 8,84 x 10 ⁻³ |
| Fosfato de sódio | Na ₂ HPO ₄ | 1,42 | 1,43 | 1,09 | 2,09 |
| Fosfato de potássio | KH ₂ PO ₄ | 1,55 | 1,55 | 1,19 | 1,37 |
| Sulfato de magnésio | MgSO ₄ ·7H ₂ O | 0,15 | 0,15 | 0,12 | 0,13 |
| Carbonato de sódio | NaHCO ₃ | 8,74 | 8,75 | 6,71 | 7,73 |
| Carbonato de amônio | (NH ₄)HCO ₃ | 1 | 1 | 0,77 | 0,88 |
| Sulfeto de sódio | Na ₂ S | 0,016 | 0,52 | 0,23 | 2,79 x 10 ⁻⁴ |
| Trypticase | - | 2,5 | - | 1 | 2,21 |
| Cloridrato de Cisteína | C ₃ H ₈ NO ₂ SCI.H ₂ O | 0,016 | - | - | 2,79 x 10 ⁻⁴ |
| Resazurina | C ₁₂ H ₇ NO ₄ | 1,25 x 10 ⁻³ | 0,125 | 9,87 x 10 ⁻⁴ | 1,11 x 10 ⁻³ |

Adaptado de Rymer et al., (2005).

Ao final de cada intervalo de incubação (6, 12, 24, 48 e 96h) os frascos de vidro são refrigerados com objetivo de cessar a atividade microbiana. O material então é filtrado e lavado em cadinho de vidro sinterizado de peso conhecido e seco em estufa a 105°C até peso constante, para posterior incineração e quantificação da degradação da matéria seca. As frações solúveis (tempo zero de incubação) são determinadas pelos mesmos procedimentos de lavagem e filtração, porém, sem a incubação prévia das amostras.

As degradabilidades efetivas da matéria seca (DEMS) podem ser calculadas empregando as taxas de passagem de 2, 5 e 8%/h para baixo, médio e alto consumo, respectivamente pela equação proposta por France et al. (1993):

$$[5] \text{ DEMS} = S_0 e^{-kT} (1 - k) / (S_0 + U_0)$$

em que:

DEMS = degradabilidade efetiva da matéria seca

k = taxa de passagem,

t = tempo de incubação em horas

S_0 e U_0 = frações inicialmente fermentáveis e frações não fermentáveis.

Considerando as vantagens e a forte correlação com outras técnicas apresentadas pela digestibilidade *in vitro*, tem-se recomendado a utilização desta técnica para avaliação de alimentos para ruminantes, visando a obtenção de resultados acurados e reduzindo a necessidade de animais nos experimentos.

3. REFERÊNCIAS

AGRICULTURAL AND FOOD REASERCH COUNCIL - AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: CAB International, 1993. 159p.

AKINFEMI, A.; ADESANYA, A. O.; AYA, V.E. Use of an In Vitro Gas Production Technique to Evaluate Some Nigerian Feedstuffs, **American-Eurasian Journal of Scientific Research**, v.4, p. 240-245, 2009.

AMARAL, R.C.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; NUSSIO L.G.; MENDES, C.Q.; GASTALDELLO JUNIOR, A. L. Cana-de-açúcar ensilada com ou sem aditivos químicos: fermentação e composição química. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1413-1421, 2009.

ARAÚJO, G.G.L.; MOREIRA, J.N.; FERREIRA, M.A.; TURCO, S.H.N.; SOCORRO, E.P. Consumo voluntário e desempenho de ovinos submetidos a dietas contendo diferentes níveis de feno de maniçoba. **Revista Ciência Agronômica**, v.35, n.1, p.123 – 130, 2004.

ARAÚJO, M. J.; MEDEIROS, A. N.; CARVALHO, F. F. R.; SILVA, D. S.; CHAGAS, E. C. O. Consumo e digestibilidade dos nutrientes em cabras Moxotó recebendo dietas com diferentes níveis de feno de maniçoba **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.38, n.6, p.1088-1095, 2009

ÁVILA, C.L.S.; PINTO, J.C.; FIGUEIREDO, H. C. P.; MORAIS, A. R.; PEREIRA, O. G.; SCHWAN, R. F. Estabilidade aeróbia de silagens de capim-mombaça tratadas com *Lactobacillus buchneri*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.779-7879, 2009.

BALIERO NETO, G.; SIQUEIRA, G.R.; NOGUEIRA, J.R.; POSSENTI, R.; PAULINO, V. T.; BUENO, M. S. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar aditivadas com cal virgem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, n.1, p.24-33, 2009.

BERNARDES, T. F.; REIS, R. A.; SIQUEIRA, G. R.; BERCHIELLI, T. T.; COAN, R. M. Avaliação da queima e da adição de milho desintegrado com palha e sabugo na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.269-275, 2007.

BRODERICK, G. A. Desirable Characteristics of Forage Legumes for Improving Protein Utilization in Ruminants. **Journal Animal Science** 1995, v.73 p.2760-2773.

BRAVO-MARTINS, C.E.C. CARNEIRO, H.; CASTRO-GOMEZ, R. J. H. FIGUEIREDO, H. C. P.; SCHWAN, R. F. Chemical and microbiological evaluation of ensiled sugar cane with different additives. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 37, n. 4, p. 499-504, 2006.

CARVALHO, B. F.; AVILA, C. L. S.; PINTO, M. N.; SCHWAN, R. F. Effects of propionic acid and *Lactobacillus buchneri* (UFLA SIL 72) addition on fermentative and microbiological characteristics of sugar cane silage treated with and without calcium oxide. **Grass and Forage Science**, v. 67, p. 462–471, 2012.

CAVALI, J.; PEREIRA, O. G.; VALADARES FILHO, S. C.; PORTO, M. O.; FERNANDES, F. E. P.; GARCIA, R. Mixed sugarcane and elephant grass silages with or without bacterial inoculant. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.3, p.462-470, 2010.

CRUZ, P. G. **Avaliação nutricional de cinco variedades de cana-de-açúcar para ruminantes**. Dissertação (Mestrado em agronomia) 2007, 72p. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. 2007.

DANNER, H; HOLZER, M; MAYRHUBER, E.; BRAUN, R. Acetic acid stability of silage under aerobic conditions. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 69, n.1, p. 562-567, 2003.

FERNANDES, A. R. M.; SAMPAIO, A. A. M.; HENRIQUE, W. PERECIN, D.; OLIVEIRA, E. A.; TÚLLIO R. R. Avaliação econômica e desempenho de machos e fêmeas Canchim em confinamento alimentados com dietas à base de silagem de milho e concentrado ou cana-de-açúcar e concentrado contendo grãos de girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.855-864, 2007.

FERRARI JUNIOR, E.; PAULINO, V. T.; POSSENTI R. A.; LUCENAS, T. L. Aditivos em silagem de capim elefante **Archivos de zootecnia**, v. 58, n. 222, p. 185-194, 2009.

FERREIRA, A. L.; SILVA, A. F.; PEREIRA, L. G. R.; BRAGA, L. G. T.; MORAES, S. A.; ARAÚJO, G. G. L. Produção e valor nutritivo da parte aérea da mandioca, maniçoba e pornunça **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal** v.10, n.1, p.129-136, 2009.

FORTALEZA, A. P. S.; SILVA, L. D. F.; ZACKM, E.; BARBERO, R. P.; RIBEIRO, E. L. A.; PEGORARO, M.; SANTOS, L. E.; MIZUBUTI, I. Y. Composição química e degradabilidade ruminal de silagens da cana-de-açúcar tratada com aditivos químicos e bacteriano. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, suplemento 2, p. 3341-3352, 2012.

FRANCE. J.; DHANOA. M. S.; THEODOROU, M. K.; LISTER S. J.; DAVIES, D. R.; ISAC, D. A model to interpret gas accumulation profiles associated with in vitro degradation of ruminant feeds. **Journal of Theoretical Biology**, v. 163, p. 99–111, 1993.

FURLANETTI, A. C.; BRAMBILLA, E.; Produção, utilização e comercialização do feno. **Saber Acadêmico**, n. 6, 2008.

GETACHEW, G.; BLUMMEL, M.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. In vitro gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 72 p. 261–281, 1998.

GOBBO, S. P. **Comparações entre procedimentos laboratoriais das técnicas de produção de gases e incorporação de radiofósforo pelos microrganismos na avaliação *in vitro* de alimentos para ruminantes.** 2001. 60p. Dissertação (Mestrado em ciências) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

JAYME, D.G.; GONÇALVES, L.C.; MAURÍCIO, R.M.; RODRIGUES, J.A.S.; RODRIGUEZ, N.M.; BORGES, A.L.C.C.; BORGES, I.; SALIBA, E.O.S.; PIRES, D.A.A.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; JAYME, C.G.; PEREIRA, L.G.R. Avaliação pela técnica semiautomática de produção de gases das silagens de quatro genótipos de girassol (*Helianthus annuus*) (Rumbosol 91, Victoria 627, Victoria 807 e Mycogen 93338) **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia** v.61, n.6, p.1403-1410, 2009.

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

KAMALAK, A.; CANBOLAT, O.; EROL, A.; KILINC, C.; KIZILSIMSEK, M.; OZKAN, C. O.; OZKOSE, E. Effect of variety on chemical composition, *in vitro* gas production, metabolizable energy and organic matter digestibility of alfalfa hays. **Livestock Research for Rural Development**, v.17, n.77, 2005.

LIMA JUNIOR, D. M. **Substituição do feno de Tifton 85 pelo feno de Maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii*) sobre os componentes do peso vivo de ovinos Morada Nova e caprinos Moxotó.** 2011, 75p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2011.

LOIOLA FILHO, J. B.; SANTOS, B. R. C.; MANERA, D. B.; NOGUEIRA, D. M.; VOLTOLINI, T. V. Consumo de água e desempenho produtivo de caprinos recebendo rações contendo diferentes teores de caroço de algodão em substituição a silagem de maniçoba. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 3, p. 102-109, 2012.

LORENZO, B. F.; O'KIELY, P. Alternatives to formic acid as a grass silage additive under two contrasting ensilability conditions. **Irish Journal of Agricultural and Food Research** v. 47, p. 135–149, 2008

MADINGAN M.T., MARTINKO J.M., DUNLAP P.V. and CLARK D.P. (2009) Brock biology of microorganisms, 12th edn. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1160 p.

MAEDA, E. M.; ZEOULA, L. M.; JOBIM, C. C.; BERTAGLIA, F.; JONKER, R. C.; GERON, L. J. V.; HENRIQUE, D. S. Chemical composition, fermentation, *in vitro* digestibility and *in situ* degradability of sugar cane silages with *Lactobacillus*, urea and agricultural byproduct. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.40, n.12, p.2866-2877, 2011.

MAGALHÃES, F. A.; VALADARES FILHO, S. C.; MENEZES, G. C. C.; MACHADO, M. G.; ZANETTI, D.; PINA, D. S.; PEREIRA, O. G.; PAULINO, M. F. Chemical composition and fermentative losses of sugar cane ensilage with different Brix degrees, with or without calcium oxide. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.2, p.256-263, 2012.

MATOS, D. S.; GUIM, A. BATISTA, A. M. V.; PEREIRA, O. G.; MARTINS, V. Composição química e valor nutritivo da silagem de maniçoba (*manihot* epruinosa). **Archivos de Zootecnia**. v.54, n. 208, p. 619-629. 2005

MAURICIO, M. R.; MOULDA, F. L.; DHANOAB, M. S.; OWENA, E.; CHANNAA, K. S.; MICHAEL K. THEODOROU, A. Semi-automated in vitro gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. **Animal Feed Science and Technology**, v. 79, p. 321-330, 1999.

MAURÍCIO, R.M.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M. Relação entre pressão e volume para implantação da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases na avaliação de forrageiras tropicais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, v.55 n.2, 2003.

McDONALD, I.M. A revised model for the estimation of protein degradability in rumen. **Journal of Agricultural Science**, v.96, p.251-252, 1981.

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

MEDINA, F. T.; **Avaliação de dietas contendo silagme de maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii* Pax. Et. K. Hoffman) para terminação de caprinos no semi-árido brasileiro**. 2005, 77p. Dissertação (Mestrado em zootecnia) Univesidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

MENDES, C. Q. **Silagem de cana-de-açúcar na alimentação de ovinos e caprinos: valor nutritivo, desempenho e comportamento ingestivo**. 2006. 103 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

NUSSIO, L. G.; SUSIN, I.; MENDES, C. Q.; AMARAL, R. C. Estratégias para garantir eficiência na utilização de cana-de-açúcar para ruminantes. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.3, n.4, p.27-33, 2009.

ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal Agricultural Science**, v. 92, n. 1, p. 499-503, 1979.

OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; KROONEMAN, J.; GOTTSCHAL, J.C.; POELSTRA, S.F.; FABER, F.; DRIEHUIS, F. Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanediol by *Lactobacillus buchneri*. **Applied and Environmental Microbiology**, v.67, p.125-132, 2001.

PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; LOURES, D.R.S.; PAZIANI, S. F.; IGARASI, M. S.; COELHO, R. M.; HORII, J.; RODRIGUES, A. A.. Efeito do tratamento com aditivos químicos e inoculantes bacterianos nas perdas e na qualidade de silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.558-564, 2007.

PEDROSO, A. F.; RODRIGUES, A. A.; BARIONI JÚNIOR, W.; BARBOSA, P. F.; SANTOS, F. A. P.; NUSSIO, L. G. Aditivos químicos e inoculante bacteriano na ensilagem de cana-de-açúcar: efeitos sobre a fermentação das silagens e o desempenho de garrotes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.6, p.1181-1187, 2011.

QUEIROZ, O. C. M.; NUSSIO, L. G.; SCHMIDT, P.; RIBEIRO, J. L.; SANTOS, M. C.; ZOPOLLATTO, M. Silagem de cana-de-açúcar comparada a fontes tradicionais de volumosos suplementares no desempenho de vacas de alta produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.358-365, 2008.

REZENDE, A. V.; RODRIGUES, R.; BARCELOS, A. F.; CASALI, A. O.; VALERIANO, A. R.; MEDEIROS, L. T. Qualidade bromatológica das silagens de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) aditivadas com raspa de batata. **Revista Ciência e Agrotecnologia** v. 33, n. 1, p. 292-297, 2009.

REZENDE, A. V.; RABELO, C. H. S.; RABELO, F. H. S.; NOGUEIRA, D. A.; FARIA JUNIOR, D. C. N. A.; BARBOSA, A. L. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar tratadas com cal virgem e cloreto de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.4, p.739-746, 2011

REZENDE, A. V.; FARIA JÚNIOR, D. C. N. A.; RABELO, C. H. S.; RABELO, F. H. S.; CARVALHO, A.; SILVA, L. M.; SILVEIRA, M. S.; SANTOS, W. B. Qualidade de silagens de cana-de-açúcar e capim-elefante aditivadas com torta de polpa de coco macaúba. **Revista Agrarian**, v.3, n.9, p.224-232, 2010.

RIBEIRO, L. S. O.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; SANTOS, A. B.; FERREIRA, A. F.; BONOMO, P.; SILVA, F. F. Composição química e perdas fermentativas de silagem de cana-de-açúcar tratada com ureia ou hidróxido de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.9, p.1911-1918, 2010.

ROOKE, J.A.; HATFIELD, R.D. Biochemistry of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.) **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 2003, p.251-304.

RYMER, C.; HUNTINGTON, J.A.; WILLIAMS, B.A.; GIVENS, D.I. *In vitro* cumulative gas production techniques: History, methodological considerations and challenges. **Animal Feed Science and Technology**, v.123, p. 9–30, 2005.

SALVIANO, L. M. C.; NUNES, M. C. F. S. 1988. **Considerações sobre o valor forrageiro e a toxidez da maniçoba**. Petrolina-PE. (EMBRAPACPATSA. Comunicado Técnico, N. 27). 4 pp.

SANTOS, R. V. **Silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) em duas idades de cortes com diferentes aditivos**. 2004. 65 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2004.

SANTOS, M. C.; NUSSIO, L. N.; MOURÃO, G. B.; SCHMIDT, P.; MARI, L. J.; RIBEIRO, J. L. Influência da utilização de aditivos químicos no perfil da fermentação, no valor nutritivo e nas perdas de silagens de cana-de-açúcar, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.9, p.1555-1563, 2008.

SANTOS, M. C.; NUSSIO, L. G.; MOURÃO, G. B.; SCHMIDT, P.; MARI, L. J.; RIBEIRO, J. L.; QUEIROZ, O. C. M.; ZOPOLLATTO, M.; SOUSA, D. P.; SARTURI, J. O.; TOLEDO FILHO, S. G. Nutritive value of sugarcane silage treated with chemical additives. **Scientia Agricola** v.66, n.2, p.159-163 2009.

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

SAS INSTITUTE. SAS/STAT: **guide for personal computer**; version 9.1. Cary, p.235, 2003.

SCHMIDT, P, **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. 2006. 229 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

SCHMIDT, P.; MARI, L.J.; NUSSIO, L.G.; PEDROSO, A. F.; PAZIANI, S. F.; WECHSLER, F. S. Aditivos químicos e biológicos na ensilagem de cana-de-açúcar. 1. Composição química das silagens, ingestão, digestibilidade e comportamento ingestivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1666-1675, 2007.

SCHMIDT, P.; ROSSI JUNIOR, P.; JUNGES, D.; DIAS, L. T.; ALMEIDA, R.; MARI, L. J. Novos aditivos microbianos na ensilagem da cana-de-açúcar: composição bromatológica, perdas fermentativas, componentes voláteis e estabilidade aeróbia, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.3, p.543-549, 2011.

SILVA, T. M. A.; ARAÚJO, G.G.L.; OLIVEIRA, R.L.; DANTAS, F.R.; BAGALDO, A.R.; MENEZES, D.R.; GARCEZ NETO, A.F.; FERREIRA, G.D.G. Degradabilidade ruminal e valor nutritivo da maniçoba ensilada com níveis do resíduo vitivinícola. **Archivos de Zootecnia**. v.60, p. 93-103. 2011.

SIQUEIRA, G.R. **Aditivos na silagem de cana-de-açúcar “in natura” ou queimada.** Tese (Doutorado em Zootecnia) 2009, 121p. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, 2009.

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P. PIRES, A. J. V.; BERNARDES, T. F.; ROTH, M. T. P. Perdas de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e bacterianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.2000-2009, 2007a.

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P. et al. Associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.789-798, 2007b.

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P. PIRES, A. J. V.; BERNARDES, T. F.; ROTH, M. T. P. Queima e aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.39, n.1, p.103-112, 2010.

SOARES, J. G. G. **Avaliação da silagem de maniçoba - Teor de ácido cianídrico,** Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 2000, 3p. (EMBRAPA/CPATSA. Comunicado Técnico, 93).

SOARES, J.G.G. **Cultivo da maniçoba para produção de forragem no semi-árido brasileiro.** Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1995, 4p. (EMBRAPA/CPATSA. Comunicado Técnico, 59).

SOUZA, E.J.O.; GUIM, A.; BATISTA, A.M.V.; ZUMBA, E.R.F.; SANTOS, E.P.; SOUZA, K.S.; SANTOS, G.R.A.; LINS, N.B.; MATOS, D.S. 2006. Qualidade de silagens de maniçoba (*Manihot epruinosa*) emurchecida. **Archivos de Zootecnia.**, 55: 351-360.

SOUZA, E. J. O.; GUIM, A.; BATISTA, A. M. V.; ALBUQUERQUE, D. B.; MONTEIRO, C. C. F.; ZUMBA, E. R. F.; TORRES, T. R. Comportamento ingestivo e ingestão de água em caprinos e ovinos alimentados com feno e silagem de Maniçoba. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v.11, n.4, p.1056-1067, 2010.

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

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

VOLTOLINI, T. V.; SILVA, J. G.; SILVA, W. E. L.; NASCIMENTO, J. M. L.; QUEIROZ, M. A. A.; OLIVEIRA, A. R. Valor nutritivo de cultivares de cana-de-açúcar sob irrigação **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v.13, n.4, p.894-901, 2012.

WANG, M.; TANG, S.X. .; TAN, Z.L. Modeling *in vitro* gas production kinetics: Derivation of Logistic–Exponential (LE) equations and comparison of models. **Animal Feed Science and Technology**, v.165, p. 137–150, 2011.

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

4. ARTIGO 1

Características fermentativas na ensilagem de cana-de-açúcar com maniçoba

Fermentative characteristics in sugarcane silage with maniçoba

Francisco Allan Leandro de Carvalho¹; Mário Adriano Ávila Queiroz¹ e outros.

RESUMO

A utilização da silagem de cana-de-açúcar apresenta benefícios que tem despertado interesse de produtores e pesquisadores. No entanto, algumas limitações principalmente relacionadas ao seu padrão de fermentação, tem se constituído grande desafio para utilização desta forrageira. Com objetivo de avaliar a inclusão de maniçoba sobre as características fermentativas na silagem de cana-de-açúcar foi elaborado experimento em delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos (níveis de inclusão: 0, 20, 30 e 40%) e seis repetições. Após 90 dias do fechamento dos silos, foram determinadas as perdas na forma de gases, perda total e recuperação de matéria seca e produção de efluentes. Os silos então foram abertos e obtido o extrato aquoso das silagens, foram determinados os teores dos ácidos orgânicos (acético, butírico, láctico e propiônico), etanol, N-NH₃, NT e valores de pH. À medida que se aumentou o nível de inclusão de maniçoba foi observado redução de 67% nas perdas por gases e de 23,3% na produção de efluente, enquanto a concentração de etanol foi reduzida de 25,6 a 2,7%. As máximas concentrações de ácido láctico (2,4%), acético (2,2%) e propiônico (0,03%) foram encontradas em silagens contendo 40% de maniçoba, enquanto que para o ácido butírico decresceu linearmente. Em todas as silagens o pH encontrado mostrou-se adequado ao processo de ensilagem (variação de 3,4 a 3,7). O maior nível de inclusão de maniçoba em silagens de cana-de-açúcar, melhora a fermentação das silagens e reduz as perdas fermentativas.

Palavras-chave: perdas fermentativas, efluente, fermentação alcoólica.

ABSTRACT

The use of silage sugar cane has a benefit that has aroused the interest of producers and researchers. However, some limitations mainly related to its fermentation

pattern, has become the challenge for use of this forage. To evaluate the inclusion of maniçoba on silage fermentation characteristics of sugar cane was prepared experiment in completely randomized design with four treatments (inclusion levels: 0, 20 , 30 and 40 %) and six replications . After 90 days of the closing of the silos were resolved losses in the form of gases, total loss and recovery of dry matter production and effluent. The silos were opened and then obtained the aqueous extract of the silages, were determined levels of organic acids (acetic, butyric, lactic and propionic), ethanol, NH₃-N, NT and pH values . As the level of inclusion of maniçoba was increased, it was observed a 67% reduction in the losses of gases and 23.3% in the effluent production, while the ethanol concentration was reduced from 25.6 to 2.7 % . The maximum concentration of lactic acid (2.4%), acetic acid (2.2%) and propionic (0.03 %) were found in silages maniçoba 40%, while for butyric acid linearly decreased. In all silages the pH found was adequate to silage (range 3.4 to 3.7) . The highest level of inclusion maniçoba in sugar cane silages improves the fermentation of the silage and reduces fermentation losses.

Keywords: Fermentation losses, effluent, alcoholic fermentation.

INTRODUÇÃO

A silagem de cana-de-açúcar merece destaque pelos teores de matéria seca, carboidratos solúveis e capacidade tampão, além disso, elimina a necessidade de corte diário, constituindo grande benefício em operacionalidade e, sobretudo, pela alta produtividade de massa verde, baixo custo por unidade de matéria seca e melhor valor nutritivo no período seco do ano quando se observa escassez de forragem.

Apesar do alto potencial produtivo como recurso forrageiro, a cana-de-açúcar possui algumas limitações do ponto de vista nutricional, tais como os baixos teores de proteínas e minerais. Além desses fatores, as perdas fermentativas e a ocorrência da fermentação alcoólica constituem grande desafio para utilização da cana-de-açúcar na forma de silagem.

De modo geral a silagem de cana-de-açúcar apresenta padrão de fermentação caracterizado pela alta produção de etanol e elevado desaparecimento de carboidratos solúveis o que pode ocasionar perdas de matéria seca, redução no valor nutritivo e

elevada produção de efluente. As perdas de matéria seca elevam proporcionalmente os constituintes fibrosos reduzindo conseqüentemente a digestibilidade da matéria seca.

A quantidade de efluente gerada implica na perda de nutrientes por lixiviação para o fundo do silo, reduzindo o teor de nutrientes solúveis na massa ensilada (SANTOS, 2004). A presença de etanol, por sua vez, pode reduzir o consumo voluntário de silagem pelos animais e aumentar as perdas em decorrência de sua volatilização.

Várias pesquisas têm sido realizadas com objetivo de controlar perdas nas silagens de cana-de-açúcar (MAEDA et al., 2011; MAGALHÃES et al., 2012; PEDROSO et al., 2011; REZENDE et al., 2010), a maioria delas utilizam para isso, aditivos químicos e/ou microbianos como ureia, benzoato de sódio, óxido de cálcio, *Lactobacillus buchneri*, *L. plantarum*, *L. brevis*, no entanto, são escassos na literatura trabalhos que avaliam efeito associativo entre forrageiras sobre as perdas fermentativas na ensilagem da cana. Há interesse em associar plantas forrageiras visando melhoria da qualidade das silagens pela adição de forrageiras com elevado valor bromatológico disponíveis em regiões semiáridas.

Neste contexto, a maniçoba apresenta alto potencial de exploração, devido sua composição químico-bromatológica favorável com valores médios de 20% de proteína bruta na sua parte aérea (MATOS, 2005) visando melhor aproveitamento dos recursos forrageiros disponíveis. Objetivou-se com este experimento avaliar os efeitos de níveis de inclusão (0, 20, 30 e 40%) de maniçoba na ensilagem de cana-de-açúcar sobre o padrão de fermentação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Embrapa Semiárido e no Laboratório de Bromatologia e Nutrição Animal da Universidade Federal do Vale do São Francisco em Petrolina, PE. Para confecção das silagens foram utilizados 24 silos constituídos de baldes plásticos com 25 litros de capacidade com 2 kg de areia seca no fundo com tela fina de plástico e de tecido de algodão sobrepostos e tampas dotadas de válvulas do tipo Bunsen para escape dos gases e quantificação gravimétrica dos mesmos.

As forrageiras utilizadas (cana-de-açúcar cv. RB 943206 e maniçoba – *Manihot pseudo glaziovii*) foram colhidas manualmente em pleno estágio vegetativo, trituradas separadamente em forrageira estacionária com tamanho de partícula variando de 2 a 3 cm e compactadas por pisoteio objetivando alcançar densidade mínima de 600kg m⁻³ de forragem fresca, obedecendo às devidas proporções (0, 20, 30 e 40% de maniçoba em substituição a cana-de-açúcar). Amostras de cada forragem fresca foram coletadas para determinação de matéria seca, matéria orgânica, nitrogênio total, FDN e FDA obtendo-se valores de 29%; 98,3%; 0,34%; 41,0% e 30,8% para cana-de-açúcar e 33,5%; 93,9%; 1,98%; 45,0% e 28,43% para maniçoba, respectivamente. Logo após, os silos foram devidamente vedados com auxílio de fita adesiva, pesados para mensuração da densidade e mantidos em local protegido à temperatura ambiente.

No momento da ensilagem, as forragens foram amostradas para determinação de matéria seca, matéria mineral e proteína bruta, FDN e FDA, obtendo-se valores de 29,0%; 1,7%; 2,1%; 41,0% e 30,8% para a cana-de-açúcar e 31,5%; 6,1%; 12,4%; 45,0%; 28,43% para maniçoba, respectivamente.

Decorridos 90 dias, os silos foram abertos e submetidos à avaliações de perda por gases, obtida com base na pesagem dos silos no fechamento e na abertura, em relação à massa de forragem utilizada, perda de matéria seca, determinada pela diferença entre o peso bruto de MS inicial e final dos silos, em relação à quantidade de forragem ensilada e produção de efluente, calculada pela diferença de peso do conjunto silo+areia+tela+tecido na abertura (após retirar a forragem do silo) e no fechamento dos silos, em relação a quantidade de forragem fresca ensilada conforme equações descritas por Siqueira et al., (2007):

$$PE = (PSAF - PSAI)/MNI \times 1000,$$

em que: PE = produção de efluente (kg de efluente/t de matéria verde ensilada); PSAF = peso do conjunto silo, areia, tela e tecido após a abertura (kg); PSAI = peso do conjunto silo, areia, tela e tecido antes da ensilagem (kg);

e MNI = quantidade de forragem ensilada (kg).

$$PG = (PSI - PSF)/MSI \times 100,$$

em que: PG = perda por gases (% da MS); PSI = peso do silo

no momento da ensilagem (kg), PSF = peso do silo no momento da abertura (kg); e MSI = matéria seca ensilada (quantidade de forragem em kg × % MS)

Recuperação de MS: $(MSi / MSf) \times 100$, em que: MSf = quantidade de MS final; MSi = quantidade de MS inicial.

A perda total de matéria seca foi calculada pela diferença entre os pesos brutos de MS inicial e final dos silos, em relação à quantidade de MS ensilada, descontados o peso do conjunto silo e areia úmida na abertura (Schmidt, 2006) e a densidade calculada a partir da massa ensilada da forragem e do volume do silo sendo expressa em kg de matéria verde por metro cúbico (kg MV.m⁻³).

O material retirado foi homogeneizado e dele foram colhidas as amostras que foram secas em estufa de circulação forçada de ar regulada a 55°C, durante 72 horas, moídas em moinho tipo Willey, com peneira de 1mm e analisadas quanto o teor de matéria seca (MS) e nitrogênio total (NT) de acordo com a AOAC (1990).

Em prensa hidráulica foi obtido o extrato das silagens a partir do qual foi possível a determinação pH em potenciômetro digital, etanol, N-NH₃ e dos ácidos orgânicos. As concentrações dos ácidos acético, propiônico e butírico e de etanol foram medidas por cromatografia gasosa de acordo com Erwin et al., (1961), utilizando cromatógrafo *Thermo Scientific*® equipado com detector de ionização de chama fixado e injeção automática de amostras (*Thermo Electron Corporation*®, modelo AS-3000). O teor de ácido láctico foi determinado por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), de acordo com Ding et al., (1995). O conteúdo de N-NH₃ foi determinado por colorimetria, de acordo com Kulasek (1972) e adaptações por Foldager (1977). As leituras de absorvância foram realizadas em espectrofotômetro a 630 nm.

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com seis repetições e quatro níveis de inclusão de maniçoba (0%, 20%, 30% e 40%). Os resultados foram analisados pelo programa computacional *Statistical Analysis System* – SAS (Versão 9.1, 2003), sendo anteriormente verificada a normalidade dos resíduos pelo teste de SHAPIRO-WILK (PROC UNIVARIATE) e as variâncias comparadas por contrastes ortogonais com nível de significância de 5% pelo PROC GLM. Como os níveis não são equidistantes entre os tratamentos utilizou-se o PROC

IML para gerar os vetores de cada contraste (linear, quadrática e desvio da quadrática). Posteriormente as análises de contrastes, quando significativas, determinou-se os parâmetros das equações de regressão pelo PROC REG.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observada elevação dos teores de matéria seca em função do acréscimo de maniçoba nas silagens atribuída ao fato do teor de matéria seca dessa forragem ter sido maior que o da cana-de-açúcar antes da ensilagem. Ao adicionar subproduto da agroindústria (torta de polpa de macaúba) com maior teor de MS na silagem de cana, Rezende et al., (2010) também verificaram aumento no teor de matéria seca das silagens.

De acordo com Amaral et al., (2007) o efeito do teor de umidade sobre a produção de efluente é amplamente citado na literatura.

A medida que se aumentou a proporção de maniçoba na silagem de cana-de-açúcar, observou-se redução nas perdas fermentativas (Tabela 1) em função no aumento do teor de matéria seca proveniente da maniçoba. A perda na forma de gases variou de 10,7 a 32,5% assim como a produção de efluente de 18,6 kg.t⁻¹ MV a 24,2 kg.t⁻¹ MV que reduziram 67,0 e 23,3% respectivamente, entre o nível máximo de inclusão de maniçoba o tratamento controle (sem maniçoba). Reduções nas perdas por gases e efluentes foram reportadas por Rezende et al., (2009) ao adicionar raspa de batata com maior teor de MS à silagem de cana.

A quantidade de efluente gerada implica na redução do teor de nutrientes solúveis na silagem que são carregados para o fundo do silo. A reduzida produção de efluentes observada com inclusão de maniçoba pode ser explicada possivelmente pela inibição no crescimento microbiano em função do aumento no teor de matéria seca.

As perdas por gases e por efluentes foram acompanhadas pela perda total da matéria seca, o nível máximo de inclusão de maniçoba promoveu redução de 63,2% em relação à silagem sem maniçoba. Pedroso et al., (2011) observaram maiores perdas totais em silagens de cana tratada com aditivos químicos e inoculante microbiano que as observadas neste estudo. Segundo Schmidt (2006), a cana-de-açúcar apresenta em sua composição, altos teores de carboidratos solúveis e grande população de leveduras

epífitas responsáveis pela indesejada fermentação alcoólica causando perdas excessivas de MS e de valor nutritivo da forragem.

Comportamento linear crescente foi verificado na recuperação da matéria seca observando valores de 65,8% para a silagem sem maniçoba contra 87,4% quando acrescido 40% de maniçoba na ensilagem, o que representou aumento de 24,7% de recuperação de matéria seca. Quanto à variável densidade, conforme pretendido, não houve diferença ($P > 0,05$) com a inclusão de maniçoba na silagem de cana ($y = 599,79 \text{ kg MV.m}^{-3}$).

A redução nas perdas fermentativas e o aumento na recuperação da matéria seca da silagem de cana-de-açúcar podem ser atribuídos ao aumento no teor de MS que, por sua vez, aumenta a pressão osmótica do meio criando condição menos favorável para o desenvolvimento de leveduras (Van Soest, 1994) e possivelmente à mudança da população epífita da massa ensilada com inclusão de maniçoba e ao controle de leveduras que, durante a fermentação, consomem carboidratos solúveis e geram etanol e CO_2 .

O teor de etanol (Tabela 2) também decresceu com adição de maniçoba apresentando valores de 25,6% na silagem exclusivamente de cana contra 2,7% na silagem com maior inclusão. Isto pode ser explicado principalmente pelo maior teor de matéria seca observado nas silagens com maniçoba proporcionando redução de 0,55% etanol para unidade percentual de maniçoba adicionada, estes resultados podem ter contribuído para elevada produção de efluente e perdas por gases na silagem controle.

Durante o processo fermentativo, microrganismos consomem proteínas e carboidratos podendo gerar vários produtos, como ácidos orgânicos, etanol, água, ATP e dióxido de carbono, na silagem de cana-de-açúcar a produção de gás carbônico durante a fermentação é bastante significativa e as perdas por gases apresentam alta correlação com a produção de etanol por leveduras (AMARAL et al., 2009). Além de perdas do material ensilado o acúmulo de etanol pode provocar perdas decorrentes da recusa dos animais.

As silagens de cana apresentaram valor máximo de pH de 3,7 estimado para o nível 2% de maniçoba. Cavali et al., (2010) ressaltaram que para silagem de cana-de-açúcar o pH, quando considerado isoladamente, não é um bom indicador de qualidade

da fermentação, pois a principal fermentação indesejável na silagem de cana é caracterizada pela ocorrência de leveduras que se desenvolvem mesmo em baixos valores de pH e o próprio etanol pode agir como inibidor microbiano. Estes autores, avaliaram silagens mistas de cana-de-açúcar com capim elefante e encontraram comportamento semelhante para o pH da silagem de cana sem inoculantes. O controle de perdas e a produção de etanol devem ser, portanto, o foco na ensilagem de cana-de-açúcar (BERNARDES et al., 2007).

De acordo com Van Soest (1994) a rápida queda do pH e valor final de pH baixo pode diminuir a população de microrganismos prejudiciais a ensilagem, reduzindo a possibilidade de se obter produtos indesejáveis como ácido butírico, além de diminuir a proteólise e poder tampão.

Com a adição de maniçoba na silagem de cana foi observado efeito quadrático para concentrações de ácido láctico, de acordo com a equação de regressão ao nível de 11,6% de maniçoba foi estimado teor mínimo de 1,5%. O maior valor foi observado na silagem com 40% de maniçoba, no entanto, foi inferior aos encontrados por Schmidt et al., (2011) 3,63%; 3,60% e 4,34% para silagem controle e aditivada com *L. buchneri* e *L. brevis* + *Enterococcus faecium* + *L. plantarum*, respectivamente. Santos et al., (2008) encontraram significativa correlação entre pH e teor de ácido láctico nas silagens estudadas, fato que explica comportamento quadrático do pH obtido neste estudo. As perdas por gases também podem ser influenciadas positivamente pelo teor de ácido láctico uma vez que no metabolismo de bactérias homofermentativas, a fermentação de glicose com síntese de ácido láctico não gera produção de CO₂ (SIQUEIRA, 2010; LORENZO e KIELY, 2008).

A inclusão de maniçoba na silagem de cana-de-açúcar aumentou os teores de ácido acético com efeito linear crescente e variação de 1,53 a 2,15% MS entre o tratamento sem maniçoba e aquele com maior nível de inclusão. A presença de ácido acético diminui a produção de etanol assumindo importante papel antifúngico durante a fermentação da silagem (DANNER et al., 2003). O aumento na concentração de ácido acético pode ser resultado do metabolismo de bactérias lácticas heterofermentativa, tais como *L. buchneri* e *L. brevis* (OUDE ELFERINK et al., 2001), naturalmente presentes

na cana-de-açúcar e que tem seu crescimento favorecido na faixa de pH observada no presente estudo.

Para silagens de cana-de-açúcar são esperadas baixas concentrações de ácido propiônico. Os valores observados neste estudo indicaram efeito quadrático apresentando menor valor (0,014%) ao nível de 17% de inclusão de maniçoba o que possivelmente pode ser explicado pelo teor de ácido láctico que apresentou comportamento semelhante em função dos tratamentos. A produção de ácido propiônico está associada com a conversão de ácido láctico à acético e 1,2-propanodiol (OUDE ELFERINK et al., 2001) que por sua vez é convertido em ácido propiônico e 1-propanol por microrganismos que ocorrem naturalmente em silagens (CARVALHO et al., 2012).

De forma geral, a concentração de ácido butírico em silagens de cana-de-açúcar é considerada baixa (AMARAL et al., 2009) e frequentemente associada à fermentação clostridiana. Efeito linear decrescente foi observado para o teor de ácido butírico com variação de 0,02 a 0,05% MS, em decorrência do menor pH apresentado pela silagem com 40% de maniçoba. Em condições de baixo pH, a síntese de ácidos por clostrídios é interrompida e outros produtos, tais como acetona e butanol podem ser produzidos (McDONALD et al., 1991).

A maioria dos estudos revistos por Zopollatto et al., (2009), apresentou valores médios de 0,1%MS de ácido butírico em silagens de cana-de-açúcar. Entretanto, Amaral et al., (2009) encontraram concentrações de ácido butírico de 3,1% em silagem de cana-de-açúcar enriquecida com 1% de óxido de cálcio e atribuíram esse resultado ao pH mais elevado da silagem tratada com óxido de cálcio, possibilitando o crescimento de clostrídios.

Estudando o efeito de níveis de inclusão de erva sal (0, 20, 40 e 60%) na silagem de cana, Silva (2013) observou efeito linear decrescente nos teores de ácido acético, butírico e propiônico. Para o ácido láctico não houve diferença ($p > 0,05$).

Todas as silagens apresentaram baixos teores de N-NH₃ % da MS apesar do efeito quadrático observado, além de baixos valores para relação N-NH₃/N-Total % da MS, indicando baixa degradação de proteínas durante a ensilagem e eficiência do processo fermentativo. Nas forragens frescas foram observados teores de nitrogênio

total de 0,34 e 1,76% para cana e maniçoba respectivamente e 0,35; 0,70; 0,90 e 1,04% para silagens de cana com 0, 20, 30 e 40% de maniçoba, respectivamente, o que pode ter provocado aumento nos valores da relação N-NH₃/N-Total observados nesta pesquisa.

Durante a ensilagem, o nitrogênio total pode ser diminuído em função da degradação proteica mediada por microrganismos. A amônia formada nesse processo, pode inibir o consumo da silagem (BRODERICK, 1995).

O conteúdo de nitrogênio presente sob a forma de amônia (N-NH₃) na silagem deve estar presente em baixas concentrações (VAN SOEST, 1994) Em geral, silagens com menos de 10% de N-NH₃/N-Total apresentam fermentação considerada eficiente para a conservação do material ensilado, enquanto valores crescentes de N-NH₃/N-Total podem ser relacionados à redução gradual desta eficiência (TOMICH, 2003). Portanto, é necessário reduzir ou inibir a proteólise normalmente criando condições de baixo pH, não adequadas para ação de proteases microbianas (ROOKE e HATFIELD, 2003).

CONCLUSÃO

A inclusão da maniçoba na ensilagem de cana-de-açúcar mostrou-se eficiente em reduzir a fermentação alcoólica da silagem. Melhorou a qualidade fermentativa, alterou positivamente o padrão de fermentação reduzindo perdas de matéria seca, perdas por gases e produção de efluente.

REFERÊNCIAS

AMARAL, R.C.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; NUSSIO L.G.; MENDES, C.Q.; GASTALDELLO JUNIOR, A. L. Cana-de-açúcar ensilada com ou sem aditivos químicos: fermentação e composição química. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1413-1421, 2009.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods Association of Official Analytical Chemists**. Arlington: AOAC, 1990.

ÁVILA, C.L.S.; PINTO, J.C.; FIGUEIREDO, H. C. P.; MORAIS, A. R.; PEREIRA, O. G.; SCHWAN, R. F. Estabilidade aeróbia de silagens de capim-mombaça tratadas com *Lactobacillus buchneri*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.779-7879, 2009.

BERNARDES, T. F.; REIS, R. A.; SIQUEIRA, G. R.; BERCHIELLI, T. T.; COAN, R. M. Avaliação da queima e da adição de milho desintegrado com palha e sabugo na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.269-275, 2007.

BRODERICK, G. A. Desirable Characteristics of Forage Legumes for Improving Protein Utilization in Ruminants. **Journal Animal Science** 1995, v.73 p.2760-2773.

CARVALHO, B. F.; AVILA, C. L. S.; PINTO, M. N.; SCHWAN, R. F. Effects of propionic acid and *Lactobacillus buchneri* (UFLA SIL 72) addition on fermentative and microbiological characteristics of sugar cane silage treated with and without calcium oxide. **Grass and Forage Science**, v. 67, p. 462–471, 2012.

CAVALI, J.; PEREIRA, O. G.; VALADARES FILHO, S. C.; PORTO, M. O.; FERNANDES, F. E. P.; GARCIA, R. Mixed sugarcane and elephant grass silages with or without bacterial inoculant. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.3, p.462-470, 2010.

DANNER, H; HOLZER, M; MAYRHUBER, E.; BRAUN, R. Acetic acid stability of silage under aerobic conditions. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 69, n.1, p. 562-567, 2003.

DING, M-Y.; KOIZUMI, H.; SUZUKI, Y. Comparison of three chromatographic systems for determination of organic acids in wine. **Analytical Sciences**, v.2, p.239-243, 1995.

ERWIN, E.S.; MARCO, G.J.; EMERY, E.M. Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. **Journal of Dairy Science**, v.44, p.1768-1771, 1961.

FERRARI JUNIOR, E.; PAULINO, V. T.; POSSENTI R. A.; LUCENAS, T. L. Aditivos em silagem de capim elefante **Arquivos de zootecnia** v. 58, n. 222, p. 185-194, 2009.

FOLDAGER, J. **Protein requirement and non protein nitrogen for high producing cow in early lactation**. 1977. 167f. Thesis (PhD in Animal Science) - Michigan State University, East Lansing.

KULASEK, G. A micromethod for determination of urea in plasma, whole blood and blood cells using urease and phenol reagent. **Polskie Archiwum Weterynaryjne**, v.15, n.4, p.801-810, 1972.

LORENZO, B. F.; O'KIELY, P. Alternatives to formic acid as a grass silage additive under two contrasting ensilability conditions. **Irish Journal of Agricultural and Food Research** v. 47, p. 135–149, 2008

MATOS, D. S.; GUIM, A. BATISTA, A. M. V.; PEREIRA, O. G.; MARTINS, V. Composição química e valor nutritivo da silagem de maniçoba (*manihot epruinosa*). **Arquivos de Zootecnia**. v.54, n. 208, p. 619-629. 2005

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

OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; KROONEMAN, J.; GOTTSCHAL, J.C.; POELSTRA, S.F.; FABER, F.; DRIEHUIS, F. Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanediol by *Lactobacillus buchneri*. **Applied and Environmental Microbiology**, v.67, p.125–132, 2001.

PEDROSO, A. F.; RODRIGUES, A. A.; BARIONI JÚNIOR, W.; BARBOSA, P. F.; SANTOS, F. A. P.; NUSSIO, L. G. Aditivos químicos e inoculante bacteriano na ensilagem de cana-de-açúcar: efeitos sobre a fermentação das silagens e o desempenho de garrotes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.6, p.1181-1187, 2011.

REZENDE, A. V.; RODRIGUES, R.; BARCELOS, A. F.; CASALI, A. O.; VALERIANO, A. R.; MEDEIROS, L. T. Qualidade bromatológica das silagens de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) aditivadas com raspa de batata. **Revista Ciência e Agrotecnologia** v. 33, n. 1, p. 292-297, 2009.

REZENDE, A. V.; RABELO, C. H. S.; RABELO, F. H. S.; NOGUEIRA, D. A.; FARIA JUNIOR, D. C. N. A.; BARBOSA, A. L. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar tratadas com cal virgem e cloreto de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.4, p.739-746, 2011

ROOKE, J.A.; HATFIELD, R.D. Biochemistry of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.) **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 2003, p.251-304.

SANTOS, R. V. **Silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) em duas idades de cortes com diferentes aditivos**. 2004. 65 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2004.

SAS INSTITUTE. SAS/STAT: **guide for personal computer**; version 9.1. Cary, p.235, 2003.

SCHMIDT, P, **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. 2006. 229 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

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

SILVA, J. G. **Cinética ruminal e dinâmica fermentativa na ensilagem de cana-de-açúcar associada com erva-sal**, 2013. 72p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) Universidade Federal do Vale do São Francisco. Petrolina, 2013.

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P. PIRES, A. J. V.; BERNARDES, T. F.; ROTH, M. T. P. Queima e aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-deaçúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.39, n.1, p.103-112, 2010.

TOMICH, T. R.; PEREIRA, L. G. R.; GONÇALVES, L. C.; TOMICH, R. G. P.; BORGES, I. Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação. **Embrapa. Documentos**, 57. 2003

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

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

Tabela 1. Perdas fermentativas, recuperação da matéria seca e densidade de silagens de cana-de-açúcar com maniçoba.

| Variáveis | Níveis de maniçoba (%MV) | | | | EPM |
|--|-----------------------------|-------|-------|----------------|------|
| | 0 | 20 | 30 | 40 | |
| Matéria seca, % | 25,2 | 26,6 | 27,3 | 28,5 | 0,44 |
| Perdas por efluente, kg t ⁻¹ MV | 24,2 | 24,1 | 19,5 | 18,6 | 0,97 |
| Perdas por gases, % MS | 32,5 | 22,4 | 14,0 | 10,7 | 0,21 |
| Perda total de matéria seca, % | 34,2 | 24,3 | 15,6 | 12,6 | 0,16 |
| Recuperação da matéria seca, % | 65,8 | 75,7 | 84,4 | 87,4 | 0,23 |
| Densidade, kg MV m ⁻³ | 593,0 | 599,1 | 608,7 | 598,4 | 3,01 |
| Variáveis | Equação de regressão | | | R ² | |
| Matéria seca, % | $\hat{y} = 25,117 + 0,079x$ | | | 0,62 | |
| Perdas por efluente, kg t ⁻¹ MV | $\hat{y} = 24,985 - 0,145x$ | | | 0,47 | |
| Perdas por gases, % MS | $\hat{y} = 32,725 - 0,565x$ | | | 0,98 | |
| Perda total de matéria seca, % | $\hat{y} = 34,552 - 0,567x$ | | | 0,98 | |
| Recuperação da matéria seca, % | $\hat{y} = 65,449 + 0,567x$ | | | 0,98 | |
| Densidade, kg MV m ⁻³ | $\hat{y} = 599,79$ | | | - | |

EPM = erro padrão na média; ER = equação de regressão, R² = coeficiente de determinação.

Tabela 2. Valores de pH, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total (NT), N-NH₃/NT, etanol e ácidos orgânicos (acético, láctico, propiônico e butírico) em silagens de cana-de-açúcar com maniçoba.

| Variáveis | Níveis de maniçoba (%) | | | | EPM | ER | R ² |
|-----------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|--|----------------|
| | 0 | 20 | 30 | 40 | | | |
| pH | 3,7 | 3,7 | 3,4 | 3,4 | 0,012 | $\hat{y} = 3,67 + 0,00078x - 0,00019x^2$ | 0,67 |
| Etanol, % MS | 25,6 | 14,1 | 11,0 | 2,7 | 0,674 | $\hat{y} = 25,72 - 0,55x$ | 0,96 |
| Lático, % MS | 1,7 | 1,3 | 2,1 | 2,4 | 0,137 | $\hat{y} = 1,7 - 0,03x + 0,0013x^2$ | 0,59 |
| Acético, % MS | 1,5 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 0,037 | $\hat{y} = 1,53 + 0,016x$ | 0,91 |
| Propiônico, % MS | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,001 | $\hat{y} = 0,02 - 0,0007x + 0,00002x^2$ | 0,80 |
| Butírico, % MS | 0,05 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,004 | $\hat{y} = 0,04086 - 0,00061x$ | 0,36 |
| NT, % MS | 0,34 | 0,70 | 0,90 | 1,04 | 0,006 | $\hat{y} = 0,345 + 0,018x$ | 0,99 |
| N-NH ₃ | 0,026 | 0,048 | 0,028 | 0,003 | 0,001 | $\hat{y} = 0,026 + 0,0025x - 0,00008x^2$ | 0,95 |
| N-NH ₃ /NT | 0,08 | 0,07 | 0,03 | 0,003 | 0,002 | $\hat{y} = 0,084 - 0,0018x$ | 0,81 |

EPM = erro padrão na média; ER = equação de regressão, R² = coeficiente de determinação, NT = nitrogênio total, N-NH₃ = nitrogênio amoniacal.

5. ARTIGO 2

Composição química e cinética ruminal *in vitro* em silagens de cana-de-açúcar com maniçoba

Francisco Allan Leandro de Carvalho; Mário Adriano Ávila Queiroz e outros.

RESUMO

A cana-de-açúcar tem despertado interesse de produtores e pesquisadores em função dos benefícios em operacionalidade que pode apresentar. Entretanto, seu valor nutritivo é um fator limitante e tem se constituído grande desafio para utilização desta forrageira. Com objetivo de avaliar influência da inclusão de maniçoba sobre a qualidade da silagem de cana-de-açúcar foi elaborado experimento em delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos (níveis de inclusão: 0, 20, 30 e 40%) e seis repetições. Amostras das silagens foram analisadas quanto a sua composição químico-bromatológica, energia digestível, energia metabolizável, nutrientes digestíveis totais, produção de gases *in vitro* pela técnica cumulativa de gases e determinação dos parâmetros de degradabilidade ruminal. Com maior nível de inclusão, foi observada melhor composição bromatológica (6,49% de PB; 56,64% de FDN; 38,66% de FDA e 4,52% de MM) e teores de EM (2,35MJ/kg MS), ED (2,87Mcal/kg MS) e NDT (65,16%). Os maiores valores de produção de gás e menor tempo de colonização também foram observados em silagens com adição de maniçoba em função dos maiores conteúdos de CNF (34,87%). À medida que se aumentou a proporção de maniçoba, houve incremento da fração solúvel (a), da taxa de degradação da fração potencialmente degradável (b) e conseqüentemente maior degradabilidade efetiva da matéria seca (46,56%). Considerável melhoria no valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar foi observada com adição de maniçoba.

Palavras-chave: bromatologia, conservação de forragem, taxa de degradação

ABSTRACT

The sugar cane has aroused interest of producers in function of benefits in operability which can presents. However, your value nutritive is an factor limitation and

has been constituted biggest challenge to utilization this forage. With the objective to evaluate the influence of inclusion of maniçoba under the quality of silage of sugar cane was prepared experiment in completely randomized design with four treatments (inclusion levels: 0, 20, 30 and 40 %) and six replications. Samples of silages were analyzed for your composition bromatologic-chemical, digestible energy, digestible energy , to Samples of silages were analyzed for your composition bromatologic-chemical, digestible energy, digestible energy , total digestible nutrients, production of gas *in vitro* for the technique cumulative of gas and determination of parameters of ruminal degrabilite of digestible nutrients, production of gas *in vitro* for the technique cumulative of gas and determination of parameters of ruminal degradable. With the biggest level of inclusion, has observed better bromatological composition (6,49% PB; 56,64% FDA and 4,52% MM) and the levels of EM (2,35), ED (2,87) and NDT (65,16%). The highest values of gas production and lower colonization time were also observed in silages with biggest addition of maniçoba due to higher content of CNF (38,87%). According to increased the proportion of maniçoba, there was increase of soluble fraction (a), the rate of degradation of fraction potentially degradable (b) and hence higher degradability effective of dry matter (46,56%). Considerable improvement in the value nutritive of silage of sugar cane was observed with addition of maniçoba.

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é considerada alternativa de alimento para o período seco. No entanto, a utilização desta forrageira *in natura*, mediante cortes diários, demanda elevada quantidade de mão de obra. Em função disso, produtores têm optado pela ensilagem como alternativa de utilização da cana-de-açúcar (FORTALEZA et al., 2012).

Além melhorar a eficiência da colheita, a ensilagem de cana-de-açúcar permite garantir volumoso em períodos de escassez de alimentos, exatamente quando esta forrageira apresenta seu melhor valor nutritivo (NUSSIO et al., 2009). Contudo, a cana-de-açúcar tem sua utilização limitada em função dos baixos teores de proteína bruta (5%) e minerais comprometendo a qualidade nutricional do alimento.

As deficiências nutricionais podem ser reduzidas com a associação da cana-de-açúcar com plantas forrageiras de elevado valor bromatológico como a maniçoba que,

por sua vez, tem maior teor de proteína (10,98%, SOUZA et al., 2010) é nativa do semiárido, resistente às condições climáticas da região e, portanto, representa o aproveitamento dos recursos forrageiros disponíveis.

A qualidade nutricional dos alimentos está diretamente relacionada, dentre outras, a sua digestibilidade. Muitas tentativas têm sido feitas para predição da qualidade dos alimentos utilizando técnicas de laboratório que simulam o processo de digestão. Entre elas, a técnica de produção cumulativa de gases permite estimar, além da digestibilidade, a taxa de fermentação das diferentes frações dos alimentos e a síntese microbiana ruminal (MUNIZ et al., 2011).

Objetivou-se avaliar a composição químico-bromatológica, a cinética de produção de gases *in vitro* pela técnica semiautomática de produção de gases e os parâmetros da degradação ruminal em silagens de cana-de-açúcar com níveis crescentes de maniçoba (0, 20, 30 e 40%).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Embrapa Semiárido e no Laboratório de Bromatologia e Nutrição Animal da Univasf em Petrolina, PE de novembro de 2011 a janeiro de 2012. Para confecção das silagens foram utilizados 24 silos constituídos de baldes plásticos com 25 litros de capacidade.

As forrageiras utilizadas foram colhidas manualmente, apresentando estágio fenológico de 18 meses para cana e 8 meses para maniçoba, trituradas separadamente em forrageira estacionária com tamanho de partícula variando de 2 a 3 cm e compactadas por pisoteio obedecendo as devidas proporções (0, 20, 30 e 40% de maniçoba em substituição a cana-de-açúcar com base na matéria natural). Logo após, os silos foram devidamente vedados com auxílio de fita adesiva e mantidos em local protegido à temperatura ambiente.

Após 90 dias de armazenamento, os silos foram abertos e o material foi amostrado desprezando as extremidades. As amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar (55°C por 72h) e moídas em moinho tipo facas dotado de peneira com perfurações de 1mm. Foram realizadas análises de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), relação nitrogênio

insolúvel em detergente ácido/nitrogênio total (NIDA/NT) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) conforme AOAC (1990). As determinações de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro livre de cinzas e proteínas (FDNcp) e fibra em detergente ácido (FDA) foram realizadas conforme Van Soest et al. (1991) e hemicelulose (HEMI) pela diferença entre FDN e FDA.

No momento da ensilagem, as forragens foram amostradas para determinação de matéria seca, matéria mineral e proteína bruta, FDN e FDA, obtendo-se valores de 29,0%; 1,7%; 2,1%; 41,0% e 30,8% para a cana-de-açúcar e 31,5%; 6,1%; 12,4%; 45,0%; 28,43% para maniçoba, respectivamente.

O conteúdo de carboidratos totais (CT) e carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados conforme Sniffen (1992) e Mertens (1997), respectivamente, e carboidratos fibrosos (CF) pela diferença entre eles:

$$CT = 100 - (PB + EE + MM)$$

$$CNF = 100 - (PB + FDNcp + EE + MM)$$

$$CF = CT - CNF$$

Para estimativa de produção de gás e degradação ruminal, um grama de amostra foi acondicionado em sacos de náilon de peso conhecido e adicionado aos frascos de fermentação (160 mL) previamente injetados com CO₂, três frascos por tratamento. Em cada frasco, foram adicionados 90 mL de meio de cultura (pH 6,9-7,0) e 10mL de líquido ruminal filtrado (MAURICIO et al., 1999). Como controle foram utilizados frascos contendo somente líquido ruminal e meio de cultura. Os frascos foram vedados com rolhas de borracha e incubados.

O líquido ruminal utilizado foi obtido de bovino da raça holandesa, fistulado, mantido em dieta à base de volumoso (capim elefante picado) à vontade e concentrado (a base de milho e farelo de soja). A pressão originada pelos gases acumulados na parte superior dos frascos foi medida por meio de um transdutor de pressão conectado em sua extremidade a uma agulha (0,6 mm) e posteriormente convertido em volume. Para o cálculo dos parâmetros da produção de gases foi utilizado o modelo bicompartimental proposto por Schofield et al., (1994):

$$V = Vf1 / (1 + \exp(2 - 4*m1*(T - L))) + Vf2 / (1 + \exp(2 - 4*m2*(T - L)))$$

em que:

V = volume total de gases;

Vf1 = volume máximo de produção de gases da fração dos carboidratos não fibrosos;

m1 = taxa de degradação (%/h) da fração de carboidratos não fibrosos ;

T = tempo de incubação (h);

L = tempo de colonização (h);

Vf2 = volume máximo de produção de gases da fração dos carboidratos fibrosos;

m2 = taxa de degradação (h) da fração de carboidratos fibrosos.

Foram realizadas leituras de pressão com maior frequência no período inicial de fermentação e reduzidas posteriormente (2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 36, 48, 72, 96 e 120h). A degradabilidade da MS foi estimada nos tempos 2, 6, 12, 24, 48, 96 e 120 horas de incubação *in vitro*. O tempo de 0 hora foi obtido com a lavagem dos sacos em água destilada a 39 °C por 5 minutos. Os sacos foram secos em estufa a 105°C por 12 horas e novamente pesados para verificar o desaparecimento.

Para avaliação da degradação potencial da matéria seca, foi utilizado o modelo proposto por MEHREZ e ORKOV (1977):

$$DP = a + b (1 - \exp^{-ct}),$$

em que "DP" é a degradabilidade potencial;

a = fração solúvel;

b = fração insolúvel, mas potencialmente degradável;

c = taxa de degradação;

t = tempo de incubação em horas.

Para determinar a degradabilidade efetiva, utilizou-se a expressão: $DE = a + (b \times c) / (c + kp)$ de Orskov e McDonald (1979) em que, kp = taxa de passagem. Admitiu-se taxa de passagem de 5%/h.

A energia metabolizável (EM) foi calculada de acordo com Robinson et al., (2004):

$EM \text{ (MJ/kg MS)} = 1,25 + (0,0292 \times \text{gás}_{24}) + (0,0246 \times EE) + (0,0143 \times (PB - PIDA))$ em que, gás 24 é a produção de gás *in vitro* em 24 horas de incubação (ml/0,2g MS) e os valores de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM) foram expressos em g/kg de MS. Posteriormente, os valores de energia digestível (ED) e nutrientes digestíveis totais (NDT), foram estimados de acordo com NRC (2001):

$$ED \text{ (Mcal/kg de MS)} = EM/0,82$$

$$NDT \text{ (\%)} = ED/4,409*100.$$

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com seis repetições e quatro níveis de inclusão de maniçoba (0%, 20%, 30% e 40%). Os resultados foram analisados pelo programa computacional *Statistical Analysis System* – SAS (Versão 9.1, 2003), sendo anteriormente verificada a normalidade dos resíduos pelo teste de SHAPIRO-WILK (PROC UNIVARIATE) e as variâncias comparadas por contrastes ortogonais com nível de significância de 5% pelo PROC GLM. Como os níveis não são equidistantes entre os tratamentos utilizou-se o PROC IML para gerar os vetores de cada contraste (linear, quadrática e desvio da quadrática). Posteriormente as análises de contrastes, quando significativas, determinou-se os parâmetros das equações de regressão pelo PROC REG.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença ($p < 0,05$) para os teores de MS, MM, EE e PB entre as silagens avaliadas, com valores máximos de 28,47; 4,52; 2,07 e 6,49, respectivamente para silagem com maior nível de inclusão de maniçoba (Tabela 1). O teor de MS da maniçoba *in natura* foi superior (31,5%) ao teor de MS da cana antes da ensilagem (29,0%), o que proporcionou elevação de 0,08% nos teores de MS nas silagens, para cada 1% de inclusão. Maior porcentagem de MS também foi observado por Rezende et al., (2009) em silagens de cana adicionada de raspa de batata em relação ao controle.

Os teores de MM aumentaram linearmente influenciados pela adição de maniçoba, para cada 1% de inclusão, a MM aumentou 0,04%. Pedroso et al., (2011b) encontraram valores semelhantes (4,5%; 4,52% e 4,07%) em silagens de cana aditivadas com ureia (10 g/kg), benzoato de sódio (1 g/kg) e *Lactobacillus Buchneri* (5×10^4 ufc/g) aos valores observados nas silagens de cana com 30 e 40% de maniçoba (4,06%; 4,56%), respectivamente.

A inclusão de maniçoba incrementou de forma linear o teor de EE. Este comportamento permite inferir que a maniçoba continha maior teor de EE que a cana-de-açúcar, uma vez que, o maior teor de EE (2,07%MS) foi observado na silagem com maior nível de inclusão. Souza et al., (2010) encontraram valores de 4,32 e 2,68% de

EE em maniçoba fresca e na forma de silagem, respectivamente. Rezende et al., (2010) também encontraram comportamento semelhante com a inclusão de torta de polpa de coco macaúba em silagens de cana.

Antes da ensilagem, a maniçoba apresentou teores de proteína bruta maiores que a cana, o que provocou aumento linear deste nutriente nas silagens. A cada 1% de inclusão, houve incremento de 0,11% no teor de proteína, sendo assim, com adição de 40% de maniçoba a silagem de cana apresentou teor de PB de 6,47% da MS. Esses valores corroboram com os encontrados por Rezende et al., (2009) que observaram incremento de 0,16% para cada ponto percentual de inclusão de raspa de batata e teor máximo de PB (6,93% da MS) com adição de 28% de raspa de batata.

Em decorrência dos teores de PB mais elevados, silagens com maior inclusão de maniçoba apresentaram maiores concentrações de PIDA 2,52% da MS contra 0,63% da MS na silagem exclusivamente de cana. No entanto, a quantidade de compostos nitrogenados indisponíveis para os animais, medida pela relação NIDA/NT, não foi influenciada ($p < 0,05$).

Os maiores teores de FDNcp (70,24% da MS) foram estimados pela equação de regressão para a silagem com 6,7% de maniçoba, o que pode ter influenciado o conteúdo de hemicelulose, que por sua vez, apresentou o maior valor (24,01% da MS) para o nível de 15,2%. A redução nos teores de FDN das silagens, entre outros fatores como o teor de PB, pode contribuir para aumentar o consumo de MS (RESENDE et al., 1994).

Verificou-se efeito ($p < 0,05$) da inclusão de maniçoba sobre o conteúdo de FDA das silagens, para cada ponto percentual de inclusão, o teor de FDA reduziu 0,25%. No entanto, mesmo para silagem com maior adição de maniçoba, os valores foram maiores que a cana *in natura*. Conforme Pedroso et al., (2007) os componentes fibrosos tornam-se mais concentrados na MS da silagem de cana, em razão da perda de carboidratos solúveis durante a ensilagem. Rezende et al., (2009) também observaram comportamento linear da FDA de silagens de cana com a inclusão de raspa de batata (0, 7, 14, 21 e 28%). Neste caso, para cada unidade percentual adicionada de batata, houve redução de 0,81% da FDA.

Os teores de energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e nutrientes digestíveis totais (NDT) cresceram linearmente, com taxa de aumento de 0,013, 0,017 e 0,378% para cada unidade percentual de inclusão de maniçoba, respectivamente. O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) é um parâmetro muito utilizado para a quantificação da energia disponível dos alimentos (CAMPOS et al., 2010). O valor de NDT para silagem sem adição (51,11%) foi semelhante aos observados por Pedroso et al., (2011a, 2011b). No entanto, à medida que se adicionou maniçoba houve incremento nesse valor, isto pode ser explicado pelos maiores teores de PB, EE e maior produção de gás 24h na silagem com maior inclusão de maniçoba, indicando o papel desta forrageira na melhoria da qualidade das silagens de cana.

A produção cumulativa de gases foi influenciada pela adição de maniçoba (Figura 1), em que os maiores valores foram observados para silagem com maior proporção de maniçoba indicando potencialmente a mais degradável, pela fermentação mais rápida dos CNF, e mais lenta da fração fibrosa. Cabral et al., (2000) avaliaram as frações fibrosas de alimentos volumosos e encontraram em cana-de-açúcar valores máximos de produção de gás (61,7%) próximos aqueles encontrados entre os níveis 0 e 20% de maniçoba no presente estudo.

Verificou-se diferença entre os tratamentos ($p < 0,05$) no conteúdo de carboidratos totais (CT), fibrosos (CF) e não fibrosos (CNF). O teor máximo de CF (70,24%MS) e o menor valor de CNF (21,9%MS) foram estimados para as silagens com 6,7% e 11,7% de maniçoba, respectivamente. Enquanto que o conteúdo de carboidratos totais (CT) reduziu 0,17% para cada 1% de maniçoba adicionada. Isto pode ser explicado pelo comportamento semelhante dos constituintes fibrosos (FDA e FDN) já mencionados e pela maior concentração de MM subtraída no cálculo de CT.

A taxa de produção de gases dos carboidratos não fibrosos (m_1) decresceu linearmente 0,001% para cada ponto percentual de adição de maniçoba, contudo, isto não foi suficiente para influenciar o volume máximo de produção de gases dos CNF. O mesmo comportamento não foi observado para a taxa de produção de gases dos carboidratos fibrosos (m_2) que apresentou maior valor (0,011) ao nível de inclusão 25%, onde se observou maior teor carboidratos totais e o maior conteúdo de hemicelulose o

que possivelmente influenciou este resultado. Conforme Silva e Queiroz (2002), entre os constituintes da parede celular, a hemicelulose é o mais degradável.

Apesar do efeito sobre os CNF a adição de maniçoba não influenciou o volume máximo de produção de gases desses componentes (Vf1). No entanto, o volume máximo de produção de gases da fração dos carboidratos fibrosos (Vf2) aumentou linearmente com variação de 58,7%, ainda que ao nível de 40% de inclusão tenha sido observado menor teor de CF, o que permite inferir que os componentes fibrosos da maniçoba são mais degradáveis que os da cana-de-açúcar. Os CNF apresentam alta degradabilidade no rúmen e rápida produção de gases, enquanto que a celulose e hemicelulose são caracterizadas pela lenta degradação ruminal (MERTENS, 1992). Os CNF são prontamente disponíveis para a degradação microbiana e possuem rápida taxa de fermentação, enquanto que os CF precisam, inicialmente, ser colonizados pelos microrganismos para só então serem degradados possuindo, desta forma, lenta taxa de fermentação (VAN SOEST 1994).

O *Lag time* ou tempo de colonização (L) representa o tempo em que os microrganismos do rúmen colonizam o alimento e penetram suas barreiras físicas antes de começarem a degradá-lo efetivamente. Pelo comportamento observado, verificou-se redução de 36,9% entre os níveis 0 e 40% com diminuição de 0,16% para cada unidade percentual de maniçoba adicionada. Schmidt et al., (2007) avaliando efeito da inclusão de aditivos químicos e biológicos na ensilagem de cana-de-açúcar encontraram valores próximos aos observados no tratamento com 40% de maniçoba (11h) em silagem inoculada com *L. buchneri*.

Os menores tempos de colonização podem ser explicados pelos maiores teores de CNF observados nas silagens com 40% de maniçoba, o que representa maior quantidade de energia prontamente disponível ao crescimento bacteriano necessário para a colonização do alimento, que por sua vez, é favorecida por características físicas e químicas da parede celular do alimento, capazes de facilitar a colonização microbiana pela presença de substratos prontamente fermentáveis (TOMICICH et al., 2003).

Quanto aos parâmetros de degradação ruminal, houve aumento da fração solúvel (a) em função dos níveis de inclusão. A silagem com 40% de maniçoba apresentou fração "a" 40,9% maior que a silagem exclusiva de cana em detrimento da

fração “b” que, por sua vez, foi 39,6% menor neste tratamento. A fração “a” aumentou 0,36% enquanto que a fração “b” reduziu 0,41% para cada unidade percentual de maniçoba. Isto pode ser explicado pelo perfil de fermentação caracterizado pela fermentação mais rápida dos CNF (em maior proporção) e mais lenta dos constituintes fibrosos. A fração “c”, ou indegradável não diferiu entre os tratamentos.

Em avaliação da degradabilidade *in situ* de cana-de-açúcar ensilada com ureia e milho em diferentes proporções, os valores verificados por Rossi Junior e Schogor (2006) no tratamento contendo 1% de ureia (33,54; 24,42 e 42,02%) e na silagem de cana pura (23,40; 31,36 e 45,94%) foram semelhantes aos encontrados neste estudo (Tabela 3) para as frações “a”, “b” e “c”, respectivamente.

A taxa de degradação da fração “b” (Kd) aumentou com adição de maniçoba com variação de 0,04/h entre as silagens com 0 e 40%, respectivamente. Além de apresentar menor fração “b”, a silagem de cana com 40% de maniçoba apresentou maior Kd o que explica, em parte, maior degradação para este tratamento. Fortaleza et al., (2012) em estudo da degradabilidade ruminal de silagens da cana-de-açúcar tratada com aditivos químicos e bacteriano encontraram valores aproximados de taxas de degradação da MS de 0,018; 0,030; 0,050 e 0,026/h para silagens aditivados com ureia, inoculante bacteriano, hidróxido de sódio e hidróxido de cálcio, respectivamente.

A degradabilidade potencial da matéria seca (DP) não foi influenciada ($P>0,05$) pela adição de maniçoba, possivelmente porque as silagens apresentaram o mesmo conteúdo de fração indegradável (c) (39,1% MS). No entanto a degradabilidade efetiva da matéria seca (DE) aumentou 0,48% para cada 1% de inclusão. Estes resultados podem ser explicados pelo aumento no teor de MS, os menores constituintes fibrosos e o maior conteúdo de CNF observados nas silagens com maniçoba. O maior valor de degradabilidade efetiva (46,56%) foi observado na silagem contendo 40% de maniçoba. Rossi Junior e Schogor (2006) verificaram valores análogos para degradabilidade efetiva (45,2%) da silagem de cana-de-açúcar tratada com 1% de ureia.

Os resultados dos parâmetros de degradabilidade ruminal indicam que as silagens de cana-de-açúcar com maniçoba possivelmente influenciaria de forma positiva o desempenho de animais alimentados com estas silagens em relação ao controle. Segundo Blümmel & Ørskov (1993), a taxa de degradação da matéria seca

proporciona alto coeficiente de correlação com o consumo de alimento pelos animais. Em avaliação da digestibilidade *in vitro* e degradabilidade *in situ* de silagens de cana-de-açúcar com *Lactobacillus*, uréia e subproduto agrícola foi encontrada maior taxa de degradação da fração “b” 0,027h (MAEDA, et al., 2011) e também maior consumo 7,54kg MS/dia (MAEDA et al., 2012) em bovinos alimentados em silagens de cana-de-açúcar com incoluantes.

CONCLUSÃO

A adição da maniçoba promoveu melhoria da qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar, além de melhorar a composição químico-bromatológica e alterar a cinética de produção de gases. O maior nível de inclusão de maniçoba beneficia a produção de gases e o tempo de colonização, bem como os parâmetros de degradabilidade ruminal com maiores valores de degradabilidade efetiva da matéria seca.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods Association of Official Analytical Chemists**. Arlington: AOAC, 1995.

BLÜMMEL, M.; ØRSKOV, E.R. Comparison of *in vitro* gas production and nylon degradability of roughage in predicting feed intake in cattle. **Animal Feed Science Technology**, v.40, n.2-3, p.109-119, 1993.

CABRAL, L. S.; VALADARES FILHO, S. C.; MALAFAIA, P. A. M.; LANA, R. P.; SILVA, J. F. C.; VIEIRA, R. A. M.; PEREIRA, E. S. Frações de carboidratos de alimentos volumosos e suas taxas de degradação estimadas pela técnica de produção de gases. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 2087-2098, 2000 (suplemento 1).

CAMPOS, P. R. S. S.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E.; CECON, P. R.; LEÃO, M. I.; LUCCHI, B. B.; SOUZA, S. M.; PEREIRA, O. G. Consumo, digestibilidade e estimativa do valor energético de alguns volumosos por meio da composição química. **Revista Ceres**, v. 57, n.1, p. 079-086, 2010.

FORTALEZA, A. P. S.; SILVA, L. D. F.; ZACKM, E.; BARBERO, R. P.; RIBEIRO, E. L. A.; PEGORARO, M.; SANTOS, L. E.; MIZUBUTI, I. Y. Composição química e degradabilidade ruminal de silagens da cana-de-açúcar tratada com aditivos químicos e bacteriano. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, p. 3341-3352, 2012. Suplemento 2.

MAEDA, E. M.; ZEOULA, L. M.; JOBIM, C. C.; BERTAGLIA, F.; JONKER, R. C.; GERON, L. J. V.; HENRIQUE, D. S. Chemical composition, fermentation, *in vitro* digestibility and *in situ* degradability of sugar cane silages with *Lactobacillus*, urea and agricultural byproduct. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.12, p.2866-2877, 2011.

MAEDA, E. M.; ZEOULA, L. M.; JOBIM, C. C.; CECATO, U.; RIGOLON, L. P.; KAZAMA, R.; JACOBI, G.; CARVALHO, A. F. G. Intake, digestibility, rumen characteristics and microbial protein synthesis efficiency in bovine and bubaline fed sugar cane silage with additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.3, p.707-716, 2012.

MAURICIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S.; OWENA, E.; CHANNA, K. S.; THEODOROU, M. K. A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminants feedstuff evaluation. **Animal Feed Science Technology**, v.79, p.321-330, 1999.

MEHREZ, A.Z.; ØRSKOV, E. R.; McDONALD, I. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. **British Journal of Nutrition**, v.38, n.3, p.437-443, 1977.

MERTENS, D. R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação e formulação de rações. **In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 29., 1992, Lavras. Anais... Lavras: SBZ, 1992. p.188-219.

MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal Dairy Science**, 80:1463-1481, 1997.

MUNIZ, E. B.; MIZUBUTI, I. Y.; PEREIRA, E. S.; PIMENTEL, P. G.; RIBEIRO, E. L. A.; PINTO, A. P. Cinética ruminal da fração fibrosa de volumosos para ruminantes. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 3, p. 604-610, 2012.

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

NUSSIO, L. G.; SUSIN, I.; MENDES, C. Q.; AMARAL, R. C. Estratégias para garantir eficiência na utilização de cana-de-açúcar para ruminantes. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.3, n.4, p.27-33, 2009.

ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements of feed in weighted according to rate passage. **Journal of Agricultural Science** v.92, p.499-503, 1979.

PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; LOURES, D.R.S.; PAZIANI, S. F.; IGARASI, M. S.; COELHO, R. M.; HORII, J.; RODRIGUES, A. A. Efeito do tratamento com aditivos químicos e inoculantes bacterianos nas perdas e na qualidade de silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.558-564, 2007.

PEDROSO, A. F.; RODRIGUES, A. A.; BARIONI JÚNIOR, W.; BARBOSA, P. F.; SANTOS, F. A. P.; NUSSIO, L. G. Aditivos químicos e inoculante bacteriano na

ensilagem de cana-de-açúcar: efeitos sobre a fermentação das silagens e o desempenho de garrotes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.6, p.1181-1187, 2011a.

PEDROSO, A. F.; RODRIGUES, A. A.; BARIONI JÚNIOR, W.; SOUZA, G. B. Fermentation parameters, quality and losses in sugarcane silages treated with chemical additives and a bacterial inoculant. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.11, p.2318-2322, 2011b.

RESENDE, F.D.; QUEIROZ, A.C.; FONTES, C.A.A.; PEREIRA, J.C.; RODRIGUEZ, L.R.; JORGE, R.; ROS, J.M.S. Rações com diferentes níveis de fibra em detergente neutro na alimentação de bovídeos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.23, n.3, p.366-376, 1994.

REZENDE, A.V.; RODRIGUES, R.; BARCELOS, A, F.; CASALI, A. O.; VALERIANO, A. R.; MEDEIROS, L. T. Qualidade bromatológica das silagens de cana-de-açúcar (*saccharum officinarum* L.) Aditivadas com raspa de batata. **Ciência e agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 292-297, 2009.

REZENDE, A. V.; FARIA JÚNIOR, D. C. N. A.; RABELO, C. H. S.; RABELO, F. H. S.; CARVALHO, A.; SILVA, L. M.; SILVEIRA, M. S.; SANTOS, W. B. Qualidade de silagens de cana-de-açúcar e capim-elefante aditivadas com torta de polpa de coco macaúba. **Revista Agrarian**, v.3, n.9, p.224-232, 2010.

REZENDE, A. V.; RABELO, C. H. S.; RABELO, F. H. S.; NOGUEIRA, D. A.; FARIA JUNIOR, D. C. N. A.; BARBOSA, A. L. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar tratadas com cal virgem e cloreto de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.4, p.739-746, 2011

ROBINSON, P.H., GIVENS, D.I., GETACHEW, G. Evaluation of NRC, UC Davis and ADAS approaches to estimate the metabolizable energy values of feeds at maintenance energy intake from equations utilizing chemical assays and *in vitro* determinations. **Animal Feed Science and Technology**, 114, p.75-90, 2004.

RODRIGUES, P. H. M.; GOMES, R. C.; MEYER, P. M.; BORGATTI, L. M. O.; FRANCO, F. M. J.; GODOY, G. L. A. Effects of microbial inoculants and amino acid production by-product on fermentation and chemical composition of sugarcane silages. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.6, p.1394-1400, 2012.

ROSSI JUNIOR, P.; SCHOGOR, A. L. B. Degradabilidade *in situ* de cana-de-açúcar ensilada com uréia e milho em diferentes proporções. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 11, n. 3, p. 15-18, 2006.

STATISTICAL ANALYSIS SYTEMS - SAS. **User's guide**: Version 9.1. Cary: 2003.

SCHMIDT, P.; MARI, L.J.; NUSSIO, L.G.; PEDROSO, A. F.; PAZIANI, S. F.; WECHSLER, F. S. Aditivos químicos e biológicos na ensilagem de cana-de-açúcar. 1.

Composição química das silagens, ingestão, digestibilidade e comportamento ingestivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1666-1675, 2007 (suplemento 1).

SCHOFIELD, P.; PITT, R.E.; PELL, A.N. Kinetics of fiber digestion from in vitro gas production. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2980-2991, 1994.

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

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D. G.; RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.10, p.3562-3577, 1992.

SOUZA, E. J. O.; GUIM, A.; BATISTA, Â. M. V.; ALBUQUERQUE, D. B.; MONTEIRO, C. C. F.; ZUMBA, E. R. F.; TORRES, T. R. Comportamento ingestivo e ingestão de água em caprinos e ovinos alimentados com feno e silagem de Maniçoba. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal** v.11, n.4, p.1056-1067, 2010.

TOMICH, T. R.; GONÇALVES, L. C.; MAURÍCIO, R. M.; PEREIRA, L. G. R.; RODRIGUES, J. A. S. Composição bromatológica e cinética de fermentação ruminal de híbridos de sorgo com capim-sudão. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, n.6, p.747-755, 2003.

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

Tabela 1. Composição química, teores de nutrientes digestíveis totais (NDT), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) de silagens de cana-de-açúcar em função dos níveis de inclusão de maniçoba.

| Variáveis | Níveis de maniçoba (%) | | | | EPM | R ² | ER |
|----------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|----------------|---------------------------------------|
| | 0 | 20 | 30 | 40 | | | |
| MS, % | 25,20 | 26,64 | 27,31 | 28,47 | 0,447 | 0,62 | $\hat{y} = 25,12 + 0,079x$ |
| MM, % MS | 2,78 | 3,61 | 4,06 | 4,52 | 0,091 | 0,93 | $\hat{y} = 2,77 + 0,0432x$ |
| PB, % MS | 2,21 | 4,37 | 5,63 | 6,49 | 0,053 | 0,99 | $\hat{y} = 2,23 + 0,109x$ |
| NIDA/NT, % MS | 0,30 | 0,38 | 0,33 | 0,39 | 0,024 | - | $\hat{y} = 0,35$ |
| PIDA, % MS | 0,63 | 1,64 | 1,87 | 2,52 | 0,109 | 0,88 | $\hat{y} = 0,634 + 0,046x$ |
| FDN, % MS | 70,96 | 69,34 | 64,54 | 56,64 | 0,764 | 0,92 | $\hat{y} = 70,94 + 0,204x - 0,014x^2$ |
| FDNcp, % MS | 69,55 | 67,05 | 61,85 | 52,06 | 0,442 | 0,97 | $\hat{y} = 69,5 + 0,219x + 0,016x^2$ |
| FDA, % MS | 49,25 | 45,23 | 43,07 | 38,66 | 0,515 | 0,90 | $\hat{y} = 49,75 - 0,25x$ |
| HEMI, % MS | 21,70 | 24,12 | 21,48 | 17,98 | 0,443 | 0,94 | $\hat{y} = 21,75 + 0,307x - 0,01x^2$ |
| EM, MJ/kg MS | 1,85 | 2,02 | 2,32 | 2,35 | 0,055 | 0,79 | $\hat{y} = 1,83 + 0,0136x$ |
| ED, Mcal/kg MS | 2,25 | 2,47 | 2,83 | 2,87 | 0,070 | 0,79 | $\hat{y} = 50,58 + 0,0117x$ |
| NDT, % | 51,11 | 55,99 | 64,1 | 65,16 | 1,520 | 0,79 | $\hat{y} = 50,58 + 0,38x$ |

EPM = erro padrão da média, ER = equação de regressão, R² = coeficiente de determinação, MS = matéria seca, MM = matéria mineral, PB = proteína bruta, NIDA = nitrogênio insolúvel em detergente ácido, NT = nitrogênio total, PIDA = proteína insolúvel em detergente ácido, FDN = fibra em detergente neutro, FDNcp = fibra em detergente neutro livre de cinzas e proteínas, FDA = fibra em detergente ácido, HEMI = hemicelulose, EM = energia metabolizável proposta por Robinson (2004) em MJ/kg MS = $1,25 + (0,0292 \cdot \text{gás}24) + (0,0246 \cdot \text{EE}) + (0,0143 \cdot (\text{PB} - \text{PIDA}))$, ED = energia digestível segundo NRC (2001) em Mcal/kg MS = $\text{EM}/0,82$ NDT = nutrientes digestíveis totais conforme NRC (2001) em % = $\text{ED}/4,409 \cdot 100$.

Tabela 2. Volume máximo de produção de gases dos carboidratos não fibrosos (Vf₁) e fibrosos (Vf₂), taxa de produção de gases dos carboidratos não fibrosos (m₁) e fibrosos (m₂), tempo de colonização (Lag time) (L), teor de carboidratos totais (CT) carboidratos não fibrosos (CNF) e carboidratos fibrosos (CF) de silagens de cana-de-açúcar com maniçoba.

| Variáveis | Níveis de maniçoba (%) | | | | EPM | R ² | ER |
|----------------------------|------------------------|-------|-------|-------|--------|----------------|---|
| | 0 | 20 | 30 | 40 | | | |
| Vf ₁ , mL/g MS | 57,13 | 57,39 | 58,78 | 63,11 | 2,00 | - | Y = 59,18 |
| Vf ₂ , mL/g MS | 10,83 | 22,46 | 24,54 | 26,21 | 1,86 | 0,88 | Y = 12,2+0,39x |
| m ₁ , mL/g MS/h | 0,09 | 0,07 | 0,07 | 0,06 | 0,004 | 0,64 | Y = 0,09-0,001x |
| m ₂ , mL/g MS/h | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,0002 | 0,70 | Y = 0,01+0,0001x-0,000002x ² |
| L, h | 17,02 | 14,98 | 12,20 | 10,73 | 0,86 | 0,70 | Y = 17,36-0,16x |
| CT ³ , % MS | 93,57 | 90,68 | 88,24 | 86,93 | 0,18 | 0,97 | Y = 93,68-0,1703x |
| CNF ⁴ , % MS | 24,02 | 23,63 | 26,39 | 34,87 | 0,56 | 0,93 | Y = 24,12-0,37x+0,0158x ² |
| CF ⁵ , % MS | 69,55 | 67,05 | 61,85 | 52,06 | 0,44 | 0,97 | Y = 69,5+0,219x+0,0163x ² |

EPM = erro padrão na média; ER = equação de regressão, R² = coeficiente de determinação. ³estimativa proposta por Sniffen (1992) CT = 100 - (PB + EE + MM) ⁴estimativa proposta por Mertens (1997) CNF = 100 - (PB + FDNcp + EE + MM), CF = CT - CNF.

Tabela 3. Fração Solúvel (a), fração potencialmente degradável (b), fração indegradável (c), taxa de degradação da fração “b” (K_d), degradação potencial (DP), degradação efetiva (DE) de silagens de cana-de-açúcar com inclusões de maniçoba.

| Variáveis | Níveis de maniçoba (%) | | | | EPM | R^2 | ER |
|-------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------|
| | 0 | 20 | 30 | 40 | | | |
| a, %MS | 21,69 | 25,11 | 30,28 | 36,69 | 1,71 | 0,90 | $Y = 20,25+0,364x$ |
| b, %MS | 40,80 | 25,54 | 28,88 | 24,62 | 2,01 | 0,83 | $Y = 41,7-0,41x$ |
| c, %MS | 37,51 | 39,35 | 40,84 | 38,69 | 0,90 | - | $Y = 39,1$ |
| K_d , %/h | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,005 | 0,78 | $Y = 0,008+0,001x$ |
| DP, %MS | 62,49 | 60,65 | 59,16 | 61,31 | 0,90 | - | $Y = 60,90$ |
| DE, %MS | 26,74 | 32,52 | 38,92 | 46,56 | 2,23 | 0,93 | $Y = 25,28+0,48x$ |

EPM = erro padrão na média; ER = equação de regressão, R^2 = coeficiente de determinação. Admitiu-se taxa de passagem $K_p = 5\%/h$.

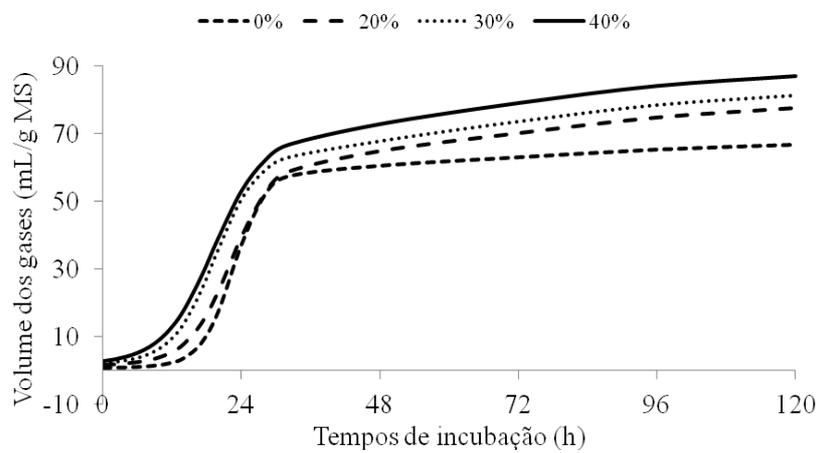


Figura 1. Estimativa do volume de gás em função do tempo de incubação de diferentes níveis de maniçoba.