



**BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E *NOPALEA*
COCHENILIFERA ENSILADOS COM OU SEM UREIA
SOB DIFERENTES COMPACTAÇÕES**

JACIANE MOTA DOS SANTOS BARRETO

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Abril de 2016



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E *NOPALEA*
COCHENILIFERA ENSILADOS COM OU SEM UREIA
SOB DIFERENTES COMPACTAÇÕES**

Autor: Jaciane Mota dos Santos Barreto
Orientador: Prof. Dr. Aureliano José Vieira Pires

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Abril de 2016

JACIANE MOTA DOS SANTOS BARRETO

**BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E *NOPALEA*
COCHENILIFERA ENSILADOS COM OU SEM UREIA
SOB DIFERENTES COMPACTAÇÕES**

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Orientador: Prof. Dr. Aureliano José Vieira Pires

Co-orientadores: Prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira
Prof. Dr. Aires Lima Rocha Neto

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Abril de 2016

636.085 B263b	<p>Barreto, Jaciane Mota dos Santos. Bagaço de cana-de-açúcar e <i>Nopalea Cochenilifera</i> ensilados com ou sem ureia sob diferentes compactações. / Jaciane Mota dos Santos Barreto. – Itapetinga, BA: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2016. 41 fl..</p> <p>Dissertação apresentada a Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB - <i>Campus</i> de Itapetinga para obtenção do título de Mestre em Zootecnia. Sob a orientação do Prof. D. Sc. Aureliano José Vieira Pires; co-orientação do Prof. D. Sc. Fábio Andrade Teixeira e do Prof. D. Sc. Aires Lima Rocha Neto.</p> <p>1. Bagaço de cana-de-açúcar – Ureia – Valor nutritivo. 2. Ureia – Cana-de-açúcar – Digestibilidade – Alimentação de ruminantes. 3. Nutrição animal – Cana-de-açúcar – Ureia. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Mestrado em Zootecnia, <i>Campus</i> de Itapetinga. II. Pires, Aureliano José Vieira de. III. Teixeira, Fábio Andrade. IV. Rocha Neto, Aires Lima. V. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD(21): 636.085</p>
------------------	--

Catálogo na Fonte:

Cláudia Aparecida de Souza – CRB 1014-5ª Região

Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para desdobramentos por Assunto:

1. Bagaço de cana-de-açúcar : Valor nutritivo
2. Ureia : Alimentação de ruminantes
3. Nutrição animal : Cana-de-açúcar

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA - PPZ
Área de Concentração: Produção de Ruminantes

Campus Itapetinga-BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: "Bagaço de cana-de-açúcar e *Nopalea cochenilifera* ensilados com ou sem ureia sob diferentes compactações".

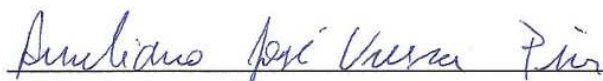
Autor (a): Jaciane Mota dos Santos Barreto

Orientador (a): Prof. Dr. Aureliano José Vieira Pires


Co-orientador (a): Prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira

Prof. Dr. Aires Lima Rocha Neto

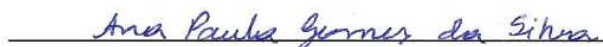
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM ZOOTECNIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PRODUÇÃO DE RUMINANTES, pela Banca Examinadora:



Prof. Dr. Aureliano José Vieira Pires – UESB
Orientador



Profª. Drª. Aline Cardoso Oliveira – UFAL



Drª. Ana Paula Gomes da Silva – PNP/UESB

Data de realização: 04 de abril de 2016.

“Mas os que esperam no Senhor renovam suas forças, criam asas, como águias, correm e não se fatigam, andam e não se cansam.”

Isaías 40:31

À minha amada filha, Júlia, razão do meu existir.

Ao meu esposo, Carlos Antonio, pelo amor, cuidado e apoio em todos os momentos.

Aos meus irmãos, Jackson e Jerfferson, pela amizade, incentivo e amor.

À minha amada avó Benedita, por seu exemplo de força e superação.

Aos meus pais, José Manoel (*in memorian*) e Nacely (*in memorian*), pelo amor,
dedicação, apoio e luta durante toda a vida para que eu fosse o que sou,
minhas eternas saudades!

DEDICO!

A Deus pela constante presença em minha vida; meu refúgio e fortaleza em todos os momentos.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia e ao Instituto Federal Baiano pelo convênio firmado, o qual oportunizou a realização deste curso.

Ao prof. Dr. Aureliano José Viera Pires, pela compreensão, confiança, cuidado e ótima orientação deste trabalho.

Ao prof. Dr. Aires Lima Rocha Neto, pela co-orientação, amizade, sugestões e ajuda sempre que necessário.

Ao prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira, pela co-orientação e colaborações.

Aos professores do curso de Pós-graduação em Zootecnia, pelos ensinamentos.

Ao prof. Paulo Bonomo pela imensa ajuda nas análises estatísticas.

Ao prof. Dr. Vitor Visintin, da UFAL, pelo incentivo e amizade.

Ao funcionário José Queiroz (Zé), pela grande ajuda nas análises laboratoriais.

Ao funcionário Adailton Mendes (Dai) pela disposição em ajudar sempre que preciso.

Aos funcionários do setor de bovinos, pelo auxílio na condução do experimento.

Aos colegas de pós-graduação pela convivência e aprendizado.

Aos colegas do grupo de forragicultura, em especial, Cláudio, Daniella, Deivison, Diego, Maxwelder, Sansão e Sílvio, pela disposição e auxílio sempre que preciso.

Ao colega Leonardo Guimarães, por sua ajuda inestimável, amizade e disposição em ajudar mesmo distante.

Aos colegas Joanderson, Leone, Dantas, Marcus Vinícios e Gilka pela valiosa ajuda. E ao colega Marcus Andrade pelas sugestões no projeto.

A Aline Gonçalves e ao Cláudio Eduardo pela amizade, companheirismo e cuidado.

Ao estagiário do IF Baiano *Campus* Itapetinga, Yure, pelo interesse e ajuda no experimento de degradabilidade.

À pós-doutoranda Ana Paula, pelas sugestões e ajuda disponibilizada.

Ao pós-doutorando Alex e ao colega Dicastro pelo auxílio nas análises estatísticas.

À secretaria de pós-graduação em Zootecnia pela atenção e eficiência nas solicitações e serviços prestados.

À Marise Guedes e Georgia Batista pela amizade e agradável convivência.

Aos colegas do IF Baiano *Campus* Santa Inês pelo apoio e colaboração.

Aos meus familiares e aos familiares do meu esposo pelo apoio, incentivo e torcida.

Ao meu esposo, Carlos Antônio, pela compreensão, orientações e ajuda imensurável no decorrer de todo o curso.

À minha filha, Júlia, por ser a fonte inspiradora da luta pelo meu objetivo.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

O meu sincero MUITO OBRIGADO!

BIOGRAFIA

JACIANE MOTA DOS SANTOS BARRETO, filha de José Manoel dos Santos e Nacely Mota dos Santos, nasceu em Rio de Janeiro - RJ, no dia 26 de setembro de 1981. Em 2002 ingressou no curso de graduação em Zootecnia, pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, onde obteve o título de zootecnista em 13 de outubro de 2007. Em março de 2014 iniciou o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, área de concentração Produção de Ruminantes, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* Juvino Oliveira, Itapetinga – Bahia e defendeu a presente dissertação em abril de 2016. Em 18 de maio de 2009 tomou posse como docente do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* Santa Inês, onde permanece até o momento.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE TABELAS	xiii
RESUMO	xv
ABSTRACT	xvi
I – REFERENCIAL TEÓRICO	01
1.1. Introdução	01
1.2. Revisão Bibliográfica	03
1.2.1. Palma Forrageira	03
1.2.2. Bagaço de cana-de-açúcar	04
1.2.3. Amonização de forragens de baixa qualidade.....	06
1.2.4. Ensilagem.....	08
1.3. Referências Bibliográficas	10
II – OBJETIVO GERAL	14
III – MATERIAL E MÉTODOS.....	15
IV- RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
V- CONCLUSÕES.....	38
VII- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. Degradabilidade da matéria seca do bagaço de cana-de-açúcar e palma forrageira ensilados com e sem ureia em função dos períodos de incubação.....	34
FIGURA 2. Degradabilidade da fibra em detergente neutro (FDN) do bagaço de cana-de-açúcar e palma forrageira ensilados com e sem ureia em função dos períodos de incubação.....	36

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1. Composição química do bagaço de cana-de-açúcar <i>in natura</i> , da palma forrageira e do bagaço de cana mais palma com e sem ureia, antes da ensilagem.....	17
TABELA 2. Teores médios de matéria seca (MS) e fibra em detergente neutro (FDN) do bagaço de cana-de-açúcar e palma forrageira ensilados com e sem ureia utilizados para a incubação ruminal.....	19
TABELA 3. Perdas por gases (% da MS), perdas por efluente (kg/tonelada MV), recuperação da MS (%), pH e N-NH ₃ do bagaço de cana-de-açúcar e palma forrageira ensilados com ou sem ureia, e suas respectivas equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R ²).....	20
TABELA 4. Teores percentuais médios da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), nitrogênio total (NT), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM) do bagaço de cana-de-açúcar e palma forrageira ensilados com ou sem ureia, e suas respectivas equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R ²).....	23
TABELA 5. Teores percentuais médios de nitrogênio insolúvel em detergente neutro, nitrogênio insolúvel em detergente ácido das silagens do bagaço de cana-de-açúcar e palma forrageira ensilados com ou sem ureia, e suas respectivas equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R ²).....	25
TABELA 6. Teores percentuais médios de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas (FDNcp), hemicelulose, celulose e lignina do bagaço de cana-de-açúcar e palma forrageira ensilados com ou sem ureia, e suas respectivas equações de regressão ajustadas	

	e coeficientes de determinação (R^2).....	27
TABELA 7.	Teores percentuais médios de carboidratos totais (CHT), carboidratos não fibrosos (CNF), nitrogênio não protéico (NNP) e nutrientes digestíveis totais (NDT) do bagaço de cana-de-açúcar e palma forrageira ensilados com ou sem ureia, e suas respectivas equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2).....	30
TABELA 8.	Frações de carboidratos do bagaço de cana-de-açúcar e palma forrageira ensilados com ou sem ureia, e suas respectivas equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2).....	32
TABELA 9.	Frações de proteínas das silagens do bagaço de cana-de-açúcar e palma forrageira ensilados com ou sem ureia, e suas respectivas equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2)..	33
TABELA 10.	Parâmetros da degradação ruminal da matéria seca (MS), da degradabilidade potencial (DP) e efetiva (DE) do bagaço de cana-de-açúcar e palma forrageira ensilados com e sem ureia.....	35
TABELA 11.	Parâmetros da degradação ruminal da fibra em detergente neutro (FDN), da degradabilidade potencial (DP) e efetiva (DE) do bagaço de cana-de-açúcar e palma forrageira ensilados com e sem ureia.....	37

RESUMO

BARRETO, Jaciane Mota dos Santos. **Bagaço de cana-de-açúcar e *Nopalea cochenilifera* ensilados com ou sem ureia sob diferentes compactações.** Itapetinga, BA: UESB, 2016. 41p. Dissertação. (Mestrado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes).*

Objetivou-se com este trabalho avaliar silagens do bagaço de cana-de-açúcar associado à palma forrageira com e sem adição de ureia, quanto as perdas do processo de ensilagem, as características fermentativas, a composição químico-bromatológica e a degradabilidade ruminal *in situ*, utilizando diferentes compactações. O experimento foi realizado na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Itapetinga-BA, sendo utilizado o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 4, com 5 repetições, sendo ureia (0 e 6% base da matéria seca) e compactações (500, 600, 700 e 800 kg de material *in natura*/m³). O material foi ensilado na proporção de 1:1 de bagaço:palma (base da matéria natural) em silos de PVC com 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro, com de válvula de Bunsen, e armazenados por 240 dias. A perda por gases reduziu com a adição de ureia e verificou-se o menor valor (12,2%) para a compactação de 659,3 kg/m³. A menor produção de efluentes (17,8 kg/t/MV) foi verificada na compactação de 544,5 kg/m³. A adição de ureia promoveu maior recuperação de MS (66,0%). O pH e a concentração de N-NH₃ foram elevados nas silagens com adição de ureia, sendo que os maiores compactações demonstraram menores produções de N-NH₃. O teor de proteína bruta aumentou com adição de ureia e com o aumento da compactação. Os constituintes da parede celular reduziram tanto com a adição de ureia quanto com o aumento da compactação. Verificou-se interação para a fração C dos carboidratos com redução na compactação 800 kg/m³ com adição de ureia. Observou-se efeito quadrático para a fração A+B1 dos carboidratos e redução da fração B2 com o aumento da compactação. A adição de ureia elevou fração A e reduziu as frações B1+B2, B3 e C das proteínas. O efeito da amonização sobre a degradabilidade da MS e FND das silagens foi pouco pronunciado. Recomenda-se a adição de 6% de ureia na ensilagem do bagaço de cana e palma forrageira, podendo ser utilizado até 800 kg/m³ de compactação, sem comprometer a qualidade das silagens.

Palavras-chave: amonização, palma forrageira, silagem

* Orientador: Aureliano José Vieira Pires, Dr. UESB e Co-orientadores: Fábio Andrade Teixeira, Dr. UESB e Aires Lima Rocha Neto, Dr. IF Baiano.

ABSTRACT

BARRETO, Jaciane Mota dos Santos. **Sugarcane bagasse and *Nopalea cochenilifera* ensiled with or without urea under different compaction.** Itapetinga, BA: UESB, 2016. 41p. Dissertation. (Master of Animal Science, Concentration Area in Ruminant Production).*

The objective of this study was to evaluate sugarcane bagasse associated with spineless cactus with and without addition of urea, the silage fermentation losses, the fermentation characteristics, chemical composition and ruminal degradability in situ using different compactions. The experiment was conducted in State University of Southwest Bahia - Itapetinga, BA, and used a completely randomized design in a factorial 2 x 4, with 5 replications, and urea (0 and 6% dry matter basis) and compactions (500, 600, 700 and 800 kg of material in natura/m³). The material was ensiled in the ratio 1:1 bagasse:cactus (the natural matter base) PVC silos 50 cm height and 10 cm diameter with a Bunsen valve, and stored for 240 days. The losses by gas decreased with the addition of urea and found the lowest value (12.2%) for compaction 659.3 kg/m³. The lower production of effluents (17.8 kg/t/MV) was observed in the compaction of 544.5 kg/m³. The addition of urea promoted greater recovery of MS (66.0%). The pH and NH₃ concentration were higher in silages with addition of urea, and the higher compaction NH₃ showed lower yields. The crude protein content increased with the addition of urea and with increasing compaction. The cell wall constituents much reduced with the addition of urea as to increasing compaction. There was interaction for C fraction of carbohydrates with a reduction in compaction 800 kg/m³ with the addition of urea. Quadratic effect for the fraction A + B1 carbohydrate and reduced B2 fraction with increasing compaction. The addition of urea increased fraction A and reduced the B1 + B2 fractions, B3 and C proteins. The effect of ammoniation on the degradability of DM and NDF of silages was little pronounced. It is recommended to add 6% urea in ensilage sugarcane bagasse and spineless cactus, and can be used up to 800 kg/m³ compaction without compromising the quality of the silage.

Keywords: ammoniation, spineless cactus, silage

* Adviser: Aureliano José Vieira Pires, Dr. UESB and Co-advisers: Fábio Andrade Teixeira, Dr. UESB and Aires Lima Rocha Neto, Dr. IF Baiano.

I – REFERENCIAL TEÓRICO

1 INTRODUÇÃO

A irregularidade na distribuição de chuvas e os períodos de estiagem é uma realidade observada em diversas regiões do Brasil, notadamente nas regiões semiáridas. Diante deste cenário, a manutenção das pastagens em quantidade e qualidade durante todo o ano torna-se insustentável, havendo a necessidade da busca por alimentos alternativos e técnicas de conservação de forragens, a fim de garantir o suprimento de alimento aos animais.

A utilização de espécies vegetais adaptadas à seca surge como uma estratégia interessante de suplementação nos períodos de escassez de alimentos. Dentre as espécies com potencial de uso na alimentação animal com adaptação às condições de escassez de água, destaca-se a palma forrageira.

A palma forrageira possui como principais atributos a boa palatabilidade e a digestibilidade, alto valor energético, além de ser um alimento verde que supre grande parte das necessidades de água na época de escassez (Almeida, 2012). Outra característica importante relacionada à palma é o alto teor de carboidratos não fibrosos (Pessoa et al., 2013).

Apesar dos benefícios citados, verificam-se algumas limitações no uso exclusivo da palma que são os reduzidos teores de nitrogênio e fibra em detergente neutro (FDN), requerendo suplementação com outras fontes proteicas e de fibra (Saraiva et al., 2014). Pessoa et al. (2013) destacam que a palma forrageira pode ser associada à ureia com o objetivo de aumentar o seu teor proteico.

A associação da palma com alimentos de alto teor de FDN, como o bagaço de cana, possibilita uma melhor absorção de nutrientes, visto que o bagaço introduz no sistema fibra de alta efetividade (Ferreira et al., 2012).

O bagaço de cana-de-açúcar é o maior subproduto da indústria da cana-de-açúcar (Guilherme et al., 2015), resultante do esmagamento da cana na extração do caldo que será empregado na recuperação de açúcar ou na transformação direta em álcool ou aguardente (Rogério et al., 2011).

A utilização de bagaço de cana na alimentação de ruminantes torna-se limitada devido a sua baixa digestibilidade atribuída ao seu elevado teor de fibras (acima de 60% da matéria seca) sob a forma de celulose, hemicelulose e lignina (Ahmed et al., 2013).

Diversos pesquisadores verificaram melhorias na qualidade nutricional do bagaço de cana através do uso de tratamentos químicos, físicos ou biológicos (Oliveira et al., 2001a; Pimentel et al., 2015), tornando viável a utilização do bagaço de cana na alimentação de ruminantes.

O tratamento químico tem sido destacado como uma alternativa para melhorar o valor nutricional dos volumosos de baixa degradabilidade (Pimentel et al., 2015). O uso de produtos como amônia anidra e ureia, processo conhecido por amonização, tem demonstrado em diversos estudos (Bezerra et al., 2014; Moreira Filho et al., 2013) melhoria no valor nutritivo das forragens, pelo aumento nos teores de proteína bruta (PB) e diminuição nos teores de fibra em detergente neutro (FDN).

Frente às limitações de utilização, tanto da palma quanto do bagaço de cana de forma individualizada, em virtude de suas características químico-bromatológicas, estudos têm sido realizados associando esses alimentos em dietas de ruminantes, com o intuito de melhorar o valor nutritivo dos mesmos.

Face ao exposto, observam-se características favoráveis para utilização associada da palma ao bagaço de cana tanto na forma *in natura* quanto na forma de silagem. Contudo, vantagens expressas são verificadas quando tal associação se dá por meio do processo de ensilagem, com destaque para oferta de alimento para as épocas de entressafra e possibilidade de realização do trato uniforme do palmal. Além disso, a silagem da palma, juntamente com o bagaço de cana, quando tratados com ureia, pode ser uma alternativa alimentar interessante para ser oferecida aos animais na forma de ração completa, visto que, na maioria das vezes, a palma é fornecida como única fonte de volumoso no período de escassez de forragens.

Vale ressaltar que a qualidade da silagem é dependente de fatores como o teor de carboidratos solúveis e matéria seca da planta, compactação do material e vedamento do silo (Ferreira et al., 2013). Tavares et al. (2009) destacam que a compactação do material é fundamental para a expulsão do ar e estabelecimento das condições de anaerobiose no interior do silo. Atualmente, pesquisas tem apontado para necessidades de determinação de compactação adequada do material ensilado, a fim de se obter uma silagem de qualidade satisfatória (Hoffman et al., 2013).

Considerando a restrita disponibilidade de resultados de pesquisa relativos à eficiência qualitativa da ensilagem de palma forrageira e bagaço de cana, as hipóteses enunciam que a utilização de tais alimentos, juntamente com a ureia em compactação adequada, melhora as características qualitativas da silagem.

1.2 Revisão Bibliográfica

1.2.1 Palma Forrageira

A palma forrageira destaca-se por suas características anatômicas e morfofisiológicas, adaptando-se às condições ambientais adversas da região semiárida do Brasil, como os altos índices de evaporação atmosférica e reduzido conteúdo de água nos solos. Desse modo, a palma vem sendo largamente cultivada no nordeste brasileiro (Leite et al., 2014), no intuito principal de suprir as necessidades de alimento dos animais nos períodos de seca.

São três as espécies de palma encontradas no nordeste, a palma gigante (*Opuntia ficus indica*), palma redonda (*Opuntia* sp) e palma miúda ou doce (*Nopalea cochenilifera*), as quais apresentam como características a ausência de espinhos, o crescimento rápido e teor de umidade superior às outras cactáceas (Oliveira et al., 2011b).

Em plantas suculentas como a palma, prevalece o metabolismo ácido das crassuláceas (CAM), o qual é uma adaptação vegetal onde a planta abre os estômatos à noite, quando as temperaturas são mais amenas, e fecham durante o dia. Em função disso, as plantas CAM são muito mais eficientes no uso da água quando comparadas às plantas C₃ e C₄ (Taiz e Zeiger, 2013).

A palma forrageira, independente do gênero, apresenta baixos teores de matéria seca (MS) ($11,69 \pm 2,56\%$), proteína bruta (PB) ($4,81 \pm 1,16\%$), fibra em detergente neutro (FDN) ($26,79 \pm 5,07\%$) e fibra em detergente ácido (FDA) ($18,85 \pm 3,17\%$). Por outro lado, apresenta teores consideráveis de carboidratos totais (CHT) ($81,12 \pm 5,9\%$), carboidratos não fibrosos (CNF) ($58,55 \pm 8,13\%$) e matéria mineral (MM) ($12,04 \pm 4,7\%$) (Ferreira et al., 2009a).

Dentre as características da palma destacam-se a boa palatabilidade e digestibilidade, alto valor energético, além de suprir grande parte das necessidades de água na época de escassez (Almeida, 2012). Lima et al. (2010) avaliaram a substituição

do farelo de milho por palma forrageira em crescentes níveis (0, 25, 50, 75 e 100%) na dieta de cabras em lactação e verificaram que o consumo de água reduziu linearmente com a inclusão de palma com valores médios variando de 5,23 a 0,12 kg/dia. Segundo os autores esses resultados ressaltam a importância desta forrageira como fonte de água para os animais.

A palma também recebe atenção por ser uma excelente fonte de energia (64,66%) (Melo Filho, 2006) e carboidratos não-fibrosos (Ferreira et al., 2009b). Apesar das qualidades presentes na palma forrageira, existem algumas limitações no seu uso exclusivo na alimentação animal, que são os reduzidos teores de nitrogênio e fibra em detergente neutro (FDN) (Saraiva et al., 2014). Segundo Ferreira et al. (2009b), em função da limitação de fibra desta cactácea há a necessidade de sua associação a fontes de fibra de alta efetividade, como silagens, fenos, capins e subprodutos disponíveis na região.

A inclusão de teores crescentes de palma forrageira na dieta de novilhas mestiças 3/4 Holandês-Zebu foi estudada por Aguiar et al. (2015). As dietas experimentais foram constituídas de silagem de sorgo como volumoso e, como concentrado, milho, farelo de soja, ureia, sal de recria, calcário, fosfato bicálcico e os teores de 0, 200, 400 e 600 g/kg de palma forrageira. A adição de ureia proporcionou diminuição nos teores de MS e FDN nas dietas, o que pode ser justificado pelos baixos teores destas variáveis presentes na palma forrageira. Em contrapartida, o aumento nos teores de palma elevou os valores de carboidratos fibrosos e material mineral.

1.2.2 Bagaço de cana-de-açúcar

A busca por alimentos alternativos no intuito de suprir as necessidades nutricionais e garantir a sobrevivência dos animais nas épocas de entressafra é crescente. Neste contexto, a utilização de espécies vegetais adaptadas às regiões semiáridas e de resíduos e subprodutos disponíveis na região, surge como uma estratégia interessante de suplementação nesses períodos.

O bagaço de cana-de-açúcar é o produto fibroso resultante do esmagamento da cana na extração do caldo que será empregado na recuperação de açúcar ou na transformação direta em álcool ou aguardente. A produção de bagaço é da ordem de 180 a 280 kg por tonelada de cana esmagada (Rogério et al., 2011). De acordo com levantamento realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2013),

foram produzidos no Brasil 163,4 milhões de toneladas de bagaço de cana-de-açúcar na safra 2011/2012, obtidos a partir de 560,9 milhões de toneladas de cana moída.

O bagaço de cana destaca-se pelo seu potencial para ser utilizado na alimentação de ruminantes, em contrapartida, apresenta baixa qualidade nutricional, em virtude dos baixos teores de proteínas e minerais e à elevada quantidade de fibra de baixa digestibilidade, o que pode reduzir o consumo de matéria seca e o desempenho animal (Pimentel et al., 2015).

Gomes et al. (2013), trabalhando com bagaço de cana-de-açúcar (BCA) na dieta de caprinos e ovinos, encontraram baixos teores de proteína bruta (3,78%) e altas proporções das frações fibrosas na composição do BCA, apresentando 80,02% de fibra em detergente neutro (FDN), 51,17% de fibra em detergente ácido (FDA), 40,45% de celulose, 28,85% de hemicelulose e 10,72% de lignina, com base da matéria seca.

Silva et al. (2015) avaliaram os efeitos de diferentes níveis (40, 50, 60, 70 e 80%) de concentrado em dietas de ovinos, tendo como volumoso o bagaço de cana. A dieta contendo menor nível de concentrado e maior proporção de bagaço de cana apresentou os maiores teores de FND e FDA, no entanto, foram verificados menores teores de carboidratos não fibrosos. Esses resultados confirmam a alta presença dos constituintes fibrosos no bagaço de cana-de-açúcar.

Os mesmos autores destacam que na região Nordeste do Brasil o bagaço da cana-de-açúcar é um volumoso de uso generalizado em virtude da proximidade das propriedades com as regiões produtoras de cana-de-açúcar, e ao ser adicionado em dietas de ruminantes em conjunto com a palma forrageira, contorna a falta de efetividade da fibra desta cactácea.

Pessoa et al. (2014), avaliaram a associação da palma forrageira ao bagaço de cana-de-açúcar e ureia em dietas de vacas da raça Girolando, suplementadas ou não. A dieta controle (sem suplemento) foi composta de 67,4% de palma forrageira, 27,9% de bagaço de cana, 2,7% de mistura ureia:sulfato de amônio (9:1) e 2,0% de mistura mineral. Os teores de FDN corrigido para cinzas e proteína (FDNcp) encontrados na palma forrageira, no bagaço de cana e na ração controle foram 28,70, 81,22 e 42,03% (base da MS), respectivamente. A utilização do bagaço de cana, juntamente com a palma, melhorou os teores de FDNcp na dieta controle, confirmando que o bagaço pode ser uma boa alternativa para associação com a palma.

É importante destacar que a baixa digestibilidade do bagaço de cana-de-açúcar, atribuída ao seu elevado teor de fibras, é um fator limitante para o seu uso na

alimentação animal (Ahmed et al. 2013). Entretanto, alguns tratamentos são realizados com o intuito de melhorar a utilização do bagaço de cana-de-açúcar e de outros subprodutos vegetais, que podem ser físicos e/ou químicos. Entre os tratamentos físicos, destacam-se a moagem e o tratamento térmico, e, entre os químicos, são utilizados produtos alcalinos, como a ureia, a amônia anidra e o hidróxido de sódio (NaOH) (Pires et al., 2006).

1.2.3 Amonização de forragens de baixa qualidade

A melhoria do valor nutritivo de volumosos de baixa qualidade pode ser realizada por meio de tratamentos químicos como a amonização (Rocha et al., 2006), sendo que o uso da amônia anidra (NH_3) ou da ureia recebem maior atenção (Oliveira et al, 2011a).

A amonização de forragens destaca-se pelas vantagens que apresenta, quanto à facilidade na aplicação, não poluir o ambiente, fornecer nitrogênio não proteico, provocar decréscimo no conteúdo de fibra em detergente neutro (FDN), favorecer a solubilização parcial da hemicelulose, aumentar o consumo e a digestibilidade, além de conservar as forragens com alto teor de umidade (Rosa & Fadel, 2001).

Existem diferentes fatores que afetam o processo de alcalinização, tais como concentração da dose, a qualidade da forragem, os níveis de umidade, a duração do tratamento e da temperatura ambiente (Ferreira e Zanine, 2013). Em geral, tem sido observado que doses maiores que 4% de NH_3 e 7,5% de ureia, com base na matéria seca, normalmente, não são usados, dado que a partir destas doses não são observadas melhorias na qualidade das forragens (Pires et al. 2010). Os mesmos autores ainda destacam que, em se tratando da umidade do material tratado com ureia, tem-se verificado resultados satisfatórios para os valores entre 30 e 50% de umidade. Já com relação ao período de tratamento e a temperatura ambiente, os estudos apontam que em temperaturas mais elevadas, em torno de 30 °C, o período para a amonização pode ser uma semana, já quando a temperatura é inferior como 5 °C seria pelo menos dois meses para a amonização ser eficaz.

Rocha et al.(2006) destacam que em muitas regiões as amônias líquida ou anidra não estão disponíveis, sendo de difícil aquisição e manuseio. Deste modo, uma alternativa é a utilização da ureia, um sólido cristalino produzido industrialmente a partir da amônia e do dióxido de carbono, e que contém 45% de nitrogênio,

apresentando a propriedade de se hidrolisar facilmente em água formando a amônia, na presença da enzima urease. Além disso, a ureia possui alta disponibilidade no mercado, fácil transporte, apresenta baixos riscos de intoxicação, facilidade no manuseio e baixo custo.

De acordo com Garcia & Pires (1998) ocorrem dois processos conjuntos dentro da massa da forragem tratada com ureia: inicialmente acontece o processo denominado ureólise, que transforma a ureia em amônia, e o posteriormente, a amônia formada gera os efeitos na parede celular da forragem.

Williams et al. (1984) destacam que a urease produzida pelas bactérias “ureolíticas”, durante o tratamento de palhadas e outros resíduos, é suficiente, pelo menos em determinadas condições onde a umidade não é limitante. A adição de urease seria necessária somente em casos específicos de forragens muito secas e sem possibilidade de serem umedecidas. Contudo, alguns fatores devem favorecer a atividade da bactéria e de sua enzima, como a umidade e a temperatura, e suas interações. Segundo Sundstol e Coxworth (1984) e Williams et al. (1984), a atividade da enzima urease presente nos volumosos é máxima quando o conteúdo de umidade da forragem varia de 25 a 30%.

De acordo com Goto e Yokoe (1996), a amonização possui dois efeitos para o aumento da degradabilidade do material tratado. O primeiro, referente ao fato da amônia ser um álcali, limita-se à ruptura das ligações éster interpolímeros. Com isso, ocorre um afrouxamento na estrutura da parede celular, que pode ser verificado pelo maior grau de hidratação da parede. O segundo trata-se da habilidade da amônia formar complexo com a celulose, reduzindo assim, sua cristalinidade.

Pires et al. (2010) relataram que os efeitos da amonização são mais acentuados em forragens que tenham baixo valor nutritivo, em comparação com aquelas de maior valor nutritivo, uma vez que é evidente que ocorra diminuição da parede celular e aumento na digestibilidade do volumoso que contém altos teores de FDN e baixa digestibilidade

Oliveira et al. (2011a), avaliaram o efeito de diferentes doses de ureia e soja grão moída, como fonte de urease, sobre a composição química do bagaço de cana-de-açúcar amonizado, sendo utilizados 4 níveis de ureia (2, 4, 6 e 8%, base da matéria seca), 3 níveis de soja grão moída (0, 2 e 4%, base da matéria seca) no bagaço de cana-de-açúcar armazenado por um período de 52 dias. Houve redução dos teores de FDN, FDA, celulose, hemicelulose e lignina e aumento dos teores de PB com o aumento das doses

de ureia no processo de amonização do bagaço de cana-de-açúcar. De acordo com os autores a utilização da soja grão moída, como fonte de urease, na amonização do bagaço de cana-de-açúcar, foi eficiente na redução dos níveis de FDN apenas para as doses de 2 e 4% de ureia, sugerindo que para doses superiores a estas (6 e 8%) não seria necessária a aplicação de uma fonte extra de urease.

De acordo com Pessoa et al. (2013), devido aos altos teores de carboidratos não fibrosos e baixos teores de nitrogênio presentes na palma forrageira, esta também pode estar associada à ureia com o objetivo de aumentar o seu teor proteico. Ferreira et al. (2012) afirmam que associação da palma forrageira e ureia representa uma opção viável, pois fornece energia e nitrogênio suficientes para os microrganismos no rúmen. A alta concentração de hidratos de carbono solúveis na palma facilita a incorporação de nitrogênio na proteína microbiana, que é a principal fonte de proteína metabolizável para o animal hospedeiro.

Pires et al. (2004), estudando a degradabilidade da matéria seca e dos constituintes da parede celular do bagaço de cana-de-açúcar tratado com 4% de amônia anidra (NH_3) e, ou, 2,5% de sulfeto de sódio (Na_2S), verificaram que degradabilidade da matéria seca variou de 38,3 a 65,5%, após período de incubação de 96 horas, respectivamente, para o bagaço sem tratamento e o bagaço tratado com NH_3 . Maiores valores para as degradabilidades efetivas da MS, FDN e FDA foram verificados para o bagaço tratado com NH_3 , não havendo influência do Na_2S sobre as frações estudadas, enquanto, para a degradabilidade efetiva da MS, os resultados foram semelhantes. Os autores relataram que a amônia anidra mostrou-se mais eficiente no tratamento de volumosos de baixa qualidade, promovendo aumento da degradabilidade nas frações fibrosas, independentemente do sulfeto de sódio.

1.2.4 Ensilagem

A ensilagem é uma alternativa muito empregada nos sistemas de criação animal, sendo compreendida como a preservação de forragens úmidas, recém-colhidas ou pré-secadas, com elevado valor nutritivo, para serem administradas nas épocas de escassez de alimentos. O processo é baseado na conversão de carboidratos solúveis em ácidos orgânicos, principalmente lactato, por bactérias ácido-láticas (BAL), resultando no abaixamento do pH e preservação do material (Santos e Zanine, 2006). Deste processo

obtemos a silagem, que é a forragem verde, succulenta, conservada por meio de um processo de fermentação (McDonald et al., 1991).

A qualidade da silagem depende de fatores relacionados à espécie vegetal utilizada e ao manejo realizado ao longo do seu processo de conservação (Loures et al. 2003).

Com relação ao potencial da planta para ensilagem, devem ser considerados o nível de matéria seca, que deve ser aproximadamente 30%, o teor de carboidratos solúveis (6-8% na MS) e o baixo poder tampão, para que não ofereça resistência à redução do pH, o qual deve apresentar valores entre 3,8 e 4,2 (McDonald et al., 1991).

Para Santos et al. (2010), os fatores relacionados ao manejo que afetam a qualidade da silagem são o tamanho da partícula, compactação, emurchecimento e aditivos. Dentre tais fatores, a compactação do material ensilado recebe atenção por estar relacionada à expulsão do ar e estabelecimento das condições de anaerobiose no interior do silo (Tavares et al., 2009).

No processo de ensilagem, a ausência de oxigênio é necessária para obtenção de uma fermentação satisfatória (Amaral et al., 2007). De acordo com Tavares et al. (2009), a presença de oxigênio, decorrente da entrada de ar durante o período de estocagem ou na abertura do silo, promove o crescimento de microrganismos aeróbios, que utilizam vários substratos derivados diretamente da forragem ou indiretamente da fermentação, resultando em perda de nutrientes e diminuição no valor nutritivo das silagens.

Maiores densidades de compactação promovem maior expulsão do oxigênio da massa ensilada, reduzindo a respiração, evitando assim perdas excessivas de MS e energia, decorrente da oxidação de açúcares solúveis. Uma respiração prolongada propicia o atraso na queda do pH, em virtude da redução do substrato necessário à produção de ácidos orgânicos, possibilitando que a atividade de enzimas da planta e de microrganismos deletérios continue. Por fim, a respiração produz calor, podendo aumentar a formação de produtos de Maillard, incluindo o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) (Muck, 1988).

Amaral et al. (2007), estudando silagens de capim-marandu produzidas com quatro pressões de compactação (100, 120, 140 e 160 kg MS/m³) durante a ensilagem, observaram que as silagens com maiores compactações houve menor intensidade de produção de gases e maior preservação dos teores de MS das silagens. Os valores de pH das silagens mais bem compactadas foram reduzidos em comparação aos daquelas com

menor compactação, indicando que a maior densidade promoveu melhor ambiente para as bactérias produtoras de ácido lático.

1.3 Referências Bibliográficas

AGUIAR, M.S.M.A.; SILVA, F.F.; DONATO, S.L.R.; RODRIGUES, E.S.O.; COSTA, L.T.; MATEUS, R.G.; SOUZA, D.R.; SILVA, V.L. Palma forrageira em dietas de novilhas leiteiras confinadas: desempenho e viabilidade econômica. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.2, p.1013-1030, 2015.

AHMED, M.H.; BABIKER, S.A.; ELSEED, A.E.M.F.; MOHAMMED, A.M. Effect of Urea-treatment on Nutritive value of Sugarcane Bagasse. **Journal of Science and Technology**, v.3, n.8, p.834-838, 2013.

ALMEIDA, R.F. Palma Forrageira na Alimentação de Ovinos e Caprinos no Semiárido Brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7, n.4, p.08-14, 2012.

AMARAL, R.D.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A. Características fermentativas e químicas de silagens de capim-marandu produzidas com quatro pressões de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.532-539, 2007.

BEZERRA, H.F.C.; SANTOS, E.M.; OLIVEIRA, J.S.; PINHO, R.M.A.; PERAZZO, A.F.; SILVA, A.P.G.; RAMOS, J.P.F.; PEREIRA, G.A. Buffel Grass hays ammoniated with urea. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.15, n.3, p.561-569, 2014.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Perfil do Setor do Açúcar e do Alcool no Brasil**. Safra 2011/2012. Brasília, 2013. 86p.

FERREIRA, M.A.; SILVA, F.M.; BISPO, S.V.; AZEVEDO, M. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semi-árido do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.322-329, 2009a. (Suplemento especial).

FERREIRA, M.A.; SILVA, R.R.; RAMOS, A.O.; VÉRAS, A.S.C.; MELO, A.A.S.; GUIMARÃES, A.V. Síntese de proteína microbiana e concentrações de ureia em vacas alimentadas com dietas à base de palma forrageira e diferentes volumosos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.159-165, 2009b.

FERREIRA, M.A.; BISPO, S.V.; ROCHA FILHO, R.R.; URBANO, S.A.; COSTA, C.T.F. The use of cactus as forage for dairy cows in semi-arid regions of Brazil. **Organic Farming and Food Production**. 2012. 169p.

FERREIRA, D.J.; LANA, R.P.; ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M.; VELOSO, C.M.; RIBEIRO, G.A. Silage fermentation and chemical composition of elephant grass inoculated with rumen strains of *Streptococcus bovis*. **Animal Feed Science and Technology**, v.183, n.1, p.22-28, 2013.

FERREIRA, D.J.; ZANINE, A.M. Comparison between levels of sodium hydroxide and urea in hay guinea grass haylage. **Scientific Journal of Animal Science**, v.2, n.10, p.277-284, 2013.

GARCIA, R.; PIRES, A.J.V. Tratamento de volumosos de baixa qualidade para utilização na alimentação de ruminantes. In: Congresso nacional dos estudantes de zootecnia, n, 1998, Viçosa. **Anais...** Viçosa:AMEZ, p.33-60, 1998.

GUILHERME, A.A.; DANTAS, P.V.F.; SANTOS, E.S.; FERNANDES, F.A.N.; MACEDO, G.R. Evaluation of composition, characterization and enzymatic hydrolysis of pretreated sugar cane bagasse. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v.32, n.1, p.23-33, 2015.

GOMES, G.M.F.; VASCONCELOS, A.M.; EGITO, A.S.; LIMA, A.R.; CARNEIRO, J. D.C.; LANDIM, A.V.; FONTELES, N.L.O.; SALLES, H.O. Degradabilidade in situ do bagaço de cana-de-açúcar para pequenos ruminantes de raças naturalizadas do Nordeste brasileiro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, n.6, p.1792-1800, 2013.

GOTO, M.; YOKOE, Y. Ammoniation of barley straw. Effect on cellulose crystallinity and water-holding capacity. **Animal Feed Science and Technology**, v.58, n.3/4, p.239-247, 1996.

HOFFMANN, T.; SCHEMEL, H.; FÜRLL, C. Compaction of grass silage taking vibrating stresses into account. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, v.15, n.1, p.114-123, 2013.

LEITE, M.L.M.V.; SILVA, D.S.; ANDRADE, A.P.; PEREIRA, W.E.; RAMOS, J.P.F. Caracterização da produção de palma forrageira no cariri paraibano. **Revista Caatinga**, v.27, n.2, p.192-200, 2014.

LIMA, A.G.V.O.; COSTA, R.G.; BELTRÃO FILHO, E.M.; MEDEIROS, A.N.; MORAIS, D.M.A.; VITOR, I. Utilização da palma forrageira (*Opuntia ficus - indica* Mill.) em substituição ao farelo de milho por cabras em lactação e sua contribuição como fonte de água. **Revista Científica de Produção Animal**, v.12, n.1, p.64-67, 2010.

LOURES, D.R.S.; GARCIA, R.; PEREIRA, O.G.; CECON, P.R.; SOUZA, A.L.D. Características do efluente e composição químico-bromatológica da silagem de capim-elefante sob diferentes níveis de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1851-1858, 2003.

McDONALD, P.; HERDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. In: **The biochemistry of silage**. 2. ed. Malow: Chalcombe Publications, p.167-249, 1991.

MELO FILHO, J.F.; SOUZA, A.L.V. O manejo e a Conservação do solo no Semi-árido baiano: desafios para a sustentabilidade. **Revista Bahia Agrícola**, v.7, n.3, p.50-60, 2006.

MOREIRA FILHO, M.A.; ALVES, A.A.; VALE, G.E.S.; MOREIRA, A.L.; ROGÉRIO, M.C.P. Nutritional value of hay from maize-crop stubble ammoniated with urea. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.4, p.893-901, 2013.

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

OLIVEIRA, S.C.; CAVALCANTE FILHO, F.N.; RANGEL, A.H.N.; LOPES, K.B.P. A palma forrageira: alternativa para o semi-árido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.6, n.3, p.49-58, 2011b.

OLIVEIRA, T.S.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; REIS, S.T.; AGUIAR, E.F.; SOUZA, A.S.; SILVA, G.W.V.; DUTRA, E.S.; SILVA, C.J.; ABREU, C.L.; BONALTI, F.K.Q. Composição química do bagaço de cana-de-açúcar amonizado com diferentes doses de ureia e soja grão. **Archivos de zootecnia**, v.60, n.231, p.625-635, 2011a.

PESSOA, R.A.S.; FERREIRA, M.A.; SILVA, F.M.; BISPO, S.V.; WANDERLEY, W.L.; VASCONCELOS, P.C. Diferentes suplementos associados à palma forrageira em dietas para ovinos: consumo, digestibilidade aparente e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, n.3, p.508-517, 2013.

PESSOA, R.A.S.; LEÃO, M.I.; FERREIRA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; SANTOS, D.C.; SILVA, F.M. Desempenho leiteiro de vacas alimentadas com palma forrageira, bagaço de cana-de-açúcar e ureia associados a diferentes suplementos. **Revista Científica de Produção Animal**, v.12, n.1, p.93-97, 2014.

PIMENTEL, P.R.S., BRANT, L.M.S., ROCHA JUNIOR, V.R.; REIS, S.T.; ALVES, D.D.; CASTRO, A.L.O. Composição química do bagaço de cana-de-açúcar tratado com óxido de cálcio. **Revista Científica de Produção Animal**, v.17, n.1, p.61-68, 2015.

PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; RIBEIRO, L.S.O. Chemical treatment of roughage. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.192-203, 2010.

PIRES, A.J.V.; GARCIA, R.; VALADARES FILHO, S.C.; PEREIRA, O.G.; CECON, P.R.; SILVA, F.; SILVA, P.A.; VELOSO, C.M. Novilhas alimentadas com bagaço de cana-de-açúcar tratado com amônia anidra e, ou, sulfeto de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.1078-1085, 2004.

PIRES, A.J.V.; REIS, R.A.; CARVALHO, G.G.; SIQUEIRA, G.R.; BERNARDES, T.F. Bagaço de cana-de-açúcar tratado com hidróxido de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.953-957, 2006.

ROCHA, F.C.; GARCIA, R.; FREITAS, A.W.P.; BERNARDINO, F.S.; ROCHA, G.C. Ammoniation on the bromatological composition and “in vitro” digestibility of elephant-grass silage. **Revista Ceres**, v.53, n.306, p.228-233, 2006.

ROGÉRIO, M.C.P.; COSTA, H.H.A.; XIMENES, L.J.; NEIVA, J.N.M. Utilização de subprodutos agroindustriais na alimentação de novilhas leiteiras. **Embrapa Caprinos e Ovinos-Capítulo em livro técnico-científico (ALICE)**, 2011. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/906661>. Acesso em: 16 nov. 2015.

ROSA, B.; FADEL, R. Uso de amônia anidra e de ureia para melhorar o valor alimentício de forragens conservadas. **Simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas**, v.1, p.41-63, 2001.

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

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

SARAIVA, C.A.S.; GONZAGA NETO, S.; QUEIROZ, M.F.S.; HENRIQUES, L.T.; SARAIVA, E.P.; ALBUQUERQUE, R.P.F.; FONSECA, V.F.C.; NASCIMENTO, G.V. Forage cactus associated with different fiber sources for lactating Sindhi cows: intake, digestibility and microbial protein production. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.43, n.10, p.530-536, 2014.

SILVA, A.E.M.; LIRA, A.T.; FERREIRA, M.A., BARROS, L.J.A.; MELO, T.T.B.; SIQUEIRA, T.D.Q.; SOARES, L.F.P.; COSTA, C.T.F. Bagaço de cana-de-açúcar como volumoso exclusivo em dietas para ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.16, n.1, p.118-129, 2015.

SUNDSTOL F. COXWORTH E.M. Ammonia treatment. **In**: SUNDSTOL, F.; OWEN, E. (Eds.). Straw and other fibrous products as feed. Amsterdam: Elsevier, 1984. p.196-247.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ª edição. Artmed Editora S.A. 2013. 918p.

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

WILLIAMS, P.E.V.; INNES, G.M.; BREWER, A. Ammonia treatment of straw via hydrolysis of urea. I. Effects of dry matter and urea concentrations on the rate of hydrolysis of urea. **Animal Feed Science Technology**, v.11, n.2, p.115-124, 1984.

II – OBJETIVO GERAL

Avaliar as perdas, as características fermentativas, a composição químico-bromatológica, bem como a degradabilidade ruminal da silagem do bagaço de cana-de-açúcar associado à palma forrageira com ou sem ureia, sob diferentes compactações.

III - MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *Campus* Juvino Oliveira, Itapetinga-Bahia. A palma forrageira (*Nopalea cochenilifera*) foi colhida manualmente do campo agrostológico da UESB e o bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) *in natura* foi obtido de engenho artesanal de produção de aguardente, proveniente da Fazenda Bela Vista, no município de Encruzilhada, Bahia.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 4, com 5 repetições, composto dos fatores ureia (0 ou 6% base da MS) e compactação (500, 600, 700 e 800 kg de material *in natura*/m³).

A palma e o bagaço da cana foram picados individualmente em máquina forrageira, regulada para corte da forragem em partículas de aproximadamente 2 cm. Em seguida, o material foi armazenado na proporção de 1:1 de bagaço e palma em silos de PVC com 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro, providos de válvula de Bunsen para saída de gases oriundos da fermentação.

No fundo de cada silo foi colocado 1 kg de areia seca, com o intuito de captação do efluente produzido durante o processo de ensilagem, separada da forragem por uma tela a fim de evitar contaminação da forragem ensilada com a areia.

Durante a mistura do bagaço com a palma foi feita a adição de ureia para os tratamentos que receberam 6% na base da MS.

Determinou-se a quantidade de forragem necessária para obtenção da densidade desejada considerando o volume do silo e descontando-se o espaço ocupado pela areia. Deste modo, cada tratamento recebeu 1.600, 1.920, 2.240 e 2.560 g de forragem de acordo com os níveis de compactação 500, 600, 700 e 800 kg/m³, respectivamente.

A compactação do material foi realizada utilizando bastões de cimento objetivando atingir as compactações avaliadas. Posteriormente, os silos foram vedados, pesados e armazenados em temperatura ambiente e local protegido de luz solar e chuva.

As amostras de material original de palma *in natura*, bagaço de cana *in natura*, e das silagens foram imediatamente congeladas para posteriores análises laboratoriais.

Decorridos 240 dias, os silos foram pesados para determinação das perdas por gases, e em seguida foram abertos, procedendo-se as coletas das amostras.

As perdas de MS por gases, efluentes e a recuperação de MS foram determinadas conforme metodologia de Jobim et al. (2007).

Uma amostra de cada silo foi pesada e mantida em estufa de pré-secagem à temperatura de 55°C até que o peso permanecesse constante. Em seguida foram moídas em moinho de facas tipo *Willey* com peneira de malha de 1 mm e armazenadas em potes plásticos devidamente identificados e submetidas às análises laboratoriais.

Os teores de matéria seca (MS; Método INCT-CA G-003/1), matéria mineral (MM; Método INCT-CA M-001/1), nitrogênio total (NT; Método INCT-CA N-001/1), extrato etéreo (EE; Método INCT-CA G-004/1), fibra em detergente neutro (FDN; Método INCT-CA F-002/1), fibra em detergente neutro isenta de cinza e proteína (FDNcp; sendo que para correção de cinzas foi adotada o método INCT-CA M-002/1 e para a correção da proteína foi utilizado o método INCT-CA n-004/1); fibra em detergente ácido (FDA; Método INCT-CA F-004/1) e lignina (Método INCT-CA F-00X/1, segundo metodologias descritas por Detmann et al. (2012) e nutrientes digestíveis totais (NDT), conforme a metodologia proposta por Weiss et al. (1999), com as modificações sugeridas pelo NRC (2001), representadas pelas equações abaixo:

$$\text{NDT} = \text{CNFD} + \text{PBD} + (\text{AGD} \times 2,25) + \text{FDND} - 7,$$

sendo:

$$\text{CNFD} = 0,98 \{ 100 - [(\text{FDN} - \text{PIDN})^* + \text{PB} + \text{EE} + \text{Cinza}] \} \times \text{FAP};$$

$$\text{PBD} = \text{PB} [-1,2 \times (\text{PIDA}/\text{PB})];$$

$$\text{AGD} = \text{AG} = \text{EE} - 1. \text{ Se } \text{EE} < 1, \text{ AG} = 0;$$

$$\text{FDND} = 0,75 \times [(\text{FDN} - \text{PIDN})^* - \text{Lig}] \times \{ 1 - [\text{Lig}/(\text{FDN} - \text{PIDN})^*] \} 0,667 \}$$

em que: CNFD = carboidratos não fibrosos verdadeiramente digestíveis; PBD = proteína bruta verdadeiramente digestível; AGD = ácidos graxos verdadeiramente digestíveis; FDND = FDN verdadeiramente digestível; PIDN= proteína insolúvel em detergente neutro; FAP = Fator de ajuste de processamento, neste caso igual a 1; PIDA = proteína insolúvel em detergente ácido; Lig = Lignina.

* Se a FDN for determinado adicionando-se sulfito de sódio, não subtrair o PIDN.

A composição química dos materiais *in natura* e do bagaço de cana e palma com e sem ureia antes da ensilagem pode ser verificada na Tabela 1.

As frações de carboidratos foram obtidas como descrito a seguir: a porcentagem de carboidratos totais (CHT) foi determinada pela equação: $\text{CHT} = 100 - ((\text{PB} - \text{PBu} + \text{U}) + \text{EE} + \text{MM})$. Os carboidratos fibrosos (CF) foram obtidos a partir da FDN corrigida para

Tabela 1- Composição químico-bromatológica do bagaço de cana-de-açúcar *in natura*, da palma forrageira e do bagaço de cana mais palma com e sem ureia, antes da ensilagem.

Nutriente	Bagaço de cana-de-açúcar	Palma forrageira	Bagaço+Palma sem ureia	Bagaço+Palma com ureia
MS (%)	52,4	10,8	33,0	33,9
PB ¹	4,1	7,6	5,3	18,9
EE ¹	0,5	1,3	0,9	0,9
FDAc ¹	47,0	19,6	38,2	40,2
FDNcp ¹	60,3	35,9	56,6	52,4
Hemicelulose ¹	12,7	17,4	18,0	11,5
Celulose ¹	31,1	12,6	29,1	25,1
Lignina ¹	7,3	1,3	6,6	5,4
CHT ¹	93,2	78,3	89,7	86,6
CNF ¹	32,9	41,4	33,2	34,0
NIDN ²	16,0	23,0	22,5	5,7
NIDA ²	12,8	18,9	20,1	4,3
NNP ²	29,9	42,3	36,9	68,4
MM ¹	2,2	12,9	4,1	4,1
NDT ¹	65,3	66,3	64,1	67,0

¹valores em percentagem da matéria seca; ²valores em percentagem do nitrogênio total; MS: matéria seca; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDAcp: fibra em detergente ácido corrigido para cinzas e proteínas; FDNcp: fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas; CHT: carboidratos totais; CNF: carboidratos não fibrosos; NIDN: nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA: nitrogênio insolúvel em detergente ácido; NNP: nitrogênio não protéico; MM: matéria mineral; e NDT: nutrientes digestíveis totais.

seu conteúdo de cinzas e proteínas (FDNcp); assim, as frações A+B1 que representa os carboidratos não-fibrosos (CNF) foram estimados segundo a equação: $CNF = 100 - [MM + EE + FDNcp + (PB - Pbu + U)]$ em que: CNF = teor de carboidratos não fibrosos; MM = teor de matéria mineral; PB = teor de proteína bruta; EE = teor de extrato etéreo; FDNcp = teor de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; Pbu = proteína bruta oriunda da ureia; e U = teor de ureia; e a fração C que corresponde a fibra indigerível, através da multiplicação do valor percentual da fração de lignina pelo fator 2,4. A fração B2, ou seja, a fração disponível da fibra, foi obtida pela diferença entre a FDNcp e a fração C.

A determinação das frações de proteínas foi realizada da seguinte forma: fração A (compostos nitrogenados não-protéicos), obtida pelo método do ácido tricloroacético (TCA) (Método INCT-CA N002/1). A fração B3 (proteína de degradação lenta) foi determinada através da diferença entre o nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA). A fração C (proteína indegradável e indigerível) foi obtida pelo teor de NIDA, e as frações B1+B2 (proteína verdadeira de degradação rápida e intermediária, respectivamente), foram obtidas pela

diferença entre as frações A, B3 e C, de acordo com a equação: $B1+B2 = 100 - [NNP+(NIDN-NIDA)+NIDA]$. Empregou-se o fator 6,25 para conversão dos teores nitrogenados em equivalentes protéicos.

O pH e o nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) foram determinados de acordo com a metodologia de Kung Jr. et al. (1984).

Para avaliar a cinética de degradação da matéria seca (MS) e fibra em detergente neutro (FDN), as amostras correspondentes ao nível de compactação de 700 kg de material *in natura*/m³, com e sem ureia, foram descongeladas e levadas à estufa com ventilação forçada a 60°C por 72h, moídas em moinho de facas tipo Willey com peneira de malha de 2 mm.

Foram confeccionados sacos de TNT com dimensões de 5 x 10 cm, sendo identificados e pesados em balança analítica. As amostras foram acondicionadas nos sacos, obedecendo a relação de 20 mg de matéria seca/cm² de área superficial do saco (Nocek, 1988).

A incubação ruminal foi realizada utilizando-se 3 bovinos mestiços Holandês x Zebu com peso vivo médio de 500 kg. Em cada animal foram utilizados os seguintes tempos de incubação: 0, 6, 12, 24, 48, 72, 96, 120 e 144 horas. Os sacos foram colocados no rúmen em ordem reversa quanto ao tempo de incubação, de modo que todos os sacos fossem retirados do rúmen de forma simultânea, promovendo assim, a lavagem uniforme do material. Para o tempo correspondente à zero hora, os sacos foram colocados no rúmen e retirados logo após imersão, proporcionando o contato mínimo dos microrganismos ruminais com o alimento. Após a retirada do rúmen, os sacos foram lavados com água corrente até que a mesma se apresentasse limpa e em seguida levados para estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas. Posteriormente foram pesados para determinação do desaparecimento da matéria-seca no rúmen.

As degradabilidades da matéria seca (MS) e fibra em detergente neutro (FDN) foram determinadas por diferença de peso, antes e após incubação ruminal e expresso em porcentagem. Os valores obtidos nas análises da composição bromatológica dos alimentos e dos resíduos pós-digestão ruminal para estimar a degradação foram realizados segundo metodologias descritas por Detmann et al. (2012).

A taxa de degradação da MS e FDN foi obtida através da equação proposta por Ørskov e McDonald (1979):

$$P = a + b (1 - e^{-ct})$$

em que:

“P” corresponde à degradabilidade potencial; “a” a fração solúvel em água, mas potencialmente degradável; “c” à taxa de degradação da fração b; e “t” ao período de incubação em horas. Os parâmetros não lineares, “a”, “b” e “c”, foram estimados por meio de procedimentos iterativos de quadrados mínimos. A degradabilidade efetiva (DE) da MS e FDN, no rúmen, foi calculada segundo o modelo:

$$DE: a + (b \times c / c + k)$$

em que:

“K” corresponde à taxa estimada de passagem das partículas no rúmen.

Para a estimativa das degradabilidades efetivas da MS e FDN para cada tratamento, considerou-se as taxas de passagem de 2, 5 e 8%/h, as quais podem ser atribuídas aos níveis de ingestão alimentar baixo, médio e alto, respectivamente, segundo as recomendações do Agricultural Research Council – ARC (1984).

Tabela 2- Teores médios de matéria seca (MS) e fibra em detergente neutro (FDN) do bagaço de cana-de-açúcar e palma forrageira ensilados com e sem ureia utilizados para a incubação ruminal.

Nutrientes	Sem ureia	Com ureia
MS	23,1	23,4
FDN ¹	77,3	77,0

¹valores em percentagem da MS.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo que as médias das silagens com e sem ureia foram comparadas pelo teste “t”; a 5% de probabilidade, com estudo de regressão para as variáveis em relação aos graus de compactação, além da avaliação de possíveis interações entre esses fatores, sendo esta desdobrada ou não de acordo com sua significância, utilizando o programa operacional SAEG 9.1 (Ribeiro Jr, 2007).

IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação foi significativa ($P < 0,05$) para N-NH₃ em relação ao nitrogênio total (NT) (Tabela 3). As silagens com ureia apresentaram maiores valores de N-NH₃, em relação às silagens sem ureia independente do grau de compactação aplicado. Tal fato já era esperado, uma vez que em forragens tratadas com ureia ocorre o processo de

ureólise, onde a ureia é desdobrada para a produção de amônia na presença da enzima urease (Sarmiento et al., 1999), proporcionando assim aumento no teor de N-NH₃.

Tabela 3- Perdas por gases (% da MS), perdas por efluente (kg/tonelada MV), recuperação da MS (%), pH e N-NH₃ do bagaço de cana-de-açúcar e palma forrageira ensilados com ou sem ureia e suas respectivas equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R²).

Ureia (% da MS)	Compactação (kg/m ³)				Média	Equação	P
	500	600	700	800			
Perdas por gases (% da MS)							
0	13,7	12,7	12,6	13,1	13,0a	-	0,0185
6	12,7	12,0	11,5	12,5	12,2b	-	
Média	13,7	12,4	12,1	12,8		1	
CV	8,8						
P							
Perdas por efluente (kg/ton)							
0	19,2	19,1	29,1	40,6	27,0a	-	
6	18,1	19,3	25,7	47,2	27,6a	-	
Média	18,7	19,2	27,4	43,9		2	
CV	25,1						
P	0,0000						
Recuperação de matéria seca (%)							
0	61,5	64,3	61,9	61,8	62,4b	-	0,0011
6	63,1	68,3	65,2	67,3	66,0a	-	
Média	62,3	66,3	63,6	64,6		NS	
CV	5,0						
P							
pH							
0	3,8	3,7	3,7	3,8	3,8b	-	0,0000
6	4,5	4,6	4,4	4,2	4,4a	-	
Média	4,2	4,2	4,1	4,0		NS	
CV	6,6						
P							
N-NH₃/NT(%)							
0	6,1b	6,5b	5,2b	2,8b	5,2	NS	
6	37,1a	32,1a	20,4a	20,7a	27,6	3	
Média	21,6	19,3	12,8	11,8			
CV	31,5						
P	0,0063						

Letras minúsculas diferentes nas colunas diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de "t"; NS: não significativo ao nível de 5% de probabilidade (análise de regressão).

1- $\hat{Y} = 29,2770 - 0,05143X + 0,000039X^2$ R²=0,98;

2- $\hat{Y} = 135,5275 - 0,432375X + 0,000397X^2$ R²=0,99.

3- $\hat{Y} = 67,0640 - 0,0607X$ R²=0,88.

A análise de regressão para o efeito de compactação permitiu o ajuste do modelo linear decrescente para os tratamentos com adição de ureia, sendo possível estimar uma redução de 0,0607 unidades percentuais de N-NH₃ para cada 1 kg/m³ de aumento na

compactação. Já para os tratamentos sem ureia nenhum modelo foi ajustado. As maiores concentrações de N-NH₃ podem indicar maior intensidade de proteólise, principalmente pela degradação de aminoácidos por clostrídeos proteolíticos (McGechan, 1989). Os resultados verificados neste estudo são semelhantes aos relatados por Tavares et al. (2009) que observaram reduções de 1,47% nos teores de N-NH₃ em silagens de capim-Tanzânia conforme aumentou a compactação de 400 para 900 kg/m³. Velho et al. (2007) avaliando o efeito das densidades de compactação, 500 e 600 kg de matéria verde/m³ de massa ensilada, sobre a qualidade da silagem de milho também verificaram reduções nos teores de N-NH₃ com o aumento do grau de compactação.

Para perdas por gases, perdas por efluentes, recuperação de matéria seca (MS) e pH não foi constatada influência ($P > 0,05$) da interação.

As perdas por gases foram influenciadas ($P < 0,05$) pela ureia e compactação. A menor produção de gases foi verificada nos tratamentos com adição de 6% de ureia, independente do grau de compactação aplicado. A avaliação do efeito de compactação verificou que esta variável ajustou-se ao modelo quadrático. Constatou-se que a compactação que permitiu a menor produção de gases (12,32%) foi de 659,3 kg/m³.

A menor perda de gases pode está associada ao perfil e ao tipo de fermentação ocorrido durante o processo de ensilagem (McDonald et al., 1991; Balsalobre et al., 2001). De acordo com McDonald et al. (1991), quando a fermentação ocorre via bactérias homofermentativas, utilizando a glicose como substrato para produzir lactato, são verificadas menores perdas.

Amaral et al. (2007), avaliando silagens de capim-marandu (*Brachiaria brizantha*) produzidas com quatro pressões de compactação (100, 120, 140 e 160 kg MS/m³) observaram menor intensidade na produção de gases nas silagens com maiores pressões de compactação.

As perdas por efluentes, não foram influenciadas pela adição de ureia, no entanto foi verificado efeito quadrático ($P < 0,05$) em função da compactação. O valor mínimo estimado foi de 17,8 kg/ton de matéria verde para o grau de compactação de 544,5 kg/m³ (Tabela 3). Isso pode ser justificado pela maior pressão por área, levando a uma maior ruptura celular e, conseqüentemente, à captação de maior quantidade de efluente pela areia colocada no fundo do silo. McDonald et al. (1991) destacam que o efluente das silagens produzido durante o processo de conservação da forragem representa uma das formas de perdas do valor nutritivo, pois apresenta grande

quantidade de compostos orgânicos, como açúcares, ácidos orgânicos, proteínas e outros componentes. Loures et al. (2003) trabalharam com capim-elefante ensilado sob diferentes compactações (356,67; 446,67; 531,33; 684,00 e 791,00 kg/m³) e constataram maiores perdas de efluente quando intensificou-se os graus de compactação.

A recuperação da MS foi influenciada ($P < 0,05$) apenas pelo fator ureia. As silagens com adição de ureia obtiveram maior recuperação de MS (66,0%) em comparação às silagens sem ureia (62,4%) (Tabela 3). Isso se deve ao fato da ureia possuir características que controlam o crescimento de microrganismos, fazendo com que reduzam o uso de açúcares ou desenvolvimento de bactérias indesejáveis. De forma semelhante, Siqueira et al. (2007) observaram maior recuperação de MS para as silagens com adição de 1,5% de ureia (72,8%) comparadas à silagem sem adição de ureia (67,5%). De acordo com Pedroso et al. (2005), a recuperação de MS tem alta correlação com as perdas por gases (98,4%). Assim a maior recuperação de matéria seca observada nas silagens com ureia pode estar relacionada à menor produção de gases dessas silagens.

O pH não foi influenciado pelos graus de compactação. A adição de ureia elevou o pH das silagens, sendo observado valor médio de pH de 3,8 e 4,4 para as silagens sem ureia e com ureia, respectivamente (Tabela 3). A elevação do pH em silagens amonizadas ocorre pelo fato da amônia ser uma base com alta capacidade tamponante, evitando, assim, que a produção de ácido provoque queda acentuada do pH (Rocha et al., 2006).

Os valores de pH observados neste trabalho estão próximos aos recomendados por Mc Donald et al. (1991), os quais afirmam que para uma silagem bem conservada o valor de pH deve estar entre 3,8 e 4,2. Carvalho et al. (2006) observaram pH de 3,66, 5,48, 7,31 e 9,14, para o bagaço de cana-de-açúcar tratado com 0, 2,5, 5,0 e 7,5%, de ureia com base na matéria seca, respectivamente, sendo utilizado 1,2% de grão de soja moído como fonte de urease em cada tratamento.

A interação foi significativa ($P < 0,05$) para a variável proteína bruta (PB) (Tabela 4). Avaliando o efeito de ureia dentro dos graus de compactação, verificou-se maiores teores de PB para as silagens com ureia, em todos os graus de compactação estudados.

Tabela 4- Teores percentuais médios da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e matéria mineral das silagens de palma forrageira e bagaço de cana-de-açúcar e suas respectivas equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2).

Ureia (% da MS)	Compactação (kg/m ³)				Média	Equação	P
	500	600	700	800			
Matéria seca (%)							
0	23,0	24,1	23,0	22,7	23,2a		
6	23,3	24,9	24,1	25,4	24,4a		
Média	23,2	24,5	23,6	24,1		NS	
CV	4,1						
P							
Proteína bruta							
0	4,8b	5,4b	4,9b	4,9b	5,0	NS	
6	20,5a	20,4a	22,9a	22,0a	21,5	1	
Média	12,7	12,9	13,9	13,5			
CV	7,9						
P							0,0179
Extrato etéreo							
0	1,5	1,5	1,5	1,6	1,5a		
6	1,2	1,3	1,3	1,4	1,3a		
Média	1,3	1,4	1,4	1,5		NS	
CV	15,2						
P							
Matéria mineral							
0	5,5	5,6	5,7	6,0	5,7a		
6	5,5	5,9	5,8	5,4	5,7a		
Média	5,5	5,8	5,8	5,7		NS	
CV	9,1						
P							

Letras minúsculas diferentes nas colunas diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de "t"; ¹valores em percentagem da MS; NS: não significativo ao nível de 5% de probabilidade (análise de regressão).

1- $\hat{Y} = 17,09 + 0,0067X$ $R^2 = 0,53$;

2- $\hat{Y} = 2,7298 + 0,0010X$ $R^2 = 0,52$.

Evidentemente, este aumento é atribuído à adição de nitrogênio não protéico (NNP) proveniente da ureia, o qual tem participação nos valores de nitrogênio total (NT) e consequentemente nos teores de PB. Entretanto, os teores de PB verificados no presente estudo, são superiores a maioria daqueles observados em trabalhos com amonização de forragens com uso de ureia. Carvalho et al. (2006), avaliando quatro doses de ureia (0, 2,5, 5 e 7,5%, com base na MS) no tratamento do bagaço de cana-de-açúcar, com adição de 1,2% de soja grão moído como fonte de urease, observaram teores de 12,98% de PB quando adicionaram 7,5% de ureia.

Provavelmente, a ausência da adição de uma fonte externa de urease, minimizou o efeito da quantidade de urease presente na palma forrageira para que o processo de ureólise ocorresse de forma satisfatória, apesar da atividade de urease da palma não ter sido medida neste estudo. Deste modo, a ausência de uma fonte extra de urease pode ter influenciado negativamente a transformação da ureia em amônia, elevando assim os teores de NT e consequentemente de PB.

Para o efeito da compactação dentro das doses de ureia, os teores de PB apresentaram comportamento linear crescente ($P < 0,05$), estimando-se incrementos de 0,0067 unidades percentuais de proteína bruta para cada 1 kg/m^3 de aumento no grau de compactação para os tratamentos com adição de ureia. No entanto, para os tratamentos sem ureia nenhum modelo foi ajustado. Os aumentos nos teores de PB verificados nas silagens com ureia quando a compactação foi aumentada podem ser explicados pela melhor fermentação ocorrida nas maiores compactações, fato que também justifica as menores concentrações de N-NH_3 (Tabela 3) observadas neste estudo.

Não foi verificada influência ($P > 0,05$) de interação, de ureia e de compactação para matéria seca (MS), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM).

Apesar dos valores de MS não apresentarem diferença significativa ($P > 0,05$), verificou-se expressiva redução nos teores de MS dos materiais ensilados quando comparados ao material *in natura* (Tabela 1), uma vez que durante o processo de ensilagem os carboidratos solúveis são convertidos em CO_2 e água (Mc Donald et al., 1991), resultando em perdas de MS.

O extrato etéreo (EE) e a matéria mineral (MM) apresentaram valores médios de 1,4 e de 5,7%, respectivamente. Segundo Carvalho et al. (2006), os valores de MM e EE normalmente não sofrem alterações pela adição de nitrogênio não protéico (NNP), como pode-se observar na tabela 1.

No que concerne aos teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), expressos com base na MS e em porcentagem do NT, observou-se interação significativa ($P < 0,05$) (Tabela 5).

Para o efeito de ureia dentro dos graus de compactação, observou-se que os maiores teores de NIDN e NIDA (% MS) ocorreram nos tratamentos com adição de ureia para todas as compactações, exceto para a compactação de 500 kg/m^3 , onde não foi observada diferença ($P > 0,05$) entre as silagens com e sem ureia.

Tabela 5- Teores percentuais médios de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) do bagaço de cana-de-açúcar e palma forrageira ensilados com ou sem ureia, e suas respectivas equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2).

Ureia (% da MS)	Compactação (kg/m^3)				Média	Equação	P
	500	600	700	800			
NIDN¹							
0	0,15a	0,13b	0,14b	0,15b	0,14	1	
6	0,16a	0,19a	0,17a	0,18a	0,18	NS	
Média	0,16	0,16	0,16	0,17			
CV	7,5						
P							0,0013
NIDA¹							
0	0,13a	0,11b	0,11b	0,13b	0,12	2	
6	0,14a	0,16a	0,14a	0,15a	0,15	NS	
Média	0,14	0,14	0,13	0,14			
CV	11,2						
P							0,0145
NIDN²							
0	19,9a	15,6a	17,4a	19,1a	18,0	3	
6	5,0b	5,7b	4,7b	5,2b	5,2	NS	
Média	12,5	10,7	11,1	12,2			
CV	10,7						
P							0,0005
NIDA²							
0	16,5a	12,5a	13,9a	16,7a	14,9	4	
6	4,3b	4,9b	3,9b	4,4b	4,4	NS	
Média	10,4	8,7	8,9	10,6			
CV	11,0						
P							0,0000

Letras minúsculas diferentes nas colunas diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de "t"; ¹valores em percentagem da MS; ²valores em percentagem do NT; NS: não significativo ao nível de 5% de probabilidade (análise de regressão).

1- $\hat{Y}=0,5198-0,001182X+0,000001X^2$ $R^2=0,99$;

2- $\hat{Y}=0,5467-0,001363X+0,000001X^2$ $R^2=0,99$;

3- $\hat{Y}=80,0250-0,19615X+0,000151X^2$ $R^2=0,83$;

4- $\hat{Y}=83,3470-0,219430X+0,000171X^2$ $R^2=0,94$.

Os aumentos dos teores de NIDN e NIDA (% MS) verificados nos tratamentos com ureia podem ser justificados pelo fato da ureia ser fonte de NNP, o qual pode incorporar-se na parede celular (Oliveira et al., 2007). Com relação ao efeito de compactação dentro de ureia, os dados ajustaram-se ao modelo quadrático, tanto para o NIDN quanto para o NIDA (% MS) nos tratamentos sem ureia, o qual permitiu estimar os valores mínimos de 0,13 e 0,08% para a compactação de 625,0 e 681,5 kg/m^3 , respectivamente. Nos tratamentos com ureia não foi observada influência ($P>0,05$) do grau de compactação sobre os parâmetros analisados.

Para NIDN e NIDA em porcentagem do NT, verificou-se menores teores nas silagens com adição de ureia, independente do grau de compactação aplicado (Tabela 5). Tal diminuição pode ser explicada pelo elevado teor de NT constatados nos tratamentos com ureia, o que levou a obtenção de menores porcentagens de NIDN e NIDA quando em função do NT. Outros autores também verificaram redução na relação NIDN/NT e NIDA/NT em forragens amonizadas com ureia (Reis, et al., 2001; Carvalho et al., 2006). Analisando o efeito da compactação dentro de ureia verificou-se que para os tratamentos sem ureia foi ajustado o modelo quadrático, tanto para NIDN/NT quanto para NIDA/NT. Assim, os valores mínimos corresponderam a 16,32 e 12,95% para os graus de compactação de 649,5 e 641,6kg/m³, respectivamente. Para os tratamentos com ureia não foi observada influência ($P>0,05$) do grau de compactação sobre os parâmetros analisados.

A redução do teor de NIDN é um indicativo de melhor valor nutritivo e de maior disponibilidade de nitrogênio para a flora microbiana, uma vez que normalmente essa fração do nitrogênio presente na fibra está complexada por ligações muito fortes, sendo que pouquíssimas quantidades são aproveitadas ou degradadas pelos microrganismos do rúmen (Carvalho et al., 2006). Por outro lado, a presença de nitrogênio indigestível ligado a fração fibrosa (NIDA) é um indicador do possível aquecimento em silagens e fenos, que podem desencadear a reação de Maillard durante a secagem no campo ou armazenamento, promovendo a polimerização da hemicelulose e de açúcares com os grupamentos amino dos aminoácidos (Van Soest, 1994; Coblenz & Hoffman, 2009).

A interação influenciou ($P<0,05$) os teores de hemicelulose e lignina (Tabela 6). Os teores de hemicelulose reduziram com a adição de ureia nas compactações de 600 e 700 kg/m³. A análise de regressão para o efeito de compactação dentro de ureia revelou comportamento quadrático para os tratamentos com ureia, estimando-se teor mínimo de 10,73% para a compactação de 640,8 kg/m³. Já para os tratamentos sem ureia, não foi constatada influência dos graus de compactação sobre os teores de hemicelulose. A redução da fração de hemicelulose já era esperada, uma vez que a amonização favorece a solubilização parcial da hemicelulose (Rosa & Fadel, 2001).

Tabela 6- Teores percentuais médios de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas (FDNcp), hemicelulose, celulose e lignina do bagaço de cana-de-açúcar e palma forrageira ensilados com ou sem ureia, e suas respectivas equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2).

Ureia (% da MS)	Compactação (kg/m ³)				Média	Equação	P
	500	600	700	800			
FDN							
0	73,4	72,6	72,1	69,9	72,0a		0,0000
6	69,7	70,0	65,9	65,0	67,7b		
Média	71,6	71,3	69,0	67,5		1	
CV	2,1						
P	0,0000						
FDA							
0	58,6	57,1	56,4	54,0	56,5a		0,0002
6	55,3	54,7	53,3	50,9	53,6b		
Média	57,0	55,9	54,9	52,5		2	
CV	4,8						
P	0,0006						
FDNcp							
0	72,3	71,6	71,1	68,7	70,9a		0,0000
6	68,5	68,7	64,7	63,7	66,4b		
Média	70,4	70,2	67,9	66,2		3	
CV	2,1						
P	0,0000						
Hemicelulose							
0	14,7a	15,4a	15,7a	15,8a	15,4	NS	4
6	14,4a	9,4b	12,6b	14,1a	12,6		
Média	14,6	12,4	14,2	15,0			
CV	15,5						
P							0,0354
Celulose							
0	37,9	38,7	36,5	35,5	37,2		5
6	38,2	41,3	36,2	34,8	37,6		
Média	38,1	40,0	36,4	35,2			
CV	9,8						
P	0,0300						
Lignina							
0	9,7a	9,2a	9,8a	10,2a	9,7	NS	6
6	9,0a	9,5a	8,5b	8,0b	8,8		
Média	9,4	9,4	9,2	9,1			
CV	8,2						
P							0,0085

Letras minúsculas diferentes nas colunas diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de "t"; ¹valores em percentagem da MS; NS: não significativo ao nível de 5% de probabilidade (análise de regressão).

1- $\hat{Y}=79,3360-0,0146X$ $R^2=0,9246$;

2- $\hat{Y}=64,6280-0,0147X$ $R^2=0,9504$;

3- $\hat{Y}=78,3050-0,0148X$ $R^2=0,9240$;

4- $\hat{Y}=78,4830-0,2114X+0,0001X^2$ $R^2=0,6836$;

5- $\hat{Y}=45,4770-0,0124X$ $R^2=0,5705$;

6- $\hat{Y}=11,4460-0,0041X$ $R^2=0,6379$.

Tavares et al. (2009), estudando o efeito de cinco graus de compactação (400, 500, 600, 700 ou 900 kg/m³) em silagens de capim-Tanzânia, verificaram que os teores de hemicelulose apresentaram comportamento cúbico, ou seja, aumento nas primeiras densidades de compactação e reduções nas compactações subsequentes até 700 kg/m³, quando ocorreu ligeiro aumento. Amaral et al. (2007) não encontraram efeito significativo das pressões de compactação sobre os teores de hemicelulose.

Para a variável lignina, o desdobramento da interação verificou que para o efeito de ureia dentro de cada compactação, a adição de ureia reduziu os teores de lignina apenas nas compactações de 700 e 800 kg/m³ (Tabela 6). Analisando o efeito de compactação dentro de ureia, os teores de lignina ajustaram-se ao modelo linear decrescente para os tratamentos com adição de ureia, sendo verificada redução de 0,0041 unidade percentuais para cada 1 kg/m³ de aumento na compactação. Para os tratamentos sem ureia não foi observado diferença significativa sobre os teores de lignina entre as diferentes compactações. A redução nos teores de lignina ocorreu, provavelmente, pela dissolução de parte da lignina e rompimento das ligações intermoleculares do tipo éster, entre o ácido urônico da hemicelulose e da celulose durante a amonização (Van Soest, 1994).

Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra de detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína (FDNcp) e celulose não foram influenciados ($P>0,05$) pela interação.

Verificou-se influencia ($P<0,05$) dos fatores ureia e compactação sobre as variáveis FDN, FDA e FDNcp. A adição de ureia diminuiu significativamente os teores de FDN, FDA e FDNcp, independente da compactação aplicada (Tabela 6).

Segundo Van Soest (1994), a diminuição da FDN em materiais submetidos à amonização é atribuída à solubilização da hemicelulose. Resultados semelhantes foram encontrados por Carvalho et al. (2006), que verificaram reduções lineares nos teores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido quando adicionou ureia no bagaço de cana-de-açúcar. Schmidt et al. (2007) registraram decréscimos nas frações de FDN e FDA na silagem de cana-de-açúcar acrescida de 0,5% de ureia na matéria verde comparada à silagem de cana sem ureia. Oliveira et al. (2011) avaliaram o efeito de diferentes doses de ureia (2, 4, 6 e 8%) e soja grão moída (2, 4 e 6%) sobre a composição química do bagaço de cana-de-açúcar e também verificaram reduções nos teores de FDN e FDA com o aumento das doses de ureia.

A análise de regressão para o efeito de compactação revelou comportamento linear decrescente, estimando-se reduções de 0,0146, 0,0147 e 0,0148 unidades percentuais de FDN, FDA e FDNcp, respectivamente, para cada 1 kg/m³ de compactação aumentada. Os valores mais elevados de FDA, observados nas menores compactações provavelmente estão associados reação de Maillard (Van Soest, 1994). Os teores de FDN também podem ser justificados pelo mesmo fato, segundo Mühlbach (1998), quando ocorre a reação de Maillard, os açúcares e glicídios reagem com o aminoácido, diminuindo a digestibilidade e aumentando a FDN.

Contudo, as silagens avaliadas apresentaram maiores valores de FDN e FDA comparadas ao material antes da ensilagem. O que pode ser explicado devido à fração fibrosa poder aumentar percentualmente na MS em condições de intensa formação de efluentes, uma vez que os componentes solúveis em água são perdidos havendo aumento na fração dos constituintes da parede celular (Van Soest, 1994). Deste modo, a perda por efluente seria o principal fator responsável pelos teores obtidos de FDA e FDN, na fração da matéria seca, que passam a representar uma parte significativa dos componentes da silagem (Loures et al., 2003).

No que concerne aos teores de celulose, o efeito da ureia não foi significativo ($P > 0,05$). No entanto, a compactação influenciou ($P < 0,05$) os teores de celulose. Os teores de celulose decresceram linearmente com os diferentes graus de compactação. As reduções foram de 0,0124 unidades percentuais para cada unidade de aumento na compactação (Tabela 6). A atividade de enzimas que degradam a celulose pode ter sido mais pronunciada à medida que aumentou o grau de compactação ocasionando maior redução no teor dessa fração. Amaral et al. (2007), verificaram efeito das pressões de compactação sobre os teores de celulose nas silagens de capim-marandu, sendo observado o maior valor (36,5% base da MS) com pressão de compactação de 120 kg MS/m³, enquanto, nas demais compactações, os valores não diferiram entre si, apresentando valores de 33,9, 36,5 e 32,4% de celulose para as compactações de 100, 140 e 160 kg MS/m³, respectivamente.

Para carboidratos totais (CHT), carboidratos não fibrosos (CNF), nitrogênio não proteico (NNP) e nutrientes digestíveis totais (NDT), a interação não foi significativa (Tabela 7).

Com relação aos CHT observou-se efeito significativo ($P < 0,05$) para os fatores ureia e compactação. As silagens sem ureia apresentaram níveis mais elevados de CHT

comparadas às silagens com adição de ureia (Tabela 7). Como os teores de CHT sofrem influência dos valores de PB, EE, e MM e dentre estes a PB obteve os teores mais elevados pela adição de ureia, esperava-se redução nos teores de CHT nos materiais amonizados.

Tabela 7 – Teores percentuais médios de carboidratos totais (CHT), carboidratos não fibrosos (CNF), nitrogênio não protéico (NNP) e nutrientes digestíveis totais (NDT) do bagaço de cana-de-açúcar e palma forrageira ensilados com ou sem ureia, e suas respectivas equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2).

Ureia (% da MS)	Compactação (kg/m ³)				Média	Equação	P
	500	600	700	800			
CHT							
0	88,1	87,6	87,8	87,5	87,8a		0,0000
6	83,6	83,4	81,0	82,3	82,6b		
Média	85,9	85,5	84,4	84,9		1	
CV	1,4						
P	0,0427						
CNF							
0	15,9	16,0	16,7	18,0	16,7		
6	15,0	14,6	16,3	18,6	16,1		
Média	15,5	15,3	16,5	18,3		2	
CV	8,5						
P	0,0000						
NNP¹							
0	0,29	0,41	0,32	0,33	0,34b		0,0000
6	2,05	2,21	2,45	2,10	2,20a		
Média	1,2	1,3	1,4	1,2		NS	
CV	19,3						
P							
NNP²							
0	36,7	47,4	40,2	42,5	41,7b		0,0000
6	62,2	67,8	66,9	60,1	64,3a		
Média	49,5	57,6	53,6	51,3		NS	
CV	16,3						
P							
NDT¹							
0	56,4	57,0	56,4	56,3	58,0a		
6	57,7	56,5	59,0	60,0	58,7a		
Média	58,1	57,2	59,1	59,0		NS	
CV	3,2						
P							

Letras minúsculas diferentes nas colunas diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de "t"; ¹valores em percentagem da MS; ²valores em percentagem do NT; NS:não significativo ao nível de 5% de probabilidade (análise de regressão).

1- $\hat{Y}=87,7460-0,0039X$ $R^2=0,64$;

2- $\hat{Y}=33,826-0,0664X+0,000059X^2$ $R^2=0,99$;

3- $\hat{Y}=52,2340+0,0093X$ $R^2=0,63$.

Para compactação, os CHT ajustaram-se ao modelo linear decrescente, sendo que para cada aumento no grau de compactação estimou-se uma redução de 0,0039 unidades percentuais de CHT.

Os teores de CNF foram influenciados apenas pelo efeito de compactação, sendo verificado comportamento quadrático, estimando-se teor de 15,1% na compactação de 563,5 kg/m³ (Tabela 7). O aumento nos teores de CNF atribui-se à redução da fração de FDN, haja vista que a FDN é subtraída dos CHT para se obter os valores de CNF.

O NNP, com base na MS, e o NNP em relação ao NT foram influenciados ($P < 0,05$) pelo efeito de ureia. A adição de ureia aumentou as concentrações de NNP (%MS) e NNP/NT, independente da compactação aplicada (Tabela 7), evidentemente devido à ureia ser uma fonte de NNP, promovendo assim o aumento nos valores dessas variáveis.

Com relação aos valores de NDT, não foi constatado efeito ($P > 0,05$) de interação, ureia e nem de compactação, apresentando valores médios de 58,0 e 58,7% para as silagens sem e com ureia, respectivamente.

A fração C dos carboidratos foi influenciada pelo efeito de interação ($P < 0,05$). Os valores da fração C não diferiram ($P > 0,05$) nas silagens com e sem adição de ureia, diferindo apenas para o grau de compactação de 800 kg/m³, onde foi observado menor valor desta fração para as silagens com ureia (Tabela 8).

Analisando o efeito de compactação dentro de ureia, verificou-se que os teores da variável supracitada ajustaram-se ao modelo linear decrescente para os tratamentos com ureia, estimando-se redução de 0,0102 unidades percentuais para cada 1 kg/m³ aumentado na compactação. Para os tratamentos sem ureia não foi observado influência ($P > 0,05$) dos graus de compactação. Os resultados da fração C dos carboidratos possuem uma relação direta com o teor de lignina, uma vez que a fração C foi obtida pela multiplicação do valor de lignina pelo fator 2,4.

A fração A+B1 e a fração B2 dos carboidratos, não foram influenciadas ($P > 0,05$) pelo efeito de interação e ureia, observando-se apenas diferença ($P < 0,05$) para o efeito de compactação sobre estes parâmetros.

Tabela 8 – Frações de carboidratos do bagaço de cana-de-açúcar e palma forrageira ensilados com ou sem ureia, e suas respectivas equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2)

Ureia (% da MS)	Compactação (kg/m^3)				Média	Equação	P
	500	600	700	800			
A+B1							
0	18,0	18,2	19,0	21,5	19,2		
6	18,0	17,6	21,0	22,0	19,7		
Média	18,0	17,9	20,0	21,8		1	
CV	8,2						
P	0,0000						
B2							
0	55,6	56,4	54,1	50,6	54,2		
6	56,1	55,0	54,8	52,4	54,6		
Média	55,9	55,7	54,5	51,5		2	
CV	3,8						
P	0,0024						
C							
0	26,4a	25,3a	26,9a	27,9a	26,6	NS	
6	25,9a	27,4a	25,1a	23,3b	25,4	3	
Média	26,2	26,4	26,0	25,6			
CV	8,0						
P							0,0088

Letras minúsculas diferentes nas colunas diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de "t"; NS: não significativo ao nível de 5% de probabilidade (análise de regressão).

1- $\hat{Y}=36,7415-0,06973X+0,000064X^2$ $R^2=0,99$;

2- $\hat{Y}=62,2160 - 0,01169X$ $R^2=0,88$;

3- $\hat{Y}=32,104 - 0,0102X$ $R^2=0,58$.

Os teores da fração A+B1, que representa os carboidratos não fibrosos de degradação rápida e intermediária, apresentaram comportamento quadrático, de forma análoga aos CNF, sendo estimado o teor mínimo de 17,74% para a compactação de 544,8 kg/m^3 . Já a fração B2, reduziu linearmente à medida que se elevou o grau de compactação. Assim, para cada unidade de aumento no grau compactação verificou-se decréscimos de 0,011 unidades percentuais da fração B2. Como as frações A+B1 se elevaram com o aumento do grau de compactação e a fração C pouco foi alterada, já se esperava que houvesse redução na fração B2 com a intensificação do grau de compactação.

Com relação às frações de proteínas, verificou-se efeito de interação para a fração C ($P<0,05$). As maiores percentagens da fração C foram observadas nos tratamentos sem ureia, independente do grau de compactação (Tabela 9). Dessa forma, a adição de ureia melhorou o valor nutritivo da silagem pela redução da fração indegradável e indigerível da proteína. A avaliação da interação mostrou ajuste da

equação quadrática para os tratamentos sem adição de ureia, sendo que a compactação mínima estimada foi de 641,6kg/m³, correspondendo ao valor de 12,95% da fração C. Assim, os mesmos resultados verificados para a fração NIDA ocorreram para a fração C das proteínas.

Os efeitos de interação e compactação não influenciaram (P>0,05) a fração A, B1+B2 e B3 das proteínas, sendo verificado apenas efeito de ureia sobre estas variáveis.

Para a fração A das proteínas verificou-se efeito da ureia, apresentando resultados semelhantes aos verificados para NNP/NT, haja vista que a fração A corresponde ao nitrogênio não protéico, ou seja, as silagens com ureia obtiveram maiores proporções da fração A comparadas às silagens sem ureia (Tabela 9).

Tabela 9 – Frações de proteínas do bagaço de cana-de-açúcar e palma forrageira ensilados com ou sem ureia, e suas respectivas equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R²).

Ureia (% da MS)	Compactação (kg/m ³)				Média	Equação	P
	500	600	700	800			
A							
0	36,7	47,4	40,2	42,5	41,7b		0,0000
6	62,2	67,8	66,9	60,1	64,3a		
Média	49,5	57,6	53,6	51,3		NS	
CV	16,3						
P							
B1+B2							
0	43,4	37,0	42,4	38,4	40,3a		0,0011
6	32,7	26,5	28,4	34,8	30,6b		
Média	38,1	31,8	35,4	36,6		NS	
CV	24,0						
P							
B3							
0	3,4	3,2	3,5	2,4	3,1a		0,0000
6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8b		
Média	2,1	2,0	2,2	1,5		NS	
CV	31,8						
P							
C							
0	16,5a	12,5a	13,9a	16,7a	14,9	1	NS
6	4,3b	4,9b	3,9b	4,4b	4,4		
Média	10,4	8,7	8,9	10,6			
CV	11,0						
P							

Letras minúsculas diferentes nas colunas diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de “t”; NS: não significativo ao nível de 5% de probabilidade (análise de regressão).

$$1- \hat{Y}=83,347-0,21943X+0,00017X^2 \quad R^2=0,94.$$

Para as frações B1+B2 das proteínas, os tratamentos sem ureia mostraram percentuais superiores a dos tratamentos com ureia (Tabela 9). Este fato pode ser justificado pela maior fração A das proteínas observados nos tratamentos com adição de ureia, o que fez com que reduzissem as frações B1+B2.

Com relação à fração B3, observou-se apenas diferença ($P < 0,05$) para o efeito de ureia sobre este parâmetro. Os maiores percentuais da fração B3 foram verificados para os tratamentos sem ureia, comparados aos que continham ureia (Tabela 9). Esses resultados já eram esperados, pois os teores de NIDN e NIDA em relação ao NT foram maiores nas silagens com ureia.

Os resultados obtidos para a degradabilidade da MS das silagens de bagaço de cana-de-açúcar e palma forrageira com e sem adição de ureia, em função dos períodos de incubação, podem ser observados na (Figura 1). Verificou-se uma melhora na degradabilidade da MS para a silagem com ureia em relação à silagem sem ureia. Carvalho et al. (2007) também avaliaram a degradabilidade *in situ* da MS do bagaço de cana-de-açúcar amonizado com ureia. Os tratamentos consistiram de quatro níveis de ureia (0, 2,5, 5,0 e 7,5%) para o tratamento do bagaço de cana-de-açúcar e adição de 1,2% (base da MS) de soja grão moído como fonte de urease. Os autores verificaram aumento na degradabilidade da MS em todos os períodos de incubação, com a adição das doses de ureia ao bagaço de cana.

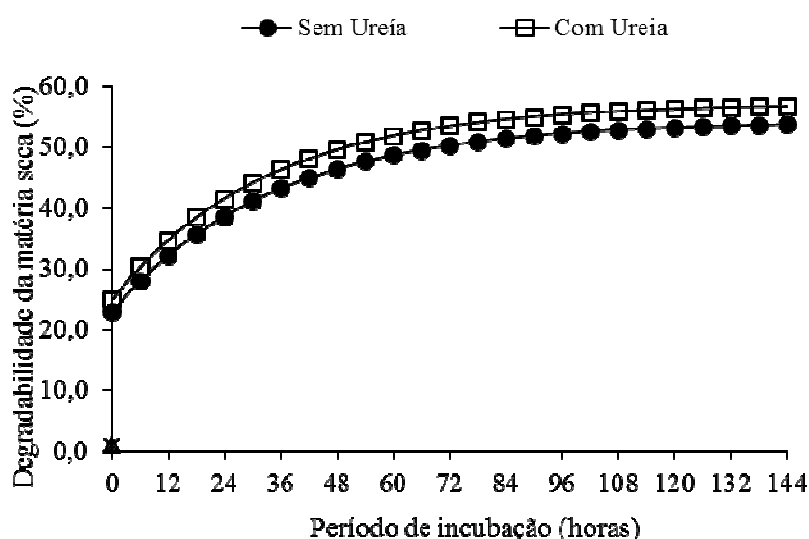


Figura 1 - Degradabilidade da matéria seca do bagaço de cana-de-açúcar e palma forrageira ensilados com e sem uréia em função dos períodos de incubação.

É importante destacar que nas primeiras horas de incubação das amostras no rúmen, as silagens com e sem ureia mostraram comportamento de desaparecimento da MS bastante semelhante, entre 23 e 25%. De acordo com Swinnen et al. (2004), essa semelhança no início da degradação entre as silagens corresponde à fase lag time, que é a fase anterior ao início da degradação ruminal, onde tem início a colonização microbiana.

A análise dos parâmetros da degradabilidade ruminal da MS mostrou que a adição de ureia proporcionou pequenos aumentos nas concentrações da fração solúvel em água “a”, na fração potencialmente degradável “b” e na taxa de degradação “c” (Tabela 10). Os valores da fração solúvel “a” obtidos neste estudo para as silagens sem e com ureia (23,1 e 25,0%, respectivamente), foram superiores aos relatados por Pires et al. (2004), quando trataram o bagaço de cana-de-açúcar com 4% de amônia anidra (NH₃) e 2,5% de sulfeto de sódio (Na₂S) mais 4% de NH₃ (15,7 e 14,7%, respectivamente).

Tabela 10 – Parâmetros da degradação ruminal da matéria seca (MS), da degradabilidade potencial (DP) e efetiva (DE) do bagaço de cana-de-açúcar e palma forrageira ensilados com e sem uréia.

Parâmetro	Tratamento	
	Sem ureia	Com ureia
a (%)	23,1	25,0
b (%)	31,2	32,2
c (%/h)	2,88	3,03
DE 2% (%)	41,5	44,4
DE 5% (%)	34,5	37,2
DE 8% (%)	31,4	33,8
DP (%)	54,3	57,2

$$DP = a + b(1 - e^{-ct})$$

a: fração solúvel em água; b: fração insolúvel em água, mas potencialmente degradável; c: taxa de degradação da fração b; DE: degradabilidade efetiva; DP: degradabilidade potencial.

Com relação à degradabilidade potencial e efetiva da MS, estimada para valores de taxa de passagem de 2, 5 e 8%, as quais correspondem aos níveis de ingestão alimentar baixo (animal em manutenção), médio (animal em ganho de peso) e alto (animal em produção de leite), respectivamente, de acordo com ARC (1984), verificou-se pouca melhora para as silagens com adição de ureia (Tabela 10). Dessa forma, esses resultados indicam que a ureia não agiu de forma eficiente, possivelmente pela ausência da adição de uma fonte extra de urease, o que pode justificar esses resultados.

Para a degradabilidade ruminal da fibra em detergente neutro (FDN), em função dos períodos de incubação, a adição de ureia na silagem promoveu uma melhora no material amonizado em relação à silagem sem ureia (Figura 2). De acordo com relatos da literatura, o aumento na degradabilidade da FDN em volumosos amonizados ocorre em virtude da solubilização parcial da hemicelulose e expansão da parede celular, permitindo, dessa forma, que os microrganismos do rúmen tenham maior superfície específica para se agregarem e, conseqüentemente, aumentarem a digestibilidade do material (Pires et al. 2004).

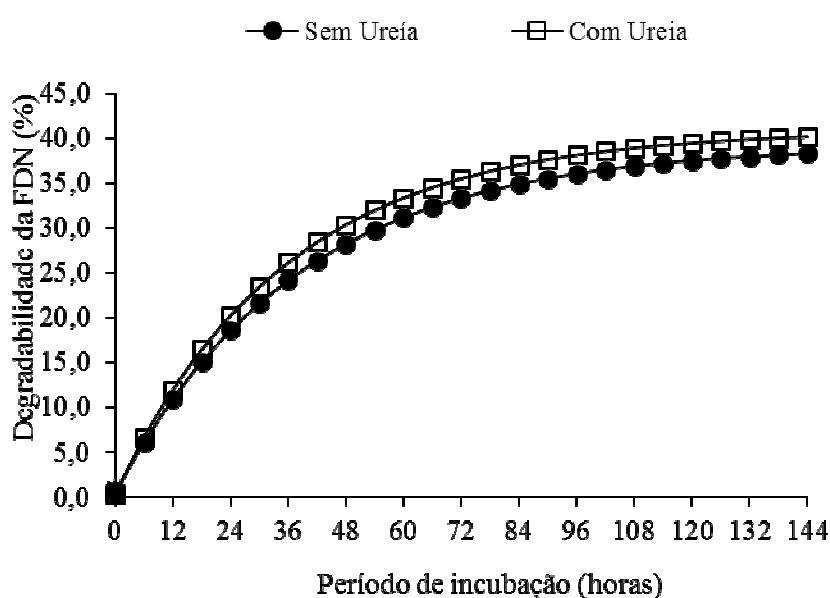


Figura 2 - Degradabilidade da fibra em detergente neutro (FDN) do bagaço de cana-de-açúcar e palma forrageira ensilados com e sem ureia em função dos períodos de incubação.

A degradabilidade efetiva e potencial e os parâmetros de degradação ruminal “a”, “b” e “c” da FDN foram semelhantes para a silagem com ureia em comparação com a silagem sem ureia, como observamos na Tabela 11.

Embora a maioria dos trabalhos sobre amonização de volumosos de baixa qualidade mostrar que esse tipo de tratamento propicia aumento das degradabilidades da MS e dos constituintes da parede celular, os resultados obtidos neste estudo verificaram que o efeito da adição de 6% de ureia na silagem do bagaço de cana associado à palma forrageira sobre a degradabilidade *in situ* da MS e da FDN foi pouco evidenciado,

provavelmente a ausência de uma fonte extra de urease pode ter provocado esta semelhança entre os tratamentos.

Tabela 11 – Parâmetros da degradação ruminal da fibra em detergente neutro (FDN), da degradabilidade potencial (DP) e efetiva (DE) do bagaço de cana-de-açúcar e palma forrageira ensilados com e sem ureia.

Parâmetro	Tratamento	
	Sem ureia	Com ureia
a (%)	0,5	0,4
b (%)	38,7	40,5
c (%/h)	2,63	2,81
DE 2% (%)	22,5	24,0
DE 5% (%)	13,8	15,0
DE 8% (%)	10,1	10,9
DP (%)	39,2	40,9

$$DP = a + b(1 - e^{-ct})$$

a: fração solúvel em água; b: fração insolúvel em água, mas potencialmente degradável; c: taxa de degradação da fração b; DE: degradabilidade efetiva; DP: degradabilidade potencial.

Carvalho et al. (2007) verificaram acréscimo na degradabilidade da FDN de 61,3% entre os tratamentos 0% e 7,5% de adição de ureia, no tempo de incubação de 96 horas, sendo utilizado a soja grão moída como fonte de urease, na proporção de 1,2% (na base da MS). Tais resultados confirmam a importância de uma fonte de urease para que o processo de ureólise ocorra de forma satisfatória.

V – CONCLUSÕES

Recomenda-se a adição de 6% de ureia e compactação de até 800 kg/m³ na ensilagem do bagaço de cana-de-açúcar associado à palma forrageira, reduzindo as perdas totais de MS e os constituintes da parede celular e aumentando o teor de proteína bruta, não comprometendo a qualidade da silagem.

O efeito da ureia sobre a degradabilidade da matéria seca e da fibra em detergente neutro não se mostrou eficiente neste estudo onde a variação foi mínima, provavelmente pela falta de uma fonte extra de urease.

VI - REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL – ARC. **The nutrient requirements of ruminant livestock**, Suppl. 1. Farnham Royal: CAB, 1984. 45p.

AMARAL, R.D.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A. Características fermentativas e químicas de silagens de capim-marandu produzidas com quatro pressões de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.532-539, 2007.

BALSALOBRE, M.A.A.; NUSSIO, L.G.; MARTHA JR., G.B. Controle de perdas na produção de silagens de gramíneas tropicais. In: MATTOS, W.R.S. (Ed.) **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p.890-911, 2001.

CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; GARCIA, R.; SILVA, R.R.; MENDES, F.B.L.; PINHEIRO, A.A.; SOUZA, D.R. Degradabilidade in situ da matéria seca e da fração fibrosa do bagaço de cana-de-açúcar tratado com uréia. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.3, p.447-456, 2007.

CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; VELOSO, C.M.; MAGALHÃES, A.F.; FREIRE, M.A.L.; SILVA, F.F.; SILVA, R.R.; CARVALHO, B.M.A. Valor nutritivo do bagaço de cana-de-açúcar amonizado com quatro doses de ureia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.1, p.125-132, 2006.

COBLENT Z, W.K.; HOFFMAN , P.C. Effects of bale moisture and bale diameter on spontaneous heating, dry matter recovery, in vitro true digestibility, and in situ disappearance kinetics of alfalfa-orchardgrass hays. **Journal of Dairy Science**, v.92, n.6, p.2853-2874, 2009.

DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M.; AZEVEDO, J.A.G. **Métodos para Análise de Alimentos - INCT - Ciência Animal**. 1. ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012. 214p.

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

LOURES, D.R.S.; GARCIA, R.; PEREIRA, O.G.; CECON, P.R.; SOUZA, A.L.D. Características do efluente e composição químico-bromatológica da silagem de capim-elefante sob diferentes níveis de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1851-1858, 2003.

McDONALD, P.; HERDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. In: **The biochemistry of silage**. 2. ed. Malow: Chalcombe Publications, p.167-249, 1991.

McGECHAN, M.B. A review of losses arising during conservation of grass forage: storage losses. **Journal Agricultural Engineering Research**, v.45, p.1-30, 1989.

MÜHLBACH, P.R.F. Uso de silagens na produção animal. In: CICLO DE PALESTRAS EM PRODUÇÃO E MANEJO DE BOVINOS DE CORTE, 3, 1998, Canoas. **Anais...** Canoas: Universidade Luterana do Brasil, 1998. p.40-53.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requirements of dairy cattle**. 7. rev. ed. Washington, D.C.: National Academic of Sciences, 2001. 381p.

NOCEK, J.E. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, v.71, p.2051-2069, 1988.

OLIVEIRA, A.C.; PIRES, A.J.V.; OLIVEIRA, H.C.; PATÊS, N.M.S.; FONCÊCA, M.P.; CARVALHO, G.G.P.; NETO, U.M.; OLIVEIRA, U.L.C.; AGUIAR, L.V.; OLIVEIRA, A.B. Composição nitrogenada de silagens de gramíneas tropicais tratadas com ureia. **Archivos de Zootecnia**, v.56, n.213, p.15, 2007.

OLIVEIRA, T.S.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; REIS, S.T.; AGUIAR, E.F.; SOUZA, A.S.; SILVA, G.W.V.; DUTRA, E.S.; SILVA, C.J.; ABREU, C.L.; BONALTI, F.K.Q. Composição química do bagaço de cana-de-açúcar amonizado com diferentes doses de ureia e soja grão. **Archivos de zootecnia**, v.60, n.231, p.625-635, 2011

ØRSKOV, E.R.; Mc DONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agriculture Science**, v.92, p.449-53, 1979.

PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; LOURES, D.R.S.; IGARASI, M.S.; COELHO, R.M.; PACKER, I.H.; HORII, J.; GOMES, L.H. Dinâmica da fermentação e da microflora epífita em silagem de cana-de-açúcar. **Scientia Agrícola**, v.62, n.5, p.427-432, 2005.

PIRES, A.J.V.; GARCIA, R.; VALADARES FILHO, S.C.; PEREIRA, O.G.; CECON, P.R.; SILVA, F.; SILVA, P.A.; VELOSO, C.M. Novilhas alimentadas com bagaço de cana-de-açúcar tratado com amônia anidra e, ou, sulfeto de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.1078-1085, 2004.

REIS, R.A.; RODRIGUES, R.L.A.; RESENDE, K.T.; PEREIRA, J.R.A.; RUGGIERI, A.C. Avaliação de fontes de amônia para o tratamento de fenos de gramíneas tropicais. I. Constituintes da parede celular, poder tampão e atividade ureática. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.674-681, 2001.

RIBEIRO JÚNIOR, J.I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa, MG: UFV, 2007. p.301.

ROSA, B.; FADEL, R. Uso de amônia anidra e de ureia para melhorar o valor alimentício de forragens conservadas. **Simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas**, v.1, p.41-63, 2001.

SARMENTO, P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V.; NASCIMENTO, A. Tratamento do bagaço de cana-de-açúcar com ureia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.6, p.1203-1208, 1999.

SCHMIDT, P.; MARI, L.J.; NUSSIO, L.G.; PEDROSO, A.D.F.; PAZIANI, S.D.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.

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; PIRES, A.J.V.; BERNARDES, T.F.; AMARAL, R.C.D. Losses evaluation of the sugar cane silage treated with chemical and microbial additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.2000-2009, 2007.

SWINNEN, I. A. M.; BERNAERTS, K.; DENS, E. J. J.; GEERAERD, A. H.; VAN IMPE, J. F. Predictive modeling of the microbial lag phase: a review. **International Journal of Food Microbiology**, v. 94, n. 2, p. 137-159, 2004.

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

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

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

WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: Cornell Nutrition Conference Feed Manufacturers, 61, 1999. **Proceedings...** Ithaca: Cornell University, 1999. p.176-185.

WILLIAMS, P.E.V.; INNES, G.M.; BREWER, A. Ammonia treatment of straw via the hydrolysis of urea. I. Effects of dry matter and urea concentrations on the rate of hydrolysis of urea. **Animal Feed Science Technology**, v.11, n.2, p.115-124. 1984.