

MARIA GABRIELA DA CONCEIÇÃO

**Avaliação do resíduo do beneficiamento do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) como aditivo  
da silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.)**

RECIFE

2011

CONCEIÇÃO, M.G. da. Avaliação do resíduo do beneficiamento do feijão...

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

**Avaliação do resíduo do beneficiamento do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) como aditivo  
da silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum* ssp.)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia. Área de Concentração: Produção Animal.

**Orientador:** Prof. Francisco Fernando Ramos de Carvalho, DSc.

**Co-orientadores:** Prof. André Luiz Rodrigues Magalhães, DSc.

Profª. Geane Dias Gonçalves Ferreira, DSc.

**RECIFE**

**Fevereiro – 2011**

Ficha catalográfica

C744a Conceição, Maria Gabriela da  
Avaliação do resíduo do beneficiamento do feijão  
(*Phaseolus vulgaris* L.) como aditivo da silagem de cana-de-  
açúcar (*Saccharum* ssp.) / Maria Gabriela da Conceição. –  
2011.

44 f.: il.

Orientador: Francisco Fernando Ramos de Carvalho.  
Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade  
Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia,  
Recife, 2011.

Referências.

1. Composição bromatológica 2. Estabilidade aeróbia  
3. Fermentação 4. pH I. Carvalho, Francisco Fernando Ramos  
de, orientador II. Título

CDD 636

MARIA GABRIELA DA CONCEIÇÃO

Dissertação intitulada **Avaliação do resíduo do beneficiamento do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) como aditivo da silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum* ssp.)** apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre, defendida e aprovada em 21 de Fevereiro de 2011.

**Orientador:**

---

Prof. Dr. Francisco Fernando Ramos de Carvalho

Departamento de Zootecnia/UFRPE

Presidente

**Comissão Examinadora:**

---

Prof. Ariosvaldo Nunes de Medeiros, D.Sc.

---

Profª. Dulciene Karla de Andrade Silva, D.Sc.

---

Profª. Adriana Guim, D.Sc.

## BIOGRAFIA

**MARIA GABRIELA DA CONCEIÇÃO**, filha de Elza Maria da Conceição, nasceu em Recife, Pernambuco, em 20 de maio de 1983. Iniciou o curso de graduação em Zootecnia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco em abril de 2004. Em dezembro de 2008 concluiu a graduação. Entre abril a dezembro de 2006 foi monitora das Disciplinas de Plantas Forrageiras I e Plantas Forrageiras II, no Departamento de Zootecnia, nesta mesma Universidade. Foi bolsista de iniciação científica (PIBIC) de abril de 2008 a fevereiro de 2009. Em março de 2009 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração Produção de Ruminantes, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, concluindo em fevereiro de 2011.

*A Deus, pai todo poderoso, que me ajudou a enfrentar desafios e superar limitações e dificuldade,*

*Dedico.*

*À minha mãe,*

*Elza Maria da Conceição*

*Aos meus tios,*

*Roberto de Oliveira Lamenha*

*Rejane Gomes Lamenha*

*Ao meu amigo e companheiro*

*Rodrigo Barbosa de Andrade*

*Ofereço.*

## AGRADECIMENTOS

### *Agradeço...*

*A Deus, pela dádiva da vida, sem o qual nada seria possível.*

*À família, Isadora Lamenha, Rafaella Lamenha, Rosana Lamenha, Rogério Lamenha, Renata Lamenha, Maria das Graças, Neci, Maria, Maria Helena (Nena), Fernando de Oliveira, pelo apoio, pelo incentivo e confiança depositada em mim.*

*À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em especial ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso de pós-graduação.*

*A CAPES, pela concessão da bolsa de estudo durante todo o meu curso.*

*Ao Banco do Nordeste, pelo financiamento do projeto de pesquisa.*

*Ao meu orientador amigo, Prof. Dr. Francisco Fernando Ramos de Carvalho, pelo apoio, orientação, ensinamentos e amizade.*

*Ao Prof. Dr. André Luís Rodrigues Magalhães, pela ajuda, conselhos e incentivo.*

*Aos professores do Departamento de Zootecnia, Ângela Maria Vieira, Adriana Guim, Marcelo de Andrade Ferreira, Maria Norma Ribeiro, e a Zootecnista Maria Presciliana, pela convivência, respeito, amizade, ensinamentos e oportunidade de realização da minha dissertação.*

*Aos demais professores do Departamento de Zootecnia, pelos ensinamentos transmitidos durante a realização do curso de pós-graduação.*

*Aos amigos e colegas de curso, Lucélia Patrícia, Paulo Sales, Ana Fotius, Edna Maria, Agenor Ribeiro Neto, Gisele Santana (Gi), Alessandra, Alecsandra, João (Bode Roco), Marina Almeida, João Bosco (JB), Luís Henrique (Lula), Janete, Nara, Bárbara*

CONCEIÇÃO, M.G. da. Avaliação do resíduo do beneficiamento do feijão...

*Ferraz, Rafael De Paula (Rafa), Dorgival (Dorjão), Michel, Stela Antas, Filipe Lins (Sivirino), Alenice Ozino (Alê), Iran Marcelo, pela amizade, apoio e companhia.*

*Agradecimento em especial aos colegas da Unidade Acadêmica de Garanhuns (UAG), Kelly Cristina, Liberato Oliveira, Nathália Cavalcanti, Rebeca, Suelane, Glébio, pela ajuda na condução do experimento.*

*Ao Srº Jonas (Lebre), pela ajuda imprescindível.*

*Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, pelo apoio.*

*A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.*

*Em especial gostaria de agradecer a Rodrigo Barbosa de Andrade, meu grande amigo e companheiro, pelo apoio com palavras de conforto, pela distração nas horas de aperreio, pelos incentivos nas horas de depressão. Muito obrigada, meu amor!*

*... à todos vocês minha eterna gratidão...*

**MUITO OBRIGADA!**

## SUMÁRIO

	Página
Lista de Tabelas	10
Referencial Teórico	11
Referências Bibliográficas	18
Avaliação do resíduo do beneficiamento do feijão ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) como aditivo da silagem de cana-de-açúcar ( <i>Saccharum</i> ssp.)	21
Resumo	21
Abstract	22
Introdução	22
Material e Métodos	24
Resultados e Discussão	29
Conclusões	39
Referências Bibliográficas	40

## LISTA DE TABELAS

Tabelas	Página
1. Composição química do resíduo de feijão e da cana-de-açúcar utilizada na confecção das silagens.	25
2. Composição química do material original antes da ensilagem, de acordo com os tratamentos.	26
3. Composição química e digestibilidade das silagens de cana-de-açúcar com diferentes níveis de resíduo de feijão.	30
4. - Valores médios das perdas por efluentes e gases e recuperação de matéria seca de silagens de cana-de-açúcar com diferentes níveis de resíduo do beneficiamento do feijão ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.).	35
5. Valores médios dos teores de nitrogênio amoniacal, potencial hidrogênionico e temperatura após das silagens após abertura dos silos e após estabilidade aeróbia.	37

### Referencial Teórico

A produção de cana-de-açúcar é voltada principalmente para a produção de etanol (como fonte de combustível renovável) e açúcar, pois apresenta um maior retorno financeiro para as indústrias beneficiadoras da cana-de-açúcar, e que por essa razão sua produção cresce em ritmo acelerado. A planta também é utilizada como forrageira por muitos produtores, com o objetivo de fornecer um alimento mais barato. Várias formas de utilização podem ser observadas quando se utiliza a cana-de-açúcar na alimentação animal, como por exemplo, *in natura* e o bagaço de cana.

Alguns pesquisadores consideram a cana como uma cultura de baixo valor nutricional, pelo fato de que ela apresenta baixo teor de proteína e minerais (nutrientes essenciais na alimentação animal), sendo muitas vezes ofertada para animais de baixo potencial produtivo, tendo como papel principal fornecer energia e fibra quando associada com alguma fonte de proteína.

Em que pese essas desvantagens, sua utilização no setor pecuário se destacou, pois essa gramínea apresenta alguns fatores que são essenciais para a produção animal, como: alta produtividade (80 a 120 t/ha), grande produção de matéria seca (2,4 t/ha), elevada produção de nutrientes digestíveis totais, baixo custo de produção por tonelada de matéria seca produzida. Um fator que merece importante destaque é a época em que ela apresenta sua maturidade fisiológica (período com melhor qualidade nutricional), que é observada na mesma época em que as principais forrageiras tropicais apresentam baixa produtividade, ou seja, na época em que ocorre a escassez de chuvas. Sendo, assim, a cana-de-açúcar uma opção forrageira para ser ofertada na época crítica do ano.

Por apresentar essas qualidades, sua utilização na forma *in natura* é fornecida durante todo o ano, podendo em determinada época do ano não apresentar seu melhor valor nutritivo, comprometendo assim o desenvolvimento dos animais. Porém, a utilização da planta no setor

agropecuário demanda grande mão-de-obra, pois é necessário o corte diário, o transporte do campo até os cochos, a picagem da planta e o fornecimento aos animais. Uma solução seria concentrar todas essas atividades em uma só época, ou seja, realizar o corte na época ideal, reduzir a mão-de-obra decorrente da picagem diária e do transporte do material verde.

Pensando em reduzir gastos os produtores começaram a utilizar uma tecnologia que reduziria esses custos, além de reduzir a perda de matéria-prima no campo. Essa tecnologia é a ensilagem.

Segundo Santos et al. (2006), o processo de ensilagem é uma alternativa muito empregada nos sistemas de criação animal e consiste na preservação de forragens úmidas, recém-colhidas, com elevado valor nutritivo, para serem administradas nas épocas de escassez de alimentos. Constituindo um método de conservação da forragem em condições de anaerobiose, objetivando o desenvolvimento de bactérias ácido-láticas que irão utilizar substratos como os açúcares solúveis, ácidos orgânicos e compostos nitrogenados solúveis (SANTOS et al., 2010). Ainda segundo o autor, durante o processo ocorre a diminuição do pH da massa ensilada e aumento de temperatura e nitrogênio amoniacal.

A ensilagem, quando realizada dentro das técnicas e padrões recomendados e pelo fato de conservar os princípios nutritivos do material ensilado, garante o fornecimento aos animais de alimento de boa qualidade durante todo o ano e até mesmo no período crítico de estiagem (DIAS et al., 2001).

A ensilagem da cana-de-açúcar é um processo que demanda especial atenção devido ao fato da planta apresentar elevado teor de carboidratos e baixo valor de proteína, podendo apresentar fermentação indesejada e baixo valor nutricional. Aliado a esse fator, quando não se utiliza controladores de fermentação, este processo de fermentação pode ser prejudicado, ocasionando elevada quantidade de leveduras e, conseqüentemente, formação de gases e ácidos graxos não ideais.

A cana-de-açúcar é uma forrageira com grande quantidade de microflora epífita, que irá prejudicar o processo de fermentação e a qualidade da silagem. Os principais microrganismos relacionados à deterioração da silagem quando exposta ao ar são os fungos (principalmente leveduras) e as bactérias (gênero *Bacillus*). Esses microrganismos podem ficar dormentes dentro do silo até que ele seja aberto, entrando em contato com o ar, passando então a utilizar os substratos derivados indiretamente da fermentação, alterando as características qualitativas do material, provocando perdas nutritivas do material na retirada da silagem do silo (BALIEIRO NETO et al., 2009).

Uma maior concentração de levedura leva ao maior gasto de nutrientes, pois esses microrganismos utilizam os nutrientes, carboidratos e proteínas, para seu processo metabólico. A presença de maiores concentrações desses microrganismos ocasiona uma fermentação alcoólica, que nada mais é que a utilização de açúcares e ácido lático pelas leveduras, levando a um desgaste desses nutrientes ocasionando uma perda nutricional no produto final, a silagem. Esse processo leva a uma maior produção de etanol que, segundo Woolford (1984), não tem nenhum fator que possa preservar a silagem e ainda provoca perdas de matéria seca e energia.

Os altos índices da fração fibrosa das silagens pode ser atribuído as perdas ocorridas durante o processo de fermentação, existindo, segundo Àvila et al. (2008), uma correlação entre perdas de MS durante a fermentação e aumentos nos teores de fibra ao longo do processo, sendo assim, menores aumentos nas frações fibrosas durante o processo indicam menores perdas. As leveduras se apresentam em maior quantidade no processo fermentativo em silagens de cana-de-açúcar, e na maioria das vezes, não são inibidas pela redução do pH no alimento. Elas ainda podem se desenvolver em intervalos de pH entre 2 e 8 (BERNARDES et al., 2007).

O valor nutricional da silagem pode ser influenciado por muitos fatores, dentre eles a formação de efluentes, que, segundo Faria et al. (2010), sua formação contribui para a redução do valor nutricional da silagem, pois na solução existem nutrientes, como carboidratos solúveis, ácidos orgânicos, minerais e compostos nitrogenados solúveis, o que leva a maior proporção dos compostos da parede celular na silagem, que são nutricionalmente menos desejáveis. O efluente quando descartado de maneira errada, pode ser escoado para cursos d'água, e as substâncias nele contidas são utilizadas por microrganismos e, durante o processo, parte ou todo o oxigênio presente na água pode esgotar-se. A demanda bioquímica de oxigênio do efluente da silagem é muito maior que a do esgoto doméstico, tornando-se um sério poluente para os lençóis freáticos (LOURES et al., 2003). Porém, as perdas decorrentes da formação de efluentes podem ser evitadas utilizando forrageiras naturalmente secas, podendo ser misturadas a culturas mais úmidas no processo de ensilagem (NÚSSIO et al., 2002).

Outro fenômeno ligado a perdas do valor nutritivo da silagem é a deterioração aeróbica, caracterizada pela entrada de ar no silo e multiplicação de microrganismos aeróbios, com conseqüente consumo de compostos energéticos presentes na silagem. É um dos principais agravantes no processo de produção de silagens, tanto durante a exposição da silagem no silo quanto no cocho, após o fornecimento das rações aos animais (PAHLOW et al., 2003). Esse fenômeno eleva as perdas de matéria seca e do valor nutritivo, repercutindo negativamente sobre o desempenho produtivo dos animais (BERNARDES et al., 2007). Segundo Pedroso et al. (2005), a silagem de cana-de-açúcar, quando originária de adequado padrão fermentativo, é caracterizada por elevada concentração de carboidratos solúveis residuais e por elevada população de leveduras ácido-tolerantes, sendo, portanto, mais susceptível à deterioração durante o período após a abertura do silo.

Apesar dos problemas supracitados, a cana-de-açúcar é uma gramínea indicada para a produção de silagem por apresentar elevada produção de matéria seca (t/ha), teor de matéria seca entre 25 a 30% e poder tampão, que permite a queda do pH para valores próximos a 3,5.

Para contornar os problemas observados no processo de fermentação muitos pesquisadores utilizam substâncias, denominadas aditivos, no processo de ensilagem, com o objetivo de melhorar a qualidade nutricional do material ensilado ou dar suporte para que haja fermentação adequada, evitando perdas ocasionadas pela formação de efluentes, reduzindo a formação de gases e proliferação de microrganismos indesejáveis. A utilização de aditivos no processo de ensilagem de gramíneas tropicais pode diminuir essas perdas, decorrente do alto teor de umidade e carboidratos, resultando em alimento com maior potencial nutritivo para os animais.

O uso de aditivos absorventes de umidade ou o emurchecimento da cultura a ser ensilada tem sido a técnica mais recomendada para o controle da produção de efluentes em silagens (PEREIRA & BERNARDINO, 2004). Os aditivos absorventes de umidade são, normalmente, fontes de carboidratos, cereais, farelos, entre outros, utilizados para elevar o teor de MS das silagens, reduzir a produção de efluentes e aumentar o valor nutritivo das silagens (McDONALD 1991). A capacidade de retenção do aditivo absorvente varia com o tipo de material utilizado: materiais mais fibrosos, como sabugo de milho, polpa de beterraba ou palhadas apresentam maior retenção que outros materiais, como grãos de cereais (JONES & JONES, 1996). Segundo Faria et al. (2010), outra característica que afeta a capacidade de retenção do aditivo é o grau de moagem, pois materiais finamente moídos retêm mais umidade em comparação a outros não moídos ou moídos grosseiramente.

A utilização de restos de cultura ou subprodutos da indústria é uma forma de diminuir a contaminação ambiental devido ao grande volume de resíduos vegetais produzidos, além de

ser mais uma alternativa para o produtor rural como suporte alimentar, diminuindo a dependência de insumos externos (SANTOS et al., 2010).

Segundo a CONAB (2005), o cultivo do feijão ocorre em todos os estados brasileiros, sendo que a maior área cultivada com feijão encontra-se no Nordeste. Essa região apresenta área de 2.422,1 milhões de hectares plantada, 56% da área nacional da produção de feijão. Por essa razão, o resíduo proveniente do beneficiamento do feijão cru se apresenta como um bom produto para ser utilizado na ensilagem da cana-de-açúcar, uma vez que ele apresenta cerca de 3 a 4 % do total de feijão que chega às beneficiadoras, ou seja, apresenta um volume bastante expressivo (MAGALHÃES, 2005).

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma leguminosa originária de regiões dos incas, apresentando alto teor protéico na composição centesimal (KAPLAN, 1965). Porém, estudos foram realizados e várias substâncias anti-nutricionais foram descobertas. Em 1908, pesquisadores detectaram a presença de substâncias que retardavam o crescimento de ratos de laboratório, denominando-as de anti-tripsina. Porém, esse efeito se tornava inativo através do tratamento térmico. Através dessa descoberta, outros estudos foram desenvolvidos e novas substâncias foram encontradas. Em 1944 foi detectada a fito-hemaglutinina ou lectina, substância que tem um efeito aglutinante sobre os glóbulos vermelhos do sangue de vários animais, além de apresentar efeito inibitório do crescimento de ratos alimentados com dietas de diferentes proporções de lectinas de feijão comum (ANTUNES et al., 1995). Essa substância combina-se as células da parede intestinal interferindo na absorção dos nutrientes.

Outra substância ligada à baixa digestibilidade é a presença de taninos nos grãos, que inibem a digestão dos carboidratos e reduzem a digestibilidade da proteína dietética, isso se deve a elevada capacidade ligante dos taninos, por meio de pontes de hidrogênio, tornando as proteínas insolúveis.

Segundo Sgarbieri (1978), a digestibilidade do feijão se encontra entre 50 a 69,5%, considerada baixa para as cultivares de feijão, quando comparada a outras leguminosas, que podem apresentar valores de até 90%. De acordo com Lajolo et al. (1996), as globulinas e albuminas representam, em média, 75% das proteínas do feijão, sendo que a globulina G<sub>1</sub>, especificamente, representa de 35 a 50% das proteínas totais. Os taninos formam complexos com a globulina G<sub>1</sub>, por meio de interações hidrofóbicas, produzindo diminuição significativa na digestão da fração protéica (LAJOLO et al., 1996). Uma das características das globulinas do feijão é a resistência à proteólise quando não desnaturadas, o que faz com que as proteínas do feijão apresentem degradabilidade inferior à de cereais e de algumas leguminosas (SGARBIEIRI, 1996). Essa baixa digestibilidade encontrada no feijão cru, segundo Antunes et al. (1995), é atribuída à atividade dos inibidores de protease, que diminuem a atividade das enzimas digestivas, que pode ser diminuída através de tratamentos térmicos. Nunes (1998) caracterizou o resíduo do beneficiamento do feijão como um produto com baixa palatabilidade e apresentou as seguintes recomendações: inclusão de até 15% para bovinos e de 20 a 25% para ovinos em engorda, em concentrados.

Embora o feijão apresente fatores anti-nutricionais (inibidores de tripsina, lectinas, taninos entre outros) e seja deficiente em aminoácidos sulfurados (metionina e cistina), ele deve ser considerado importante fonte de nutrientes (proteínas, vitaminas e minerais) e energia. Essas características também estão presentes no resíduo de feijão, uma vez que este subproduto é formado predominantemente de grãos avariados. Segundo o anexo XII da Portaria n° 85 do MAPA (2002), que se refere ao regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do feijão, é possível definir seu resíduo como resultado do beneficiamento do grão, principalmente, por grãos avariados dos tipos: inteiros (amassados, enrugados, manchados, despeliculados e outros), partidos (bandinhas sadias), ou quebrados (pedaços sadios).

A inclusão do resíduo de feijão, segundo Andrade (2010), melhorou significativamente a qualidade nutricional de silagens de cana-de-açúcar com diferentes níveis de resíduo do beneficiamento do feijão: 0, 5, 10 e 15 % (na matéria natural). Comparando o menor e maior nível de resíduo utilizado, o nível de MS foi de 22,7 e 27,3%, respectivamente. Para os teores de proteína bruta, os valores são de 2,9 a 6,0%, o que mostra que com a inclusão de 15% do resíduo de feijão na ensilagem da cana-de-açúcar aumentou em cerca de 50% o teor de proteína bruta da silagem. Observando o consumo de ovinos recebendo a dieta exemplificada acima, o autor garantiu níveis semelhantes de consumo para todos os tratamentos utilizados.

Existem muitos trabalhos desenvolvidos com silagem de cana-de-açúcar utilizando diversos aditivos de diferentes naturezas, com o objetivo de melhorar a fermentação e assim, evitar perdas decorrentes de fermentação não desejada. Porém a utilização do resíduo do beneficiamento do feijão comum na dieta de animais ainda é muito pequena, merecendo especial atenção devido ao seu potencial como alimento concentrado na alimentação animal.

### Referências Bibliográficas

- ANDRADE, R.B. **Silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum ssp.*) aditivada com resíduo do beneficiamento do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na dieta de ovinos em confinamento.** Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2010. 61p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2010.
- ANTUNES, P.L.; BILHALVA, A.B.; ELIAS, M.C.; et al. Valor nutricional de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.), cultivares Rico 23, Carioca, Piratã-1 e Rosinha-G2. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.1, n° 1, jan.-Abr., 1995.
- ÀVILA, C.L.S.; PINTO, J.C.; SUGAWARA, M.S.; et al. Qualidade da silagem de cana-de-açúcar inoculada com uma cepa de *Lactobacillus buchneri*. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.30, n.3, p.255-261, 2008.
- BALIEIRO NETO, G.; FERRARI JUNIOR, E.; NOGUEIRA, J.R. et al. Perdas fermentativas, composição química, estabilidade aeróbia e digestibilidade aparente de silagem de cana-de-açúcar com aditivos químicos e microbianos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.6, p.621-630, jun.2009.

- BERNARDES, T.F., REIS, R.A., SIQUEIRA, G.R. et al. Avaliação da queima e da adição de milho desintegrado com palha e sabugo na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.269-275, 2007.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Série histórica de produção de feijão** – Brasil. Brasília: CONAB, 2005. <http://www.conab.gov.br>
- DIAS, A.M.A.; BATISTA, A.M.V.; FERREIRA, M.A.; et al. Efeito do estágio vegetativo do sorgo (*Sorghum bicolor*, (L.) Moench) sobre a composição química da silagem, consumo, produção e teor de gordura do leite para vacas em lactação, em comparação à silagem de milho (*Zea mays* (L.)). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30(6S), p.2086-2092, 2001.
- FARIA, D.J.G.; GARCIA, R.; TONUCCI, R.G.; et al. Produção e composição do efluente da silagem de capim-elefante com casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n°3, p.471-478, 2010.
- JONES, R.; JONES, D.I.H. The effect of in-silo effluent absorbent on effluent production and silage quality. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.64, p.173-186, 1996.
- KAPLAN, L.; Archeology and domestication in American Phaseolus (beans). **Economic Botany**, **19**:358, 1965.
- LAJOLO, F.M., GENOVESE, M.I.; MENEZES, E.W. Qualidade nutricional. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, J.F. et al. (Eds.) **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTOFÓS, 1996. p.23-56.
- LOURES, D.R.S.; GARCIA, R.; PEREIRA, O.G. et al. Características do efluente e composição químico-bromatológica da silagem de capim-elefante sob diferentes níveis de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1851-1858, 2003 (supl.2).
- MAGALHÃES, A.L.R. **Resíduo proveniente do beneficiamento do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em rações para bovinos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 111p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2005.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcomb Publication, 1991, 340p.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA (Ed.). **Portaria nº 85, de 6 de março de 2002**. Disponível em: <http://oc4j.agricultura.gov.br/agrolegis/do/consultaLei?op=viewTextual&codigo=6736> >. Acessado em abril de 2009.
- NUNES, I.J. **Cálculo e avaliação de rações e suplementos**. Belo Horizonte: FEP-MVZ, 1998. 185p.
- NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; NUSSIO, C.M.B. Ensilagem de capins tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39. 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. p.60-99.

- PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F. et al. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.) **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil. Science Society of America, 2003. p.31-94.
- PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F. et al. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugarcane silage. **Scientia Agricola**, v.62, n.5, p.427-432, 2005.
- PEREIRA, O.G. & BERNARDINO, F.S. Controle de efluentes na produção de silagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2., 2004, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.509-545.
- SANTOS, E.M.; ZANINE, A.M.; OLIVEIRA, J.S.. Produção de silagem de gramíneas tropicais. **Revista Electrónica de Veterinária (REDVET)**, v. 7, n° 7, julho/2006.
- SANTOS, M.V.F.; GÓMEZ CASTRO, A.G.; PEREA, J.M. et al. Fatores que afetam o valor nutritivo da silagem de forrageiras tropicais. Revisão Bibliográfica. **Archivos de Zootecnia**, v.59, p.25-43, 2010.
- SGARBIERI, V. C. Estudo do conteúdo e de algumas características das proteínas em sementes de plantas da família Leguminosae. **Ciência e Cultura**, 1978.
- SGARBIERI, V.C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações, modificações**. São Paulo: Livraria Varela, 1996. 517p.
- WOOLFORD, M.K. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker, 1984. 350p.

**Avaliação do resíduo do beneficiamento do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)  
como aditivo da silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum* ssp.)<sup>1</sup>**

**Maria Gabriela da Conceição<sup>2</sup>, Francisco Fernando Ramos de Carvalho<sup>2</sup>, André Luiz Rodrigues Magalhães<sup>3</sup>, Geane Dias Gonçalves Ferreira<sup>3</sup>, Kelly Cristina dos Santos<sup>3</sup>, Nathália de Medeiros Cavalcanti<sup>3</sup>, Liberato Lins de Oliveira<sup>3</sup>, Rodrigo Barbosa de Andrade<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Parte de projeto de pesquisa financiado pelo BNB.

<sup>2</sup>Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE.

<sup>3</sup>Universidade Federal Rural de Pernambuco – UAG/UFRPE.

**RESUMO** – Objetivou-se avaliar o efeito da adição de diferentes níveis de resíduo do beneficiamento de feijão durante o processo de ensilagem da cana-de-açúcar sobre as características fermentativas e qualidade nutricional da silagem. O experimento foi realizado na UAG/UFRPE, em Garanhuns – PE, onde foram utilizados 20 silos experimentais feitos com canos de PVC em que o resíduo do beneficiamento do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) previamente moído foi adicionado à cana-de-açúcar recém picada, nas proporções de 0, 50, 100 e 150g/kg da matéria natural da forragem. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado e foram realizadas análises de regressão em função dos níveis de feijão na ensilagem. Foram analisadas as perdas provenientes do processo de ensilagem, a estabilidade aeróbica do material, a composição bromatológica, pH, N-NH<sub>3</sub> e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca das silagens. A inclusão dos níveis crescentes de resíduo de feijão até o nível de 150g/kg melhorou a qualidade das silagens obtidas, uma vez que houve redução nas perdas por gases, melhoria na composição bromatológica e na digestibilidade *in vitro* da MS, sem haver comprometimento do pH das silagens obtidas. O melhor nível de inclusão foi o de 150g/kg de material verde ensilado. A inclusão de 150 g/kg de resíduo do beneficiamento de feijão na cana-de-açúcar melhora as características da silagem e sua digestibilidade.

**Palavras-chave:** composição bromatológica, estabilidade aeróbia, fermentação, pH

**Evaluation of waste improvement of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as an additive to silage sugarcane (*Saccharum* spp.)<sup>1</sup>**

**ABSTRACT** - The scope of this work is to evaluate the different levels of beans processing residues during the sugar cane ensiling process over the silage nutritional quality and fermentation characteristics. The experiment was conducted at UAG/UFRPE in Garanhuns - PE, where 20 silos made of PVC pipe were used, in which the residue of raw and previously ground common bean processing (*Phaseolus vulgaris* L.) was added to newly chopped sugar-cane in the proportions of 0, 50, 100 and 150g/kg of natural forage matter. We used a randomized design and regression analysis were performed according to the level of beans in silage. The losses from the ensiling process, the aerobic stability of the material, and the silage chemical composition, pH, NH<sub>3</sub>-N and IVDMD were analyzed. The inclusion of increasing levels of bean residue until the level of 150g/kg improved the quality of silages, since there was a reduction in gaseous losses, improvement in the food composition and in vitro digestibility of DM, without compromising the silages pH. The highest level of inclusion was that of 150g kg<sup>-1</sup> of green material ensiled. The inclusion of 150 g / kg of waste improvement of beans in cane sugar improves the characteristics of the silage and digestibility.

**Key Words:** aerobic stability, chemical composition, fermentation, pH

### **Introdução**

A produção de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) no Brasil é voltada para a produção de açúcar e etanol, porém, deve-se destacar o seu grande potencial forrageiro. A cana-de-açúcar é uma alternativa alimentar para ruminantes no período seco, pois, em razão da escassez de chuvas e da baixa qualidade das forrageiras, seu uso em associação principalmente à uréia fornece energia, fibra e proteína aos animais a um custo mais baixo.

A utilização da cana *in natura* tem um custo operacional muito alto, devido à mão-de-obra diária. A ensilagem é uma alternativa para reduzir esses custos, pois, concentra o manejo em

uma determinada época, além de evitar perdas através de queimadas (SILVA et al., 2008). Entretanto, a ensilagem da cana resulta em elevada produção de etanol no processo de fermentação, devido ao alto teor de carboidratos solúveis e da proliferação de leveduras fermentativas durante o processo de fermentação. Segundo Kung Junior & Stanley (1982), citados por Balieiro Neto et al. (2009), esses microrganismos transformam, quando submetidos a condições de anaerobiose, os açúcares em etanol, gás carbônico e água, resultando em perdas de nutrientes e do valor nutritivo.

Pesquisas foram desenvolvidas objetivando melhorar a fermentação, evitando perdas nutritivas do material ensilado. Alguns produtos são utilizados para essa finalidade, como os aditivos, que podem melhorar a fermentação, evitando a proliferação de leveduras e/ou melhorar o valor nutritivo da silagem.

Para a silagem da cana-de-açúcar o melhor aditivo seria um produto com alto teor de matéria seca (MS), evitando perdas nutritivas decorrentes da proliferação das leveduras (ANDRADE et al., 2001). A escolha do produtor pelo aditivo deverá recair naquele que apresente eficácia no controle das perdas quantitativas e qualitativas, durante a fermentação e exposição aeróbia, levando em consideração o baixo custo do produto.

Os resíduos agroindustriais de origem vegetal, como o obtido no beneficiamento do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), é uma boa opção, pois, sua produção é bastante expressiva e seu resíduo corresponde à cerca de 3 - 4% do total de feijão produzido (MAGALHÃES, 2005). O resíduo possui boa capacidade de absorção após a moagem e é composto por grãos quebrados e/ou pequenos, os quais contêm proteína de qualidade, carboidratos não fibrosos, minerais e vitaminas, o que lhe confere bom valor nutritivo.

Objetivou-se com este estudo avaliar a inclusão de resíduo do beneficiamento do feijão como (*Phaseolus vulgaris* L.) como aditivo da silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum* ssp.).

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Unidade Acadêmica de Garanhuns da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UAG-UFRPE), Garanhuns – PE, onde foi realizado o enchimento dos silos, o processamento e armazenamento das amostras. As análises laboratoriais foram realizadas nos Laboratórios de Nutrição Animal da UAG e da sede da UFRPE, e Laboratório de Nutrição do Campus de Areia - UFPB.

Utilizou-se a variedade de cana-de-açúcar RB 867515 com idade em torno de 12-13 meses e o corte da forrageira foi realizado manualmente durante o período da seca, efetuando-se a desfolha para a retirada das folhas secas, como normalmente é feito quando se fornece essa forrageira *in natura* aos animais. A desintegração foi feita em picadora estacionária regulada para cortar a forragem em partículas de aproximadamente 2 cm de comprimento. O resíduo do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) foi obtido em beneficiadoras do grão na região do Agreste Meridional de Pernambuco.

O resíduo de feijão utilizado nessa pesquisa era constituído de grãos avariados dos tipos: inteiros (amassados, enrugados, manchados, despeliculados e outros), partidos ou quebrados, da mistura dos cultivares preto e vermelho, não havendo predominância de determinado cultivar, nem a presença de impurezas. Foi previamente moído e adicionado à cana-de-açúcar recém-picada, nas proporções de 0, 50, 100 e 150g/kg da matéria verde da forragem, o que representou 0, 13, 24 e 33% da matéria seca da mistura dos tratamentos experimentais.

Foram coletadas amostras de cana-de-açúcar *in natura* e resíduo de feijão para posteriores análises bromatológicas.

A composição química da cana-de-açúcar e do resíduo de feijão foram determinadas segundo recomendações de Silva e Queiroz (2002) e está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição química do resíduo de feijão e da cana-de-açúcar utilizada na confecção das silagens

<b>Característica</b>	<b>Cana-de-açúcar</b>	
	<b>Resíduo de feijão</b>	<b><i>in natura</i></b>
Matéria Seca (%)	89,6	32,0
Proteína Bruta (%MS)	23,6	2,3
Extrato Etéreo (%MS)	1,5	1,0
Fibra em Detergente Neutro (%MS)	42,6	50,9
Fibra em Detergente Ácido (%MS)	16,9	34,0
Hemicelulose (%MS)	25,7	16,9
Nitrogênio Insolúvel em Detergente Ácido (%NT)	17,8	17,7
Nitrogênio Insolúvel em Detergente Neutro (%NT)	35,8	27,8
Matéria Mineral (%MS)	5,6	2,3

Foram utilizados 20 silos experimentais feitos com canos de PVC (60 cm de altura e 30 cm de diâmetro), os quais permaneceram em local coberto, em temperatura ambiente, até o momento da abertura. Inicialmente, cada silo foi preenchido com uma camada de areia seca de peso conhecido para retenção e posterior quantificação de efluentes. Em cada silo, foram colocados aproximadamente 23 kg de material, com o objetivo de obter densidade aproximada de 550 kg/m<sup>3</sup>, porém devido a compactação a densidade para os tratamentos obteve as seguintes médias: 552,6, 519,4, 452,3 e 527,5 kg de silagem/m<sup>3</sup> para os tratamentos com 0, 13, 24 e 33% de inclusão de resíduo, respectivamente.

A composição bromatológica das misturas, que constituíram os tratamentos experimentais, encontra-se na Tabela 2.

A compactação foi feita manualmente com auxílio de soquete de madeira e após a acomodação final da forragem, os silos foram fechados com tampa plástica, dotada de válvula de Bünsen para escape de gases, a qual foi lacrada com cola de silicone e fita adesiva.

Tabela 2 – Composição química do material original antes da ensilagem, de acordo com os tratamentos

<b>Característica (%MS)</b>	<b>Nível de resíduo (%MS)</b>			
	0	13	24	33
Matéria Seca	32,0	34,8	37,7	40,6
Proteína Bruta	2,3	3,3	4,4	5,4
Extrato Etéreo	1,0	1,0	1,0	1,0
Fibra em Detergente Neutro	50,9	50,5	50,1	49,7
Fibra em Detergente Àcido	34,0	33,2	32,3	31,5
Hemicelulose	16,9	17,3	17,8	18,2
Matéria Mineral	2,3	2,6	2,6	2,8

Após 300 dias de armazenamento, os silos foram abertos e todo o conteúdo foi retirado e colocado sobre lona plástica para homogeneização. Após esse procedimento, foram retiradas amostras de cada unidade experimental. Uma amostra foi utilizada para extração do suco por meio de prensa hidráulica, sendo utilizado aproximadamente 50 mL de suco de silagem para determinação do pH em potenciômetro digital, calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0.

Outra amostra foi pesada, acondicionada em saco de papel e mantida em estufa de ventilação forçada a 60°C por 72 horas. Em seguida, a amostra foi retirada da estufa e exposta à temperatura ambiente para determinação da matéria pré-seca. Posteriormente, foi processada em moinho tipo “Willey” passando por peneira de malha de 1 mm e armazenada em potes plásticos, para posterior determinação dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), segundo recomendações de Silva e Queiroz (2002) no Laboratório de Nutrição Animal (LNA) da Unidade Acadêmica de Garanhuns, Garanhuns – PE. O teor de carboidratos

não fibrosos (CNF) foi calculado pela expressão:  $CNF=100 - ((\%FDNcp-NIDN)+\%MM+\%PB+\%EE)$  proposto por Weiss (1999).

Outras três amostras foram utilizadas para a determinação da estabilidade aeróbica do material. Cada uma das três amostras (com cerca de 1 kg de silagem) foi acondicionada em baldes plásticos com capacidade de dois litros. Os baldes foram colocados em sala com temperatura ambiente média de  $24^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ . Realizou-se o monitoramento da temperatura das silagens e do ambiente durante um período de 240 horas por meio de termômetros com bulbos de mercúrio, com intervalo de 12 horas no primeiro dia e 24 horas nos demais, totalizando 12 aferições de cada amostra. Para o cálculo da estabilidade, utilizou-se o tempo gasto em horas para amassa de forragem elevar em  $2^{\circ}\text{C}$  a temperatura acima da temperatura ambiente. Após o período de exposição da silagem ao ar foram retiradas o suco da massa para obtenção do pH após estabilidade através do potenciômetro digital.

Para avaliação das perdas gasosa foi utilizada a metodologia proposta por Siqueira et al. (2010), onde os silos experimentais foram pesados antes e logo após a ensilagem e ao final do período de armazenamento. Para se obter o peso líquido da forragem contida em cada silo no início e final do experimento, utilizou-se a seguinte equação:  $PG = (PSI - PSF)/MSI \times 100$ , em que: PG = perdas por gases (% MS), PSI = peso do silo no momento da ensilagem (kg), PSF = peso do silo no momento da abertura (kg), MSI = matéria seca ensilada (quantidade de forragem em kg x %MS).

Ainda, segundo Siqueira et al. (2010), foram estimadas também as perdas pela formação de efluentes captados na camada de areia no fundo dos silos, pela diferença de peso antes da ensilagem e após o esvaziamento dos silos quando da abertura, utilizando-se a fórmula:  $PE = (PSAF - PSAI)/MNI \times 1000$ , em que: PE = produção de efluentes (kg de efluente/t de matéria verde ensilada), PSAF = peso do conjunto silo/areia antes da ensilagem

(kg), PSAI = peso do conjunto silo/areia após o esvaziamento, MNI = quantidade de forragem ensilada (kg).

A recuperação de matéria seca foi calculada seguindo a fórmula  $RMS (\%) = [(MVfo \times MSfo)/(MSi \times MSSi)] \times 100$ , em que MVfo: massa verde de forragem (kg) na hora da ensilagem; MSfo: matéria seca da forragem (%) na hora da ensilagem; MSi: massa da silagem (kg) na abertura dos silos; MSSi: matéria seca da silagem (%) na abertura dos silos, conforme metodologia de Santos et al. (2006).

A digestibilidade *in vitro* de matéria seca (DIVMS) foi estimada pelo método de dois estágios segundo recomendações de Tilley e Terry (1963), no Laboratório de Nutrição Animal (LNA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), em Areia-PB. As amostras foram analisadas em duplicata onde cerca de 0,5 g da amostra pré-seca foram colocadas em sacos de tecido não-tecido (TNT – 100 g/m<sup>2</sup>), posteriormente os sacos foram reunidos em um pote de vidro com capacidade para 2 litros e adicionado uma saliva artificial (solução de McDougall) e inóculo ruminal, de um caprino que recebia uma alimentação a base de capim elefante, concentrado e sal mineral. O pote foi vedado com tampa de plástico dotada de válvula de *bunsen* (imediatamente depois de passar CO<sub>2</sub>) sendo as amostras incubadas por 48 horas em equipamento do tipo Deisy II controlando a temperatura em torno de 39°C e agitando consecutivamente durante toda a fermentação. A segunda fase ocorreu após a inclusão de pepsina ao sistema, sendo levado novamente ao equipamento por mais 24 horas. Após esse período, os saquinhos com as amostras foram submetidos à lavagem em água corrente até a mesma ficar límpida, sendo, posteriormente, levados à estufa para secagem. A DIVMS foi calculada pela relação entre a quantidade incubada e o resíduo que ficou após a incubação.

O nitrogênio amoniacal, em relação ao nitrogênio total, foi determinado de acordo com a metodologia de Preston (1986).

O experimento foi analisado em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições, sendo os dados submetidos à análise de regressão em função dos níveis de feijão, utilizando-se o programa Statistical Analysis System (SAS, 2000).

## Resultados e Discussão

O teor de MS da cana-de-açúcar antes da ensilagem (31,97%) se encontra dentro do valor recomendado por Silveira (1975) e Bernardes et al. (2003), de cerca de 30% de MS, para obter uma fermentação de boa qualidade, pois em gramíneas tropicais com menos de 30% de MS, as silagens são as mais propensas à deterioração por bactérias (*Bacillus* e Enterobactérias), em virtude da estabilidade de fermentação em pH acima de 4,5.

Com relação aos componentes da fibra da cana-de-açúcar (Tabela 1), no presente trabalho foram encontrados teores de 50,95%, 34,03% e 16,87% para FDN, FDA, hemicelulose, respectivamente, valores esses que foram superiores aos encontrados por Azêvedo et al. (2003) e Fernandes et al. (2003), que avaliaram 16 variedades industriais com 16 meses de idade encontrando valores médios de 48,8 e 48,5% para FDN, 28,9 e 29,3% para FDA e 19,9 e 19,2% para hemicelulose.

O resíduo do beneficiamento do feijão utilizado nesse estudo apresentou valores superiores de MS, PB, NIDA, NIDN, FDA, FDN, MM de 89,62, 23,56, 17,78, 35,79, 16,86, 42,59, 5,58% respectivamente, aos encontrados por Magalhães et al. (2008) com teores de 86,88, 23,12, 12,64, 18,75, 10,37, 16,53, 5,30% para MS, PB, NIDA, NIDN, FDA, FDN, MM respectivamente.

A composição química das silagens obtidas se encontra na Tabela 3. Observa-se que houve perdas no teor de MS para todas as silagens, variando de 27,2% para a silagem sem aditivo e 29,9% para a silagem com 5% de resíduo de feijão, com média de perda para todas as

silagens da ordem de 28,5%. Essas perdas estão relacionadas, segundo Woolford (1984), com a diminuição de conteúdo celular, principalmente de carboidratos solúveis, durante o processo fermentativo. McDonald et al. (1991) relata que outras vias comuns de perdas de matéria seca são a produção de efluentes e a perda por água resultante de reações metabólicas.

Tabela 3 - Composição química e digestibilidade das silagens de cana-de-açúcar com diferentes níveis de resíduo de feijão

Variáveis (%MS)	Silagem				CV%	Equação	R <sup>2</sup>
	Nível de resíduo (% MS)						
	0	13	24	33			
MS (%)	23,3	24,4	27,3	28,6	4,5	Y=22,940 + 0,170x	78,22
PB	2,6	6,7	8,7	10,85	9,4	Y=2,922 + 0,246x	95,72
EE	1,7	1,8	1,7	2,35	35,8	Y=1,887	0,08
FDN	79,5	69,6	59,4	55,19	2,9	Y=79,209 - 0,760x	96,30
FDA	53,1	47,0	40,8	38,72	3,1	Y=52,784 - 0,451x	94,64
HEMI	25,9	22,7	19,2	17,13	8,8	Y=24,762 - 0,378x	90,39
NIDA	31,4	25,5	23,2	19,84	19,8	Y=24,985	44,01
NIDN	55,8	28,7	25,1	24,36	10,1	Y=55,261 - 2,540x + 0,049x <sup>2</sup>	94,49
MM	2,9	3,1	2,9	3,28	7,2	Y=3,045	22,09
MO	97,1	96,9	97,1	96,71	0,2	Y=96,952	22,09
CHT	92,8	88,4	86,6	83,50	1,1	Y=92,571 - 0,270x	92,55
CNF	14,9	21,2	30,5	32,42	9,2	Y=14,835 + 0,566x	91,26
DIVMS	36,9	38,1	46,4	58,48	3,9	Y=36,980 - 0,288x + 0,028x <sup>2</sup>	95,51

CV (coeficiente de variação), Equação linear e quadrática, R<sup>2</sup> (coeficiente de determinação), MS (matéria seca), PB (proteína bruta), EE (extrato estéreo), FDN (fibra em detergente neutro), FDA (fibra em detergente ácido), HEMI (hemicelulose), NIDA (nitrogênio insolúvel em detergente ácido em relação à percentagem de nitrogênio total), NIDN (nitrogênio insolúvel em detergente neutro em relação à percentagem de nitrogênio total), MM (Matéria Mineral), MO (Matéria Orgânica), CHT (Carboidratos Totais), CHF (Carboidratos Não Fibrosos) e DIVMS (digestibilidade *in vitro* da MS).

Avaliando o material fermentado (Tabela 3), verifica-se que a adição de níveis crescentes de resíduo do beneficiamento do feijão influenciou positivamente (P<0,05), aumentando o teor de matéria seca das silagens, comparado ao tratamento sem resíduo de feijão, o que significou maior conteúdo de MS disponível. Os teores foram 23,29, 24,44, 27,33 e 28,62% de MS nas silagens que receberam 0, 13, 24 e 33% de feijão,

respectivamente. Esses maiores teores estão relacionados ao maior teor de MS no resíduo de feijão, portanto, a adição de feijão até o nível de 33% na matéria seca do material ensilado favoreceu para maior teor de MS da silagem.

Cada unidade de resíduo de feijão adicionado significou 0,170% de matéria seca no produto final. Woolford (1984) sugeriu que silagem de boa qualidade deve apresentar teores de MS de 25 a 28%. Avaliando os valores encontrados nessa pesquisa, apenas as silagens com os níveis de 24 e 33% do resíduo se encontram dentro ou acima dessa faixa.

O teor de PB do material ensilado foi influenciado ( $P < 0,05$ ) pelo resíduo de feijão, significando um aumento de 0,246% no teor de proteína para cada unidade de resíduo de feijão. Trata-se de contribuição importante para corrigir uma das deficiências da cana-de-açúcar, que é o baixo teor de PB, e garantir, com isso, que todas as silagens que receberam a inclusão do resíduo de feijão apresentassem acima de 1% de nitrogênio na matéria seca, teor considerado o mínimo para atender as necessidades dos microrganismos ruminais.

Os níveis de EE de todas as silagens foram baixos, em decorrência dos baixos níveis nos alimentos originais, sendo esta uma fração nutricional que apresenta baixa contribuição para a nutrição geral de ruminantes alimentados com silagens de cana-de-açúcar.

Em relação aos componentes da fração fibra das silagens, observou-se que houve resposta linear ( $P < 0,05$ ) para os teores de FDN e FDA com a adição do resíduo de feijão. A silagem sem adição do resíduo apresentou maiores teores de FDN na MS (79,48%) quando comparada às silagens com adições do resíduo, significando um aumento de 56%.

O efeito sobre fração hemicelulose foi linear ( $P < 0,05$ ), significando uma redução de 0,378% de hemicelulose para cada unidade de resíduo de feijão.

O aumento nos teores de FDN após a ensilagem está de acordo com Evangelista et al. (2003), que avaliaram o perfil fermentativo na ensilagem da cana-de-açúcar e observaram

elevação no teor de FDN de 56,6 para 75,6% após 50 dias de fermentação. Da mesma forma, Castro Neto et al. (2003), também verificaram elevação dos teores de FDN, de 55,1 para 72,9% na silagem de cana-de-açúcar sem aditivo. Valor semelhante ao encontrado nessa pesquisa para FDN na silagem sem aditivo (79,47% MS) também foi encontrado por Muraro et al. (2009) de 79,76% MS quando trabalhou com silagem de cana-de-açúcar com 180 dias de rebrote. Segundo McDonald et al. (1991), a elevação no teor de FDN é relativa e ocorre devido à perda de conteúdo celular no período de fermentação. Ferreira et al. (2007) explicam que ao longo do processo fermentativo há uma redução do conteúdo de carboidratos solúveis, utilizados pelos microrganismos presentes na silagem e, conseqüentemente, ocorre redução do conteúdo de MS, provocando dessa maneira aumento percentual dos constituintes da parede celular que não são utilizados pelos microrganismos para seu metabolismo. Esse fato foi observado pelo autor quando confeccionou silagem de cana-de-açúcar sem aditivo e avaliou a composição química no 1, 3, 5, 7, 14, 28 e 56º dia após a ensilagem, durante o decorrer do processo ele encontrou valores que variaram entre 54,26 a 69,65% de FDN na MS.

Silagens de cana-de-açúcar confeccionadas sem aditivos frequentemente resultam em materiais com elevados teores de fibra, devido à ausência de inibição de leveduras, que são os maiores responsáveis pela redução do conteúdo celular nessas silagens (Lopes & Evangelista, 2010). Esse comportamento pode explicar o alto teor de FDN encontrado na silagem sem aditivo nessa pesquisa, que foi de 79,48%, média superior às encontrados nas pesquisas supracitadas, resultado do maior tempo de armazenamento da silagem, que foi de 300 dias. Bernardes et al. (2007) constataram que quanto maior o teor de açúcar solúvel disponível (silagens sem aditivo), maior será o acréscimo na proporção da fibra da silagem, atribuindo esse fato a concentração da FDN ao consumo de CHOs durante a fermentação. Daí, considerados os tratamentos experimentais estudados, a silagem de cana-de-açúcar elaborada sem o resíduo de feijão se apresentou, do ponto de vista nutricional, desfavorecida em relação

ao material original, posto que apresentou aumento de 56% no teor de FDN e redução no teor de matéria seca final de 27,5%.

A inclusão do resíduo do beneficiamento do feijão proporcionou menores teores da fração de nitrogênio insolúvel na FDN (NIDN). Essa fração é um dos fatores limitantes de ingestão de alimentos nos ruminantes, por isso silagens com maiores teores de NIDN podem limitar a ingestão e limitar a capacidade deste alimento em fornecer nutrientes para os animais (FREITAS et al., 2006a). A silagem sem aditivo apresentou nível de NIDN bastante elevado, aproximadamente 55% do nitrogênio total se encontrou complexado a fibra, ficando indisponível ao animal. A proteína bruta da cana-de-açúcar, já muito baixa, não é elevada no processo de ensilagem e, ainda, apresenta-se com um teor alto dessa fração ligada à fibra, prejudicando ainda mais o valor nutricional do material ensilado.

Quando comparamos os valores de NIDA (nitrogênio insolúvel em detergente ácido) da cana-de-açúcar *in natura* com o material após o processo de ensilagem, observa-se que ocorreu aumento bastante significativo nos tratamentos com 0, 13 e 33% de aditivo. Segundo Rodrigues et al. (2004), os teores de NIDA refletem a ocorrência da reação de Mayllard, que promove a complexação do nitrogênio à fibra, especialmente à hemicelulose, ocasionando diminuição do valor nutritivo da silagem por meio da indisponibilização de nitrogênio para o aproveitamento pelo animal. Provavelmente essa reação não ocorreu no processo de fermentação, uma vez que a temperatura da silagem no momento da abertura dos silos não se encontrava alta, no presente estudo o NIDA não foi influenciado pela inclusão do resíduo de feijão.

A matéria mineral e matéria orgânica não foram influenciadas ( $P>0,05$ ) pela inclusão do resíduo de feijão.

Todavia, para os carboidratos totais e carboidratos não-fibrosos, houve influência ( $P<0,05$ ) do aditivo. A redução no teor dos carboidratos totais é explicada pelo aumento nos

níveis de proteína bruta com a inclusão do resíduo de feijão. Já o aumento dos carboidratos não-fibrosos se deu pela redução da fibra em detergente neutro, promovida pela inclusão do resíduo de feijão.

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca foi favorecida à medida que se incluiu o resíduo de feijão. Embora a resposta tenha sido quadrática, com ponto de mínimo de 0,194% de inclusão do resíduo de feijão, significa que o aditivo melhora a digestibilidade da matéria seca. A silagem da cana-de-açúcar sem aditivo e com 13% de resíduo obtiveram menores valores de digestibilidade aparente, devido aos maiores níveis de FDN na sua composição de 79,48 e 69,60%, respectivamente. A diferença na digestibilidade da silagem sem aditivo e a que recebeu o maior teor foi de 58,2%, favorecendo fortemente o valor nutricional da silagem aditivada. Esses resultados corroboram observações de Van Soest (1994) e Magalhães (2006), em que os constituintes da parede celular, presentes na cana-de-açúcar, apresentam baixa taxa de degradação pelos microrganismos. Levando em consideração as reduções de parede celular à medida que se aumentou a inclusão do resíduo, era de se esperar que aumentasse também a disponibilidade de nutrientes para os microrganismos. Conforme Gentil et al. (2007), a digestibilidade da silagem de cana-de-açúcar pode obter maiores índices quando tratada quimicamente, fisicamente ou biologicamente, contribuindo dessa maneira para melhor aproveitamento da forragem. Adicionalmente a essa idéia, segundo Nússio et al. (2006), para o material *in natura*, os carboidratos solúveis podem dificultar a digestão da celulose, uma vez que os microrganismos do rúmen dão preferência aos substratos de fácil fermentação, quando comparados à fibra.

Em relação à perda por efluentes (Tabela 4), não houve influência da adição do resíduo de feijão, com média de 33,5%. A perda de carboidratos solúveis na forma de gases durante a fermentação acarreta na formação de água, contribuindo para uma maior formação de efluentes durante o período de conservação. A produção de efluentes, provavelmente, está relacionada à

maior formação de H<sub>2</sub>O formado através do metabolismo das leveduras que transformam os açúcares e o lactato em etanol, CO<sub>2</sub> e água.

Comparar resultados para esse tipo de variável se torna difícil pelo fato de que vários fatores podem estar relacionados, como: teor de MS do material ensilado, quanto maior o teor desse componente menor será a formação de efluente, devido à menor quantidade de umidade do material.

Tabela 4 - Valores médios das perdas por efluentes e gases e recuperação de matéria seca de silagens de cana-de-açúcar com diferentes níveis de resíduo do beneficiamento do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).

Variáveis	Nível de resíduo (%MS)				CV (%)	Equação	R <sup>2</sup>
	0	13	24	33			
Efluentes (kg/t de MV)	35,5	31,0	39,3	28,3	51,4	Y= 33,51	0,00
Gases (%MS)	19,0	16,9	16,5	11,9	11,5	Y=19,430-0,190x	64,24
Recuperação de MS (%)	76,9	79,4	91,1	88,0	6,3	Y=83,85	37,27

CV (coeficiente de variação), R<sup>2</sup> (coeficiente de determinação), Equação de regressão linear.

A pressão de compactação também pode influenciar em maiores perdas por efluentes, pois quanto maior a compressão do material maior será a liberação de líquidos. A formação de efluentes em todos os tratamentos acarretou em silagens obtidas com níveis de fibra superiores àqueles do material original (Tabela 3).

As perdas gasosas foram influenciadas ( $P < 0,05$ ) com a adição do resíduo do beneficiamento do feijão (Tabela 4). Para cada unidade do aditivo, houve redução de 0,190% de produção de gases, que está relacionada ao processo de compactação. Segundo McDonald et al. (1991), as perdas por gases dependem dos microrganismos envolvidos na fermentação e dos substratos fermentescíveis. Portanto, procedimentos que restrinjam a ação de microrganismos, como melhor compactação, fornecimento de carboidratos solúveis e redução do teor de umidade, resultariam em aumento do coeficiente fermentativo. Desse modo, as

fermentações seriam extensas e acompanhadas de menores perdas por gases (Ribeiro et al. 2009).

As perdas por gases apresentaram-se semelhantes às observadas por Pedroso et al. (2005), da ordem de 15%, com abertura do silo aos 180 dias, mas superiores às encontradas por Balieiro Neto et al. (2009), que foi 9,4%, cujos silos foram abertos aos 84 dias após a ensilagem. Essas diferenças podem estar associadas exatamente ao tempo decorrente entre a ensilagem e a abertura dos silos, que podem promover maiores perdas no processo quanto maior for o tempo de ensilagem. Já a recuperação da MS não foi influenciada pela adição do resíduo de feijão (Tabela 4).

A recuperação da matéria seca não foi influenciada pela adição do resíduo de feijão (Tabela 4), apresentando média de 83,85%.

Na Tabela 5 são encontrados os valores de pH após abertura dos silos e após a estabilidade aeróbica, onde se verifica que houve influência ( $P < 0,05$ ) dos níveis de inclusão do resíduo de feijão, aumentando, linearmente, o pH das silagens. Todavia, observa-se que os valores de pH para todas as silagens encontram-se dentro da faixa considerada por McDonald (1991) como ideal em silagens (pH de 3,0 a 4,0). A maior parte dos trabalhos com silagem de cana-de-açúcar mostram valores de pH entre 3,2 e 3,8 (PEDROSO et al., 2007; LOPES et al., 2007; SANTOS et al., 2006), semelhantes aos valores encontrados nesse trabalho. Entretanto, Schmidt et al. (2007) ressaltaram que estudos de dinâmica de fermentação de silagens de cana-de-açúcar descrevem valores de pH próximos a 4,0 no segundo dia de fechamento do silo. Esses autores afirmam que, em substratos com alto teor de carboidratos solúveis, como a cana-de-açúcar, o pH não é inibitório para as leveduras, que podem se desenvolver nesses ambientes sob pH inferior a 3,5. Por essa razão, as perdas decorrentes do processo de

fermentação tendem a aumentar conforme o passar dos dias, pois, microrganismos do tipo leveduras não ficam inibidas com o cair do pH.

Tabela 5 - Valores médios dos teores de nitrogênio amoniacal, potencial hidrogênionico e temperatura após das silagens após abertura dos silos e após estabilidade aeróbia.

Característica	Nível de resíduo (%MS)				CV (%)	Equação	R <sup>2</sup>
	0	13	24	33			
Nitrogênio Amoniacal (%NH <sub>3</sub> /NT)	2,2	3,7	4,9	5,5	9,4	Y=2,921+0,246x	95,72
pH na abertura dos silos	3,5	3,7	3,7	3,8	2,6	Y=3,495+0,010x	63,42
pH após 240h de exposição ao ar	3,4	4,3	5,2	5,2	18,6	Y=3,551+0,057x	43,90
Temperatura (°C) da estabilidade aeróbia	25,0	26,2	27,5	26,5	11,5	Y=24,800+0,571x	0,46

CV (coeficiente de variação); R<sup>2</sup> (coeficiente de determinação); Equação de regressão linear

Pode-se observar que a inclusão de níveis crescentes de resíduo proporcionou um aumento para o pH após a estabilidade aeróbia, representando a silagem com 33% de resíduo o maior pH. Quando ocorre a abertura do silo e a silagem fica exposta ao ar, os microrganismos que crescem na presença do ar iniciam seu crescimento tendo como fonte de energia o ácido lático, esse fato é o que determina a elevação de pH da silagem quando exposta ao ar.

A elevação no pH também pode ser explicado devido a maior quantidade de carboidratos solúveis remanescentes na silagem com aditivo, que servem de substrato para o desenvolvimento de microrganismos aeróbios na silagem, tornando a silagem mais propensa ao aquecimento e à deterioração durante o período pós-abertura (AMARAL et al., 2009). Verifica-se, para o presente estudo, que a inclusão do resíduo de feijão, que aumentou os teores de carboidratos não fibrosos e de proteína, devendo ter permanecido maior quantidade

de carboidratos solúveis residuais, aumentou o pH após estabilidade à medida que aumentou o nível de inclusão do aditivo.

Em relação ao nitrogênio amoniacal (Tabela 5), também houve influência do aditivo, que aumentou linearmente ( $P < 0,05$ ) os valores de  $N-NH_3$ , das silagens, o que pode se relacionar com os mais altos teores de proteína bruta das silagens, resultado da contribuição do resíduo de feijão. Também cabe ressaltar que o pH final por si só não é indicativo de produção de silagem de qualidade, mas quando associado aos níveis de nitrogênio amoniacal ( $N-NH_3$ ) fornece um indicativo de como ocorreu o processo de fermentação.

Pedroso et al. (2008) obtiveram pH de 3,65 para silagens de cana-de-açúcar sem aditivo e com níveis de MS de 280g/kg. Ainda assim, pode-se inferir que o incremento dos níveis de PB das silagens nos níveis estudados não foram suficientes para a formação de  $N-NH_3$  em quantidade suficiente para comprometer o abaixamento do pH das silagens, o que é bastante satisfatório. Isso pode indicar que, até os níveis estudados, não houve uma degradação excessiva de proteína a  $N-NH_3$ , permitindo maior disponibilidade de proteína dietética verdadeira para utilização pelos microrganismos ruminais.

Os resultados encontrados neste trabalho para o  $N-NH_3$  podem ser considerados muito bons. De acordo com Silveira (1987), silagens de boa qualidade apresentam valores de nitrogênio amoniacal de no máximo 8,0% do nitrogênio total. Portanto, esse indicador informa que as silagens com até 33% na MS de resíduo de feijão apresentaram um bom padrão fermentativo.

A formação de  $N-NH_3$  no silo está associada à fermentação de aminoácidos e às elevadas perdas de compostos nitrogenados. Os teores de  $N-NH_3$  estão associados também a maiores quantidades de carboidratos fermentáveis, a concentração protéica, ao pH, ao tempo ensilagem e ao tempo de fermentação da silagem. Levando em consideração que a inclusão do

resíduo proporcionou maiores teores de carboidratos de fácil fermentação, maiores teores de proteína, maiores teores de pH após fermentação e ao prolongado tempo de fermentação (300 dias) nas silagens, era se esperar que ocorresse maior formação de  $N-NH_3$  nos tratamentos que foram aditivados.

A temperatura das silagens após a abertura dos silos aumentou linearmente ( $P < 0,05$ ) com a inclusão do resíduo de feijão (Tabela 5). Observa-se que para cada nível do aditivo a temperatura aumentou em  $0,571^\circ C$ . Portanto, o resíduo de feijão diminuiu a estabilidade aeróbia das silagens.

De acordo com Weinberg et al. (1993), silagens resultantes de fermentação desejável, em virtude da elevada concentração de lactato, geralmente são mais propensas à deterioração aeróbia. A maior quantidade de carboidratos fermentescíveis presentes no resíduo de feijão também pode ter contribuído para uma menor estabilidade quando se utilizou o resíduo. Uma das causas para a deterioração aeróbia é a presença de leveduras fermentadoras na silagem, que utilizam os açúcares e o lactato no seu metabolismo. Quando ocorre a entrada de ar ou a abertura do silo a quantidade de leveduras fermentadoras diminui e a de leveduras oxidativas aumenta, reduzindo a qualidade nutricional da silagem.

## **Conclusões**

A adição do resíduo de feijão à cana-de-açúcar, quando conservada na forma de silagem, proporcionou um alimento com qualidade nutricional superior, quando comparado com a silagem sem aditivo.

O aditivo, na forma e quantidades em que foi incluídos, favoreceu a redução na perda por gases e efluentes

Pode-se adicionar até 33% de resíduo de feijão, com base na matéria seca, na ensilagem de cana-de-açúcar, garantindo maior digestibilidade *in vitro*, maiores teores finais de proteína bruta e menores teores de parede celular.

### Referências bibliográficas

- AMARAL, R.C.; PIRES, A.V.; SUSIN, I. et al. Cana-de-açúcar *in natura* com e sem aditivos químicos: estabilidade aeróbia dos volumosos e das rações. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.10, p.1857-1864, 2009.
- ANDRADE, J.B.; FERRARI Jr., E.; BRAUN, G. Valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia e acrescida de rolão-de-milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v36, n.9, p.1169-1174, 2001.
- AZEVÊDO, J.A.G.; PEREIRA, J.C.; CARNEIRO, P.C.S. et al. Avaliação da divergência nutricional de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1431-1442, 2003.
- BALIEIRO NETO, G.; FERRARI Jr., E.; NOGUEIRA J.R. et al. Perdas fermentativas, composição química, estabilidade aeróbia e digestibilidade aparente de silagem de cana-de-açúcar com aditivos químico e microbiano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.6, p.621-630, 2009.
- BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P. Dinâmica microbológica e alterações químicas das silagens de capim-Marandú (*Brachiaria brizantha* cv. Marandú) após a abertura dos silos. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003. (CD-ROM).
- BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; et al. Avaliação da queima e da adição de milho desintegrado com palha e sabugo na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.269-275, 2007.
- CASTRO NETO, A.; FERREIRA, D.A.; MOLINA, L.R. et al. Avaliação de silagens de cana-de-açúcar submetidas a diferentes tratamentos: II. Proteína bruta, frações fibrosas e digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003. (CD-ROM).
- EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A.; SIQUEIRA, G.R. et al. Perfil de fermentação da silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum spp* L.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003. (CD-ROM).
- FERNANDES, A.M.; QUEIROZ, A.C.; PEREIRA, J.C. et al. Composição químico-bromatológica de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp* L.) com diferentes ciclos de produção (Precoce e Intermediário) em três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.977-985, 2003.

- FERREIRA, D.A.; GONÇALVES, L.C.; MOLINA, L.R. et al. Características de fermentação da silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia, zeólita, inoculante bacteriano e inoculante bacteriano/enzimático. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, p.423-433, 2007.
- FREITAS, A.W.P; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C. et al. Avaliação da qualidade nutricional da cana-de-açúcar com aditivos microbianos e enriquecida com resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.38-47, 2006(a).
- FREITAS, A.W.P; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C. et al. Características da silagem de cana-de-açúcar tratada com inoculante bacteriano e hidróxido de sódio e acrescida de resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.48-59, 2006 (b).
- GENTIL, R.S.; PIRES, A.V.; SUSIN, I. et al. Digestibilidade aparente de dietas contendo silagem de cana-de-açúcar tratada com aditivo químico ou microbiano para cordeiros. **Acta Scientiarum. Animal Sciences.**, v.29, n.1, p.63-69, 2007.
- KUNG JUNIOR, L.; STANLEY, R.W. Effect of stage of maturity on the nutritive value of whole-plant sugarcane preserved as silage. **Journal of Animal Science**, v.54, p.689-696, 1982.
- LOPES, J. & EVANGELISTA, A.R. Características bromatológicas, fermentativas e população de leveduras de silagens de cana-de-açúcar acrescida de uréia e aditivos absorventes de umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n. 5, p.984-991, 2010.
- LOPES, J.; EVANGELISTA, A.R.; ROCHA, G.P.. Valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar acrescida de uréia e aditivos absorventes de umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1155-1161, 2007 (supl.).
- MAGALHÃES, A.L.R. **Resíduo proveniente do beneficiamento do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em rações para bovinos**. Viçosa: Universidade Federal Rural de Viçosa, 2005. 111p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2005.
- MAGALHÃES, A.L.R.; CAMPOS, J.M.S.; CABRAL, L.S. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: parâmetros digestivos e ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.591-599, 2006
- MAGALHÃES, A.L.R.; ZORZI, K.; QUEIROZ, A.C. Resíduo proveniente do beneficiamento do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em rações para vacas em lactação: consumo, digestibilidade, produção e composição do leite e eficiência de alimentação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p.529-537, 2008.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcomb Publication, 1991, 340p.
- MURARO, G.B.; ROSSI JUNIOR, P.; OLIVEIRA, V.C. et al. Efeito da idade de corte sobre a composição bromatológica e as características da silagem de cana-de-açúcar plantada em dois espaçamentos e três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1525-1531, 2009.
- NUSSIO, L.G. et al. Metabolismo de carboidratos estruturais. In: BERCHIELLI, T.T. et al. (Ed.). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. p. 182-228.
- PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; LOURES, D.R.S. et al. Efeito do tratamento com aditivos químicos e inoculantes bacterianos nas perdas e na qualidade de silagens de cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, v.36, p.558-564, 2007.

- PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; LOURES, D.R.S. et al. Fermentation, losses, and aerobic stability of sugarcane silages treated with chemical or bacterial additives. **Scientia Agricola**, v.65, n.6, p.589-594, 2008.
- PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; PAZIANE, S.F. et al. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silagem. **Scientia Agricola**, v.62, n.5, p.427-432, 2005.
- PRESTON, T.R. **Better utilization of crop residues and by products in animal feeding: research guidelines**. A practical manual for research workers. Rome: FAO, 1986. p.154
- RIBEIRO, J.L.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B.; et al. Efeito de absorventes de umidade e de aditivos químicos e microbianos sobre o valor nutritivo, o perfil fermentativo e as perdas em silagens de capim-marandú. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.2, p.230-239, 2009.
- RODRIGUES, P.H.M.; ALMEIDA, L.F.S.; LUCCI, C.S. et al. Efeito da adição de inoculantes microbianos sobre o perfil fermentativo da silagem de alfafa adicionada de polpa cítrica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1646-1653, 2004.
- SANTOS, E.M.; ZANINE, A.M.; FERREIRA, D.J.; OLIVEIRA, J.S. de.; PEREIRA, O.G.; ALMEIDA, J.C. de C. Efeito da adição do soro de queijo sobre a composição bromatológica, fermentação, perdas e recuperação de matéria seca em silagem de capim elefante. **Ciência Animal Brasileira**, v. 7, n. 3, p. 235-239, 2006.
- SCHIMIDT, P.; MARI, L.J.; NUSSIO, L.G. 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, p.1666-1675, 2007.
- SILVA, D.J. & QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos: Métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2002, 235p.
- SILVA, E.J.A.; BORGATTI, L.M.O.; MEYER, P.M. et al. Efeitos do teor de carboidratos solúveis sobre as características da silagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.8, p.1375-1382, 2008.
- SILVEIRA, A.C. Produção e utilização de silagens. In: SEMANA DE ZOOTECNIA, 12., 1987, Pirassununga. **Anais...** Pirassununga: Fundação Cargill. P.119-134.
- SILVEIRA, A.C. Técnicas para produção de silagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 2., 1975, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba: ESALQ, 1975, p.156-180.
- SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P. et al. Queima e aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.103-112, 2010.
- STATISTICAL ANALYSES SYSTEM INSTITUTE, Inc 2000. **SAS User's guide: statistics**. Version 6,12. Cary. USA: North Carolina State University, 2000. 956p.
- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal British Grassland Society**, v.18, p.104-111, 1963.
- Van SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell Iniversit Press, 1994. 476p.
- WEINBERG, Z.G.; ASHBELL, G.; HEN, Y. et al. The effect of applying lactic acid bacteria at ensiling on the aerobic stability of silages. **Journal of Applied Bacteriology**, v.75, p.512-518, 1993.

CONCEIÇÃO, M.G. da. Avaliação do resíduo do beneficiamento do feijão...

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