



FUNDAÇÃO
ARAUCÁRIA



ISBN 978-85-63633-09-5



9 788563 633095

Clóves Cabreira Jobim
Ulysses Cecato
Marcos Weber do Canto
Organizadores

ANAIIS DO IV SIMPÓSIO:
PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS

STHA



ISBN 978-85-63633-09-5



Anais do
IV SIMPÓSIO:
PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS



Clóves Cabreira Jobim
Ulysses Cecato
Marcos Weber do Canto
Organizadores

Anais do
IV SIMPÓSIO:
PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS

Clóves Cabreira Jobim
Ulysses Cecato
Marcos Weber do Canto

Anais do
IV SIMPÓSIO:
PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS

Maringá, PR
2011

Copyright © 2011 para os autores

Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução, mesmo parcial, por qualquer processo mecânico, eletrônico, reprográfico etc., sem a autorização, por escrito, dos autores.

Todos os direitos reservados desta edição 2011 para Sthampa Gráfica e Editora

O conteúdo dos capítulos, assim como as tabelas, figuras e fotos são de inteira responsabilidade do(s) autor(es).

Revisão textual e gramatical: Responsabilidade dos respectivos autores.

Normalização textual e de referências: Responsabilidade dos respectivos autores.

Projeto gráfico/diagramação: Marcia Lang

Imagens/fotografias: fornecidas pelos autores

Capa - arte final: Marcia Lang

Fonte: Goudy Old Style

Tiragem - versão impressa: 400 Exemplares

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR., Brasil)

S612

Simpósio : Produção e Utilização de Forragens
Conservadas (4. : 2011 : Maringá, PR)
Anais do IV Simpósio Sobre Produção e Utilização
de Forragens Conservadas / organizadores Clóves
Cabreira Jobim, Ulysses Cecato, Marcos Weber do
Canto. -- Maringá, PR : UEM/CCA/DZO, 2011.
292 p.

ISBN 978-85-63633-09-5

1. Forragens conservadas - Produção e utilização.
2. Silagem - Custo benefício. 3. Sistema de produção
- Carne e leite. 4. Gramíneas e cereais - Silagem.
5. Riscos ambientais e aspectos bioeconômicos -
Conservação de forragem. 6. Microbiologia - Silagem.
I. Jobim, Clóves Cabreira. II. Cecato, Ulysses. III.
Canto, Marcos Weber do. IV. Universidade Estadual de
Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento
de Zootecnia. V. Título.

CDD 21. ed. 636.086

PROMOÇÃO

Departamento de Zootecnia - UEM
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UEM - PPZ
GESF - Grupo de Estudos em Silagem e Feno (UEM 0102)

Apoio

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CAPES - Coordenação de Pessoal de Nível Superior
FA - Fundação Araucária

STHAMP

Gráfica e Editora

Av. São Domingos, 1269 - Maringá-Paraná - Fone/Fax: |44| 3302 4411 - E-mail: grafica@sthampa.com.br

SUMÁRIO

PREFÁCIO 7

SILAGEM DE CAPIM EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CARNE OU LEITE: RELAÇÕES CUSTO X BENEFÍCIO.

Ricardo Andrade Reis, Rogerio Marchiori Coan, Bruno Ramalho Vieira 9

PERSPECTIVAS PARA USO DE SILAGEM DE CEREAIS DE INVERNO NO BRASIL

Valter Harry Bumbieris Junior, Marcos Roberto Oliveira, Clóves Cabreira Jobim,
Marco Aurélio Alves de Freitas Barbosa, Leticia Maria de Castro,
Rondineli Pavezzi Barbero 39

USO DE FORRAGENS CONSERVADAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CARNE: ASPECTOS BIOECONÔMICOS.

Odilon Gomes Pereira, André Soares de Oliveira, Karina Guimarães Ribeiro 73

APLICAÇÃO DE PROCEDIMENTOS TÉCNICOS NA ENSILAGEM DO MILHO VISANDO MAIOR DESEMPENHO ANIMAL

Mikael Neumann, Marcos Rogério de Oliveira, Paula Maria Zanette,
Robson Kyoshi Ueno, Fabiano Marafon, Michel Pereira de Souza 95

RELAÇÃO CUSTO BENEFÍCIO NA PRODUÇÃO DE SILAGEM COM MILHO Bt

Geraldo Balieiro Neto, Roberto Botelho Ferraz Branco,
Terezinha Monteiro dos Santos Cividanes, José Ramos Nogueira,
Mária do Rosário Fernandes Felix, Luiz Carlos Roma Junior,
Mauro Sartori Bueno, Evaldo Ferrari Junior, Rosana Possenti,
Fernando Manuel de Campos Trindade Rei 131

FLUXO DE NUTRIENTES EM ECOSISTEMAS DA PRODUÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS

Thomas Newton Martin, Paulo Sérgio Pavinato, Marciela Rodrigues da Silva,
Sidney Ortiz, Patricia Bertonceli 173

FUNGOS E MICOTOXINAS EM SILAGENS.

Rafael Camargo do Amaral, Luiz Gustavo Nussio 221

RISCOS AMBIENTAIS ORIUNDOS DE COMPOSTOS ORGÂNICOS
VOLÁTEIS E DO EFLUENTE PRODUZIDO POR SILAGENS.

Patrick Schmidt, Charles Ortiz Novinsk, Daniel Junges 251

FATORES LIMITANTES PARA A ADOÇÃO DA TECNOLOGIA DE
FENAÇÃO EM DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO ANIMAL

Antônio Ricardo Evangelista, Ricardo Andrade Reis, Greiciele de Moraes 271

PREFÁCIO

Esta publicação contém os textos referentes as palestras apresentadas no **IV Simpósio Sobre Produção e Utilização de Forragens Conservadas**. Com esta publicação pretendemos dar continuidade a proposta de levar a pesquisadores, produtores, acadêmicos das ciências rurais e segmento da indústria os recentes avanços nas pesquisas relacionadas à tecnologia de silagem e feno. Nas últimas décadas as pesquisas com forragens conservadas, no Brasil, têm aumentado significativamente. São muitas as informações geradas nas universidades, instituições de pesquisas e mesmo no segmento produtivo. Acreditamos que as informações aqui contidas serão de grande importância para o segmento produtivo e para aqueles que desenvolvem atividades na área de forragens conservadas. Também é fonte de consulta de grande importância para estudantes de graduação e de pós-graduação, pois reuni informações relativas às pesquisas desenvolvidas por renomados pesquisadores do Brasil e do exterior.

Os Editores.

SILAGENS DE CAPINS TROPICAIS: VALOR ALIMENTÍCIO

*Ricardo Andrade Reis¹
Rogerio Marchiori Coan²
Bruno Ramalho Vieira³*

1. INTRODUÇÃO

A oferta de forragem de alta qualidade ao longo do ano é uma premissa básica para a eficiente exploração de sistemas de produção de carne e leite, em decorrência da estacionalidade da produção de alimentos oriundos das pastagens formadas com gramíneas tropicais.

A produção de silagens de gramíneas tropicais requer a adoção de técnicas que minimizem as perdas e propiciem a preservação do valor nutritivo da forragem para atender as exigências de manutenção e produção de diferentes categorias de animais. As espécies de capins tropicais apresentam altas taxas de crescimento, porém em virtude dos altos valores de perdas verificados nas diversas fases do processo de ensilagem, os expressivos patamares de produtividade da matéria seca nem sempre são traduzidos em alimento de qualidade disponível aos animais. A quantificação dessas perdas e a busca por técnicas que as minimizem, devem ser priorizadas na ensilagem de gramíneas (Balsalobre et al., 2001).

A viabilidade econômica da utilização das silagens de capins tropicais, principalmente nas dietas de bovinos confinados é outro aspecto que merece atenção, visto que esse alimento foi citado em trabalhos de revisão na última década como "Uma alternativa viável e econômica". Essa afirmativa pode ser um mito, devido, dentre outras características, ao baixo

¹ Professor Titular da FCAV/UNESP - Jaboticabal, SP, Pesquisador do CNPq, Membro do INCT/CA - rareis@fcav.unesp.br;
² Doutor em Zootecnia FCAV/UNESP, COAN Consultoria,
³ Doutorando em Zootecnia FCAV/UNESP, Bolsista da FAPESP

valor nutritivo e altas perdas encontradas nas silagens de capins proporcionadas pela sua baixa ensilabilidade. A relação entre produção de nutrientes digestíveis totais (NDT) por unidade de área de produção é baixa nas silagens de capim e pode ser confundida com as altas taxas de produção de matéria seca por unidade de área destas plantas.

A avaliação da qualidade das silagens de gramíneas é fundamental, pois o balanceamento de dietas que maximizem a produção econômica de carne e leite envolve os aspectos nutricionais e de custos dos componentes das mesmas. Desta forma, o presente texto tem por objetivo a discussão dos aspectos nutricionais e econômicos da produção e utilização de silagens de capins tropicais na produção de carne e leite.

2. PROCESSO DE FERMENTAÇÃO

Na produção de silagens de gramíneas tropicais, sem dúvida e fase de fermentação é uma das mais críticas, devido principalmente às características de ensilabilidade destas plantas (Nussio et al. 2003, Nussio, 2004, Reis & Coan, 2001).

Weissbach & Honig (1996) citados por Oude Elferink et al. (1999) propuseram uma equação para avaliar a capacidade fermentativa (CF) de forragens. Os autores a definiram como: $CF = MS + 8 \times (CS/CT)$; onde a matéria seca é expressa em %, o CS em % da matéria seca e a CT em e.mg de HCl/100 g de MS.

De acordo com Woolford (1984) a relação entre estes fatores que determinam a qualidade da silagem pode ser representada pela equação: $y = 450 - 80x$, onde y corresponde ao conteúdo de MS (g/kg) e x, a relação entre açúcares solúveis e capacidade tampão. Se a concentração de carboidratos é suficientemente alta, as condições são mais favoráveis para o estabelecimento e crescimento de bactérias homofermentativas, permitindo a conservação da forragem no meio ácido devido à produção de ácido lático (Woolford, 1984, McDonald et al., 1991).

Uma decisão importante a ser tomada no processo de ensilagem é a determinação do conteúdo de MS da planta a ser ensilada. O conteúdo

de MS determina as alterações que podem ocorrer durante o processo de fermentação da forragem. Silagens com menos de 30% de MS (Figura 1), podem apresentar elevadas quantidades de efluentes e fermentação por bactérias do gênero *Clostridium*, resultando em perdas apreciáveis, caracterizando-se como silagem de baixo valor alimentício.

A chave para inibir o crescimento deste grupo de bactérias é o rápido abaixamento do pH e o valor crítico para se atingir este objetivo varia com o tipo de cultura e seu conteúdo de MS. Com gramíneas de clima temperado e leguminosas, a fermentação clostrídica é controlada se o conteúdo de MS da cultura for de 25 a 35%. Contudo, este valor pode variar substancialmente em função das condições de crescimento (temperatura, umidade e radiação solar) e chuvas durante o emurhecimento.

Além dos aspectos citados, com alta concentração de MS tem-se a inibição da atividade de bactérias do gênero *Clostridium* mediante o efeito da atividade de água (A_w), que é uma medida de disponibilidade de água para o crescimento de microrganismos. Segundo Dodds & Austin (1997) os níveis mínimos de A_w que permitem o crescimento de algumas espécies de clostrídeos está entre 0,95 e 0,97. Esse fato confirma a constatação de Igarasi (2002) que encontrou A_w de 0,94 e 0,98 nas silagens produzidas nas secas e nas águas, respectivamente, verificando menores teores de nitrogênio amoniacal naquelas produzidas durante o inverno.

Em forragens mais secas (particularmente acima de 50% de MS), as perdas podem ser altas, durante o processo de emurhecimento, devido à precipitação, respiração da planta e danos mecânicos. Durante o armazenamento, em decorrência da compactação inadequada, pode-se observar a ação de microrganismos aeróbios, resultando em aquecimento e alterações químicas, como por exemplo, a reação de Maillard.

Observa-se na Figura 1, que se a concentração de CS é alta e a CT é baixa, pode-se obter silagens de boa qualidade mesmo com plantas com baixo conteúdo de MS. Por outro lado, quando se observa a situação inversa, somente se produz silagens de boa qualidade quando o conteúdo de MS é alto.

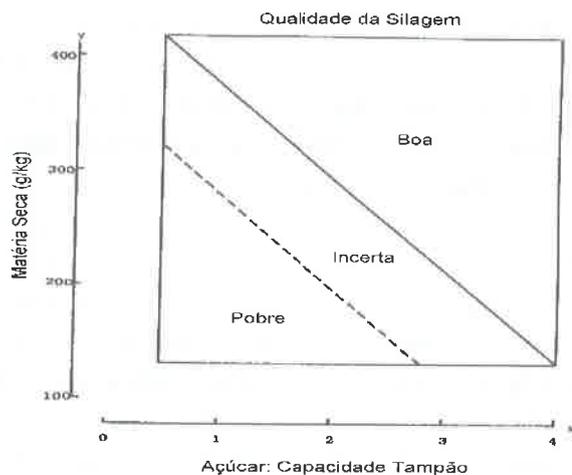


Figura 1. Relação entre conteúdo de matéria seca e proporção açúcar: capacidade tampão e seus efeitos na qualidade final das silagens. Fonte: Weissbach et al., citado por Woolford (1984)

A análise dos dados da Tabela 1 evidencia que as gramíneas forrageiras tropicais colhidas no estágio vegetativo, ou seja, com alto VN apresentam baixos conteúdos de MS, o que dificulta a conservação da forragem na forma de silagem. Em relação aos conteúdos de CS e CT observa-se uma ampla variação em função de espécies e época de colheita. De acordo com Woolford (1984) e McDonald et al. (1991) os teores mínimos de CS que garantem o processo adequado de fermentação estão na faixa de 8 a 10% da MS. É importante salientar que existe uma importante interação entre os conteúdos de carboidratos, CT e conteúdo de MS influenciando a padrão de fermentação das silagens.

Tabela 1. Teores de matéria seca, de carboidratos solúveis (CS.) e capacidade tampão (CT) de gramíneas tropicais

Espécies	MS ¹	CS ²	CT ³	Referência
<i>B. decumbens</i> (maduro)	30,6	6,8	24,6	Tosi, 1973
Colonião (maduro)	29,1	6,3	18,4	
Andropogon (maduro)	39,7	6,1	16,7	
Jaraguá (maduro)	32,3	5,9	22,6	
Elefante (maduro)	24,2	11,4	13,3	
<i>B. brizantha</i> (56 dias de rebrota)	22,9	1,1	21,6	Bernardes, 2003
Taiwan A -148 (imatur)	15,9	14,5	23,2	Tosi et al., 1999
Taiwan A -148 (imatur)		16,9		Tosi et al., 1989
Mott (maduro)	14,1	7,1	36,8	Tosi et al., 1995
Tanzânia (45 dias de rebrota)	28,4	8,6	14,5	Coan, 2001
Tanzânia (60 dias de rebrota)	31,3	8,9	15,4	
Mombaça (45 dias de rebrota)	24,2	12,4	18,1	
Mombaça (60 dias de rebrota)	25,1	12,4	20,9	

¹ %, ² % MS, ³ e.mg de HCl/100 g de MS

Utilizando os valores da Tabela 1, daquelas referências que apresentaram os três parâmetros (MS, CS e PT), encontrou-se como CF média o valor de 30,10. De acordo com Oude Elferink (1999) forragens com CF < 35 são consideradas insuficientes para produção de silagens láticas.

Segundo Catchpole & Henzel (1971) se o conteúdo de CHO estiver abaixo de 15% na matéria seca, a produção de ácido lático é muito limitada. Entretanto, de acordo com Winters et al. (1987) e Chamberlain (1987) durante a fase inicial de ensilagem enzimas das células vegetais são capazes de romper a estrutura celular e disponibilizar nutrientes para a fermentação.

Os dados da Tabela 2 evidenciam que é grande a variação na qualidade fermentativa das silagens de gramíneas tropicais, quando se avalia o pH, N amoniacal e conteúdos de ácidos orgânicos, os quais são indicativos precisos para avaliação do padrão de fermentação. É importante destacar os valores de N amoniacal, em alguns casos superiores a 15 % NH₃/NT, considerado indicativo de fermentação butírica (Woolford, 1984, McDonald et al., 1991) os quais são comumente observados em silagens de capins.

Tabela 2. Características químicas de silagens de gramíneas forrageiras tropicais

Espécie	pH	NH ₃ /N T	Ácido orgânicos (% MS)			Referência
			Lático ¹	Acético ¹	Butírico ¹	
			Taiwan A -148 (maduro)	3,9	17,9	
Taiwan A -148 (imaturo)	3,7	25,2	14,9	6,7	0,019	Tosi et al., 1999
Cameroon (maduro)	4,3	19,6	5,1	2,1	0,18	Farias et al., 1995
Tanzânia (45 dias rebrota)	4,9	6,02				Coan, 2001
Tanzânia (60 dias rebrota)	4,9	5,6				
Mombaça (45 dias rebrota)	4,9	7,1				
Mombaça (60 dias rebrota)	4,9	7,5				

¹ Ácidos orgânicos expressos em porcentagem de matéria seca

Ao analisar conjuntamente os dados das Tabelas 1 e 2, com ênfase nos resultados de Tosi et al. (1989) e Tosi et al. (1999), observa-se que os valores encontrados de CS 16,9 e 14,5 %, não seriam suficientes para produção do ácido láctico observado 19,9 e 14,9 %. Chamberlain (1987) em estudos realizados com Azevém (*Lolium multiflorum*) relatou que após 6-7 dias de ensilagem foi possível aumentar o teor de carboidratos solúveis em 30%, devido à quebra de ligações químicas dos carboidratos estruturais, principalmente da hemicelulose. Este autor destacou que a análise de carboidratos solúveis pode vir a subestimar o substrato disponível para a fermentação láctica. Contudo, com teores de CHOs abaixo do recomendado (10-15%) é possível produzir silagens de qualidade satisfatória.

As informações da Tabela 3 mostram as variações na composição química de silagens de capins tropicais. É importante salientar, que o processo de fermentação altera a composição da forragem, e via de regra o VN das silagens é inferior aos das plantas, uma vez que durante o processo ocorrem reações químicas que degradam compostos de alto valor nutricional, como os carboidratos solúveis e proteína.

Tabela 3. Valor nutritivo de silagens de gramíneas forrageiras tropicais

Espécie	PB	FDN	FDA	DMS*	Referência
<i>B. brizhanta</i> (56 dias de rebrota)	9,3	71,0	46,0	44,0	Bernardes, 2003
Taiwan A -148 (imaturo)	8,6	52,3	31,0	58,0	Tosi et al., 1999
Tanzânia (45 dias rebrota)	12,2	76,5	45,6	56,3	Coan, 2001
Tanzânia (60 dias rebrota)	10,5	78,0	49,5	53,7	
Mombaça (45 dias rebrota)	13,4	76,4	44,1	53,2	
Mombaça (60 dias rebrota)	11,3	73,9	47,5	52,2	

* Digestibilidade da MS

3. VALOR ALIMENTÍCIO

A baixa produção animal na maioria das situações tem sido associada à restrita qualidade do volumoso utilizado na alimentação. Segundo Collins & Fritz (2003) a qualidade de forragem é relacionada com desempenho do animal e consumo de energia digestível. Entretanto, quando se trabalha com alimento conservado, como é o caso da silagem, além dos mecanismos de digestão e metabolismo, outros fatores como as interações entre as características químicas, fermentativas, microbiológicas e físicas da forragem devem ser consideradas na determinação da qualidade do volumoso (Bernardes 2004, Bernardes et al., 2004b, Reis e Coan, 2001).

3.1. Efeito do processo fermentativo sobre o valor alimentício

A menor ingestão de silagens pode ser resultado de uma baixa aceitabilidade, reduzida taxa de passagem pelo rúmen e desbalanceamento no suprimento de nitrogênio e de energia no ambiente ruminal para a efetiva síntese de proteína microbiana. Portanto, quando a atenção é direcionada para a conservação da forragem, tem-se como objetivo melhorar as características do processo fermentativo, visando não só diminuir as perdas, mas também obter um produto de valor nutritivo elevado que permita maior ingestão de matéria seca e, conseqüente, desempenho animal favorável.

A conservação de forragens é caracterizada por apresentar um

estado de constantes mudanças químicas e microbiológicas, resultando em silagens de diferentes categorias, devida a alteração do valor nutritivo, quando comparadas com a forragem original. Esta preocupação ainda é mais relevante em silagem de capins tropicais, pois as características destas plantas não são favoráveis para uma fermentação desejável.

O consumo de nutrientes é um dos principais fatores determinante do desempenho animal. Segundo Erdman (1993), o consumo de forragem nem sempre é mantido com o processo de ensilagem, podendo resultar em redução de até 30-40% no consumo potencial, sendo essa redução associada à alta umidade de gramíneas prontamente ensiladas ou insuficientemente pré-secas. Isso fica mais evidente em silagens excessivamente fermentadas e, possivelmente, é resultante do desbalanço metabólico, induzido pelas perdas e transformações do processo de fermentação e pelo excesso de ácidos orgânicos, que diminui a aceitação dessas silagens pelos animais.

Segundo Reis e da Silva, (2006), o consumo é o componente de maior influência na determinação da qualidade da forragem, a qual é definida como o resultado do produto do valor nutritivo e consumo voluntário potencial, sendo o valor alimentício das silagens primeiramente definido pela digestibilidade, a qual é influenciada diretamente pelo padrão de fermentação bem como pelos processos de deterioração observados durante a fase aeróbica da ensilagem.

Em forragens frescas, 75 a 90% do total do nitrogênio presente está na forma de proteínas, o restante é encontrado principalmente como peptídeos, aminoácidos livres, aminas, nucleotídeos, clorofila e nitratos. A alta proporção de N protéico é derivada de enzimas localizadas no cloroplasto, particularmente da abundância de ribulose 1,5 carboxilase. A fermentação dentro do silo causa uma série de mudanças na composição química da forragem, principalmente nas frações nitrogenadas, pois durante a respiração (primeiras horas após a ensilagem) e início do processo fermentativo, muitas células das plantas podem romper-se e liberar enzimas, incluindo as proteases. As enzimas proteolíticas das plantas também podem reduzir a qualidade da forragem pela hidrólise das proteínas, com conseqüente aumento do NNP (aminoácidos livres, aminas e peptídeos).

Pesquisas demonstraram que uma ação prolongada das enzimas pode elevar os teores de nitrogênio solúvel para mais de 50% em relação ao nitrogênio total (Tabela 4). Além desse fato, a degradação da PB também pode ser causada pela atividade microbiana (bactérias do gênero *Clostridium*), produzindo amônia e aminas, aumentando, dessa maneira, a presença de nitrogênio solúvel no alimento. Igarasi (2002) e Bernardes (2003) avaliando silagens de capins tropicais encontraram desaparecimento da fração protéica B3 associada a fração digestível da fibra em detergente neutro, correlacionada com a elevação dos teores de nitrogênio amoniacal.

Tabela 4. Alterações dos compostos nitrogenados da forragem e da silagem de Azevém e Milho em diferentes estudos

Fração nitrogenada	Azevém perene		Milho	
	Forragem	Silagem	Forragem	Silagem
N total (g/kg MS)	20,2	19,6	14,2	13,4
Componentes (g/kg N total)				
Proteína	863	308	561	440
Aminas	17	369	33	119
Peptídeos	39	90	-	-
Amidas	3	-	-	-
Amônia	2	121	26	54
Outros NNP	76	112	-	-

Fonte: Adaptado de Givens & Rulquin (2002)

O aumento nos teores de amônia ruminal é muitas vezes indicado como a principal responsável pela menor ingestão da silagem, mas a solubilidade da proteína pode ser o maior agente causal, resultando na produção de amônia. O excesso de nitrogênio solúvel é o principal fator responsável pela redução de eficiência de utilização de proteína da silagem. Como parte da fração nitrogenada é degradada a frações solúveis, rapidamente

degradadas no rúmen, ocorre baixa eficiência de síntese de proteína microbiana em relação a dietas contendo forragens frescas ou feno, o que resulta em menor fluxo pós-ruminal de proteína microbiana (Givens & Rulquin, 2002; Nussio et al., 2003). Segundo Givens & Rulquin (2002) a eficiente síntese de proteína microbiana em animais alimentados com silagens de alta qualidade deve estar entre 30-45 g N microbiano/kg de matéria orgânica aparentemente degradada no rúmen (MOADR). Animais alimentados com dietas baseadas em silagens de milho apresentaram valores médios de síntese de proteína da ordem de 48,4 g N microbiano/ MOADR (86 observações) e com as silagens de gramíneas este valor foi de 30,1 g N microbiano/ MOADR (17 observações), mostrando que a eficiência na utilização do N varia de acordo com as culturas, devido as suas particularidades durante o processo fermentativo.

O que também se torna relevante é a perda seletiva de aminoácidos durante a ensilagem, decorrente de proteólise e deaminação, formando as poliaminas. Pesquisas com silagens de milho, sorgo, alfafa e trigo demonstraram as alterações que ocorrem no perfil de aminoácidos e verificaram aumento nas concentrações das poliaminas putrescina, cadaverina e espermidina e decréscimo nas concentrações dos aminoácidos: arginina, lisina e metionina, respectivamente. Na literatura brasileira não há relatos de experimentos que quantificaram a presença de poliaminas em silagens, porém, tem-se observado com frequência que silagens de capins tropicais possuem odor desagradável, característico de fermentações indesejáveis. Esse odor (pútrico) assemelha-se a degradação de pescado, onde este alimento sofre constantes transformações de determinados aminoácidos em poliaminas.

3.2. Efeito da deterioração aeróbia sobre o valor alimentício

Os estudos com deterioração aeróbia intensificaram-se nas décadas de 60 e 70 quando surgiram ensaios sobre utilização de aditivos (ácido fórmico, acético e propiônico) procurando controlar o crescimento de leveduras e de fungos. O alvo das pesquisas até os dias atuais sobre estabilidade aeróbia continua sendo a inclusão durante a ensilagem de ácidos, doses de amônia e

uréia, emurchecimento e/ou adição de inoculante microbiano (bactérias homofermentativas), aditivos absorventes e disponibilizadores de substrato (polpa cítrica peletizada) e métodos de alteração da fermentação com a utilização de bactérias heteroláticas produtoras de acetato e propionato (*Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum* e *Propionibacterium*). Nota-se que apesar de antigo e bem estudado, o problema de instabilidade aeróbia de silagens tem sido freqüentemente relegado à segundo plano. Pois poucos são os trabalhos que caracterizaram o efeito da silagem deteriorada e de seus produtos sobre a ingestão e metabolismo dos animais, como o de Bolsen et al. (2002).

Estudos realizados na Universidade de Kansas, EUA, por Bolsen et al. (2002) demonstraram os impactos negativos que a presença de silagem deteriorada tem sobre a ingestão e digestibilidade em bovinos. Utilizando como fonte da dieta 90% de silagem de milho e 10% de concentrado (base na MS) os tratamentos foram distribuídos da seguinte forma: A) 100% de silagem normal, B) 75% normal: 25% deteriorada, C) 50% normal e 50% deteriorada e D) 25% normal e 75% deteriorada. Nota-se (Tabela 5) que quando houve maior participação de silagem deteriorada na dieta (tratamento D) ocorreu redução da ingestão em 17%, da digestibilidade da matéria orgânica em 10%, da digestibilidade da proteína bruta em 15% e a da digestibilidade da FDN em 16%, quando comparado ao tratamento A. Os resultados indicaram que a presença de silagem que sofreu degradação por microrganismos aeróbios causou alterações na qualidade da dieta, podendo reduzir o ganho de peso ou a produção de leite.

Tabela 5. Efeitos das proporções de silagem deteriorada sobre ingestão e digestibilidade de nutrientes de dietas a base de silagem de milho

Item	Dieta			
	A	B	C	D
Ingestão (kg MS/dia)	7,95 ^a	7,35 ^b	6,95 ^{bc}	6,66 ^c
	----- Digestibilidade (%) -----			
Matéria orgânica	75,6 ^a	70,6 ^b	69,0 ^b	67,8 ^b
Proteína bruta	74,6 ^a	70,5 ^b	68,0 ^{bc}	62,8 ^c
FDN	63,0 ^x	56,0 ^y	52,5 ^y	52,3 ^y

^{a,b,c} Médias na mesma linha com letras distintas diferem entre si (P<0,05).

^{x,y} Médias na mesma linha com letras distintas diferem entre si (P<0,01).

Fonte: Bolsen et al. (2002)

3.3. Efeito da inclusão de aditivos e do emurchecimento sobre o valor alimentício

Práticas associadas à preservação de nutrientes na forragem, antecedendo a ensilagem, como a aplicação de aditivos e/ou emurchecimento tem como objetivos estimular o consumo e, conseqüentemente, determinar maior ganho de peso ou produção de leite. Desde a década de 70 trabalhos são desenvolvidos no Brasil com este objetivo e até o momento os estudiosos não chegaram a uma conclusão se realmente estas práticas são favoráveis qualitativamente e economicamente ao processo de ensilagem.

Bernardes (2004) estudando o consumo de rações (80:20) contendo silagem de capim-Marandu, sob os tratamentos A: sem inoculação, B: inoculação com *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici* e celulases + hemicelulases e C: tratamento B mais *Lactobacillus buchneri*, observou que o consumo da ração que continha silagem com a ausência de inoculantes foi superior aos demais tratamentos. Segundo o autor, as silagens aditivadas tiveram maiores perdas por deterioração no pós-abertura do silo, o que pode ter provocado redução do consumo dos animais.

No estudo realizado por Loures (2004), a aplicação de enzimas fibrolíticas em silagens de capim-Tanzânia com e sem emurchecimento, não promoveu efeito sobre as taxas de passagem de sólidos (2,33% h⁻¹) e líquidos (4,83% h⁻¹), no tempo de ingestão de alimentos (247 min/dia) e no consumo em %PV. O pH ruminal foi menor nas silagens com enzimas fibrolíticas e emurchecidas quando contrastado com as silagens emurchecidas sem enzimas, provavelmente devido ao maior aporte de carboidratos solúveis presente nessa ração. Em relação à digestibilidade foi observado efeito positivo apenas quando a aplicação de enzimas fibrolíticas foi realizada minutos antes da dieta ser oferecida aos animais. A autora observou efeito negativo do emurchecimento sobre a digestibilidade *in vivo* de dietas contendo 50% de silagens de capim-Tanzânia colhido com 45 dias de rebrota, a digestibilidade da matéria orgânica foi 56,01 e 47,27%, da FDN 53,37 e 45,8% nas dietas contendo silagens controle e emurchecidas, respectivamente. A diferença do teor de MS entre as silagens controle e emurchecidas foi de 3 unidades percentuais (21,05 x

24,05%MS). Possivelmente, essa pequena diferença nos teores de MS não foi suficiente para compensar as perdas de nutrientes solúveis e frações de alta digestibilidade, ocorridas no processo de emurchecimento no campo, resultando assim, nesta redução da digestibilidade das silagens emurchecidas.

4. CARACTERÍSTICAS BIO-ECONÔMICAS DA UTILIZAÇÃO DA SILAGEM DE CAPIM EM CONFINAMENTOS

A utilização de confinamentos na terminação de animais é uma realidade em vários estados do Brasil, principalmente em São Paulo, uma vez que essa prática permite que os animais tenham maior ganho de peso em menor tempo de terminação, aumentando a produção por área. Além disso, evita a perda de peso na época de escassez de forragem, possibilitando a venda dos animais terminados em épocas de melhores preços. Entretanto, para que o confinamento seja uma atividade lucrativa, faz-se necessária uma criteriosa avaliação econômica de todos os custos envolvidos, principalmente com a alimentação, que constitui um dos principais componentes do custo, ocupando o segundo lugar nos custos totais de produção de um confinamento, atrás apenas da aquisição do boi magro (Berduschi, 2002).

Nos confinamentos, quando comparado aos concentrados, o volumoso é a fonte de nutrientes mais barata para os animais e, em alguns casos, proveniente de forragens conservadas, principalmente na forma de silagem. Na última década, a utilização de silagens de gramíneas tropicais perenes, confeccionadas a partir do próprio pasto, apareceu como uma alternativa, até então viável e econômica na produção de volumoso em alguns sistemas de produção. Posteriormente, essa prática começou a entrar em desuso em muitos confinamentos, devido às práticas de ensilagem dessas gramíneas apresentarem alguns entraves, como a falta de maquinário específico, as baixas características de ensilabilidade, como, alto poder tamponante, carência de açúcares solúveis e o teor de umidade da forrageira por ocasião da ensilagem, afetando negativamente a fermentação e o consumo, como foi discutido no item 1 do texto.

Entretanto, nos últimos anos, com o avanço das pesquisas na

produção de silagem de capim, técnicas como a de emurchecimento associado ao desenvolvimento de inoculantes microbianos, seqüestrantes de umidade e o desenvolvimento de máquinas mais eficientes para colheita, proporcionaram maior eficiência no processo de ensilagem e uma melhor qualidade do produto final, apesar do aumento significativo no custo de produção do volumoso.

A avaliação de dietas à base de silagem de capim, em testes de desempenho com animais, é uma ferramenta que proporciona a discussão dos custos envolvidos e dos ganhos proporcionados pelas dietas. Entretanto, os resultados de desempenho entre os trabalhos de literatura são bem variáveis, pois os níveis de concentrado nas dietas experimentais para avaliação são distintos e isso muda completamente o valor alimentício da dieta. Segundo Da Silva e Leão (1979), os preditores de desempenho animal são o consumo e a digestibilidade da dieta, e a digestibilidade é uma característica do alimento que indica a porcentagem de cada nutriente desse alimento que o animal pode utilizar. Entretanto, a inclusão de um ingrediente à determinada dieta pode modificar sua digestão, devido ao efeito associativo entre os alimentos. O consumo e a digestibilidade de nutrientes podem estar positiva ou negativamente correlacionados entre si, dependendo da qualidade da dieta (Moore et al., 1997).

Nas dietas de alta digestibilidade (acima de 66%), ricas em concentrados (acima de 75%) e com baixo teor de FDN (abaixo de 25% na MS da ração), o consumo será menor quanto mais digestivo for o alimento. Por outro lado em dietas de baixa qualidade (abaixo de 75% de FDN), o consumo será maior quanto melhor for a digestibilidade do alimento, sendo a indigestibilidade da MS o fator mais importante para regular o consumo de alimento pelos bovinos (Van Soest, 1994; Mertens, 1994). Segundo Hart (1987), com o aumento do nível de concentrado na dieta, espera-se aumento no consumo e na digestibilidade da matéria seca.

Alguns trabalhos foram realizados recentemente utilizando silagem de capim tropical em diferentes proporções da dieta de bovinos de corte, com objetivo de avaliar o consumo, a digestibilidade, o desempenho e características ruminais.

Silva et al. (2005), trabalharam com novilhos cruzados, com peso

corporal médio de 364 + 23 kg, castrados, alimentados com dietas isoprotéicas com 12,5% de PB à base de silagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e concentrado em diferentes proporções, 20, 35, 50, 65%, e encontraram aumento linear no ganho médio diário com o aumento do nível de concentrado na dieta, obtendo ganhos médios por tratamento de 140, 310, 930 e 950 g/animal/dia. Os mesmos autores também observaram aumento linear no consumo e na digestibilidade aparente total da MS e da MO nos mesmos animais, mas não encontraram diferença na digestibilidade da FDN.

Na mesma linha de pesquisa, Vieira (2007) avaliou o consumo, a digestibilidade aparente total e o desempenho de novilhos cruzados, não castrados, alimentados com silagem de capim-Mombaça (sem inoculante, com nível de PB 3,85% e FDN 77,30%) e concentrado em diferentes proporções, 20, 35, 50, 65%, em dietas isoprotéicas com 13% de PB. O autor observou aumento linear com resposta platô no ganho médio diário (GMD) e no ganho de carcaça (GC) dos animais (Figura 2) e aumento linear no consumo e digestibilidade da MS e MO das dietas. O autor também concluiu que, quando se utiliza silagem de capim-Mombaça como volumoso, na dieta de bovinos de corte em confinamento, recomenda-se usar níveis de concentrado entre 55 e 60%, para otimizar o desempenho animal.

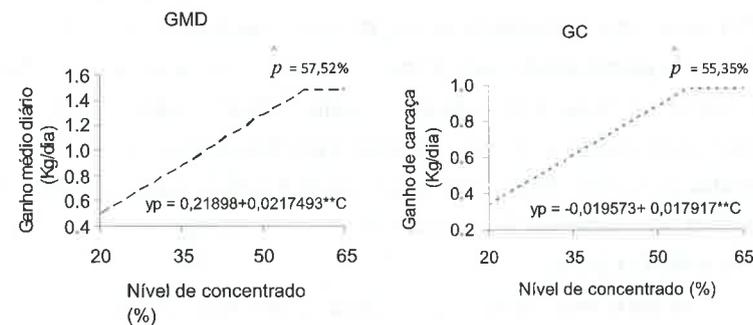


Figura 2- Representação gráfica do efeito linear-platô em função dos níveis de concentrado nas dietas à base de silagem de capim-Mombaça sobre o ganho médio diário (GMD) e o ganho de carcaça (GC).

Fonte: Vieira, (2007)

Outro importante fator relacionado com a eficácia de utilização de uma dieta à base de silagem de capim é a eficiência de utilização da proteína, uma vez que esta é o nutriente mais caro da dieta dos ruminantes. A maior eficiência na sua utilização promove, conseqüentemente, maior economia na produção animal. Em virtude disso, muitos trabalhos têm sido realizados com o objetivo de reduzir as perdas de compostos nitrogenados pelos ruminantes (Russel, 1992).

A concentração de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) no rúmen é indispensável para o crescimento microbiano, desde que associada a fontes de energia, e está diretamente relacionada à solubilidade da proteína dietética e à retenção de N pelo animal (Da Silva & Leão, 1979). Segundo Poppi & McLennan (1995), animais alimentados com dietas contendo valores acima de 210 g de proteína degradável (PD)/kg de matéria orgânica digestível, apresentam elevada perda de N. Por outro lado, em dietas que contêm menos de 100 g de PD/kg de MS, ocorre limitação na síntese proteica microbiana, possivelmente em conseqüência da deficiência de aminoácidos, de amônia e de energia para os microrganismos do rúmen. Para que ocorra máxima eficiência na síntese de proteína microbiana, a dieta deverá conter, no mínimo, 160 g de PD/Kg de MO degradável no rúmen.

Considerando o papel central da fermentação microbiana na digestão em ruminantes, torna-se importante a avaliação do N disponível para absorção pelo animal, que é mensurado utilizando-se animais fistulados. Os compostos nitrogenados não amoniacais (NNA) no abomaso têm sido utilizados para avaliar o N que chega ao intestino delgado (ID) e incluem, principalmente, o N dietético não degradado e o N de origem microbiana, que podem ser diferenciados com a utilização de indicadores microbianos, segundo o NRC (1985).

Um fator importante na atividade proteolítica do rúmen é o pH, pois constitui um dos principais parâmetros ruminais que interferem diretamente no crescimento microbiano e, conseqüentemente, na fermentação ruminal, sendo, freqüentemente, objeto de vários estudos, principalmente os relacionados com variações na qualidade e nas relação entre volumosos das dietas experimentais. Os microrganismos presentes no

rúmen estão adaptados para se desenvolverem em meio com pH variando de 5,5 a 7,0, com valor ótimo próximo a 6,5 (Da Silva e Leão, 1979; Hoover e Stokes, 1991). Por isso, as dietas devem ser balanceadas para manutenção de pH ruminal adequado, estando a sua variação relacionada à freqüência de alimentação e à adaptação à dieta. O decréscimo do pH provoca depressão do apetite, da motilidade ruminal, do crescimento microbiano e da digestão da fibra. Segundo Hoover (1986), quando o pH atinge a faixa de 5,0 a 5,5, pode ocorrer inibição da digestão da fibra devido à diminuição do número de microrganismos fibrolíticos, bem como em suas taxas de crescimento.

Pesquisas sobre o efeito da composição de alimentos concentrados sobre o consumo de silagens têm revelado que a maior rapidez da fermentação do amido em relação aos constituintes da parede celular é a principal causa da redução do pH ruminal. Porém, um moderado incremento de concentrado na dieta (abaixo de 50%) tem pequeno efeito sobre o pH do rúmen, sendo a taxa de degradação da MS de silagens pouco influenciada (Huhtanen, 1993).

Verificando na literatura trabalhos que avaliaram consumo e desempenho, bem como, variações no padrão ruminal de bovinos de corte submetidos a dietas com diferentes níveis de volumosos e concentrado, percebe-se que a maioria destes trabalhos utilizaram como volumoso, feno de gramíneas tropicais ou silagem de milho, resultando em conclusões distintas e justificadas, em alguns casos, por critérios econômicos.

Com base no exposto e, visando avaliar o efeito dos diferentes tipos de volumosos sobre os custos de produção de bovinos confinados, procurou-se desenvolver uma simulação, tendo como base um sistema de produção de recria e engorda localizado em Mozarlândia - GO. Esta propriedade apresenta a particularidade de adquirir bezerros de desmama no mercado (abril a junho) com custo de R\$616,00/cabeça - abril de 2010, recriá-los no pasto durante o primeiro ano, mediante a utilização de suplementos protéicos de baixo consumo (secas e águas) e, no segundo ano (meados de junho) encaminhá-los ao confinamento para que sejam terminados. Observa-se, portanto, que o confinamento é utilizado como uma ferramenta estratégica no sistema de produção e não como uma atividade isolada.

A pergunta mais freqüente, feita por pecuaristas aos nutricionistas, é sobre qual tipo de volumoso utilizar para o confinamento de bovinos de corte e, dos volumosos disponíveis, qual aquele que permite melhor operacionalização dos processos, menor custo de produção e maior lucro na atividade.

A seguir foram simulados (Tabela 6) os resultados técnicos e econômicos utilizando-se de algumas opções de alimentos volumosos, sendo: silagem de milho, silagem de sorgo, cana-de-açúcar e silagem de capim Tanzânia (aditivada com inoculante bacteriano). Os custos dos alimentos volumosos foram obtidos mediante a simulação em planilhas de custos específicas para cada tipo de alimento volumoso (Coan Consultoria). Em relação aos alimentos concentrados (energéticos e protéicos), estes tiveram seus custos (Base Estado de Goiás) tomados através do site da Scot Consultoria (acesso em 11/02/2011).

Em relação aos animais, estes foram caracterizados quanto ao biótipo em tamanho corporal 5 (médio), condição corporal 5 (escala 1 a 9 - NRC, 1996), raça Nelore, machos não castrados, ajuste do nível de compensação para moderado, potencial de crescimento microbiano em 12,50% do NDT (%), e uso de monensina sódica (25 mg/kg de MS), conforme especificações do software RLM 3.2.

A dieta foi formulada para ganho de peso corporal de 1,610 kg/dia, sendo as variáveis de ajuste nutricional do programa travadas para o consumo de matéria seca (10,14 kg de MS/dia), densidade energética (75% de NDT) e densidade protéica (13,90% de PB).

Tabela 6. Simulação de custos e resultados do confinamento com diferentes tipos de volumosos.

Dieta	% MS	R\$/l.	Volumosos*			
			SM	SS	CA	SC
Silagem de milho	34,40	R\$ 68,44	10,26			
Silagem de sorgo	31,11	R\$ 82,18		9,25		
Silagem de capim Tanzânia + Inoculante	28,10	R\$ 67,18				9,76
Cana-de-açúcar	29,00	R\$ 44,19			9,30	
Milho moído	88,00	R\$ 353,00	5,16	5,77	5,53	6,42
Farelo de algodão 3E	91,00	R\$ 555,00	0,64	0,73	1,15	1,12
Cacoço de algodão	92,00	R\$ 334,00	1,15	1,18	1,39	0,52
Núcleo mineral com iodoforo	93,00	R\$ 1.350,00	0,45	0,45	0,45	0,46
Total da dieta - kg/animal/dia			17,65	17,38	17,73	18,28
Consumo médio de MS - kg/animal/dia			10,14	10,14	10,14	10,14
Relação volumoso:concentrado			34,81/65,19	28,39/71,61	25,64/74,33	25,13/74,87
Custo da dieta - R\$/animal/dia			R\$ 4,07	R\$ 4,21	R\$ 4,30	R\$ 4,39
Custo de manuseio + distr. + deprec. - R\$/animal/dia			R\$ 0,91	R\$ 0,91	R\$ 0,91	R\$ 0,91
Animais						
PVI - em kg			406,03	406,03	406,03	406,03
PVI - em @			13,53	13,53	13,53	13,53
Boi magro - (custo do bezerro + recria) - em R\$			R\$ 996,45	R\$ 996,45	R\$ 996,45	R\$ 996,45
GPD (g/dia)			1,61	1,61	1,61	1,61
Rendimento de carcaça (%)			52,80	52,80	52,80	52,80
PVF - em kg			534	534	534	534
PVF - em @			18,80	18,80	18,80	18,80
@ colocadas no período			5,26	5,26	5,26	5,26
Período de confinamento - em dias			79	79	79	79
Custos do sistema						
Outros custos (saúde + rastreabilidade) - R\$/animal			R\$ 7,75	R\$ 7,75	R\$ 7,75	R\$ 7,75
Custo Oper. Total (dieta + animal + man. e distr. + deprec. + outros)			R\$ 1.400,22	R\$ 1.411,24	R\$ 1.418,02	R\$ 1.425,23
Custo/@ produzida - R\$ ¹			R\$ 74,49	R\$ 75,08	R\$ 75,82	R\$ 75,82
Custo/@ colocada - R\$ ²			R\$ 76,73	R\$ 78,82	R\$ 80,11	R\$ 81,48
Remuneração da @ - R\$			R\$ 95,00	R\$ 95,00	R\$ 95,00	R\$ 95,00
Receita da venda - R\$/animal			R\$ 1.785,70	R\$ 1.785,70	R\$ 1.785,70	R\$ 1.785,70
Lucro na operação - R\$/animal			R\$ 385,48	R\$ 374,46	R\$ 367,68	R\$ 360,47
Lucro para 1.000 animais			R\$ 385.477,78	R\$ 374.456,42	R\$ 367.679,41	R\$ 360.478,41

* SM = silagem de milho; SS = silagem de sorgo; CA = cana-de-açúcar e SC = silagem de capim Tanzânia
¹ Arroba produzida = (custo operacional total)/(peso final em @)
² Arroba colocada = (custo operacional total - custo do animal)/(peso final em @ - peso inicial em @)
 Fonte: Coan Consultoria, 2011.

Ao se analisar a simulação apresentada na Tabela 6, pode-se verificar que dentre as opções de volumosos disponíveis, os menores custos de dieta, de arroba colocada, de arroba produzida e maiores valores de lucro foram obtidos quando se utilizou a silagem de milho na dieta, seguida pela silagem de sorgo, cana-de-açúcar e silagem de capim Tanzânia, respectivamente.

A análise dos resultados apresentados na Tabela 6 evidencia que a silagem de capim não apresenta grande competitividade quando comparada com as demais opções de volumosos, mesmo apresentando custo/tonelada de silagem relativamente atrativo. Tal fato é explicado pelo menor teor de matéria seca e densidade energética, o que implica em maior custo (%MS)/tonelada de NDT quanto comparado com os demais volumosos. Com isso, há a necessidade de maior inclusão de alimentos energéticos (milho moído) na dieta, visando o ajuste nutricional, o que reflete em maior custo por ani-

mal por dia.

Outro questionamento que surge, por parte dos pecuaristas que utilizam mais tecnologias, refere-se à relação volumoso:concentrado (Vo:Co - %MS) da dieta e suas implicações nos custos e resultados do sistema de confinamento. Diante disso, na Tabela 7 tem-se outra simulação, tendo como base as mesmas informações citadas anteriormente, através do qual se definiu um tipo de alimento volumoso, no caso a silagem de capim Tanzânia, e variando a formulação da dieta, de acordo com a relação Vo:Co.

Ao se analisar os dados da Tabela 7, pode-se observar que com o aumento da relação Vo:Co há uma significativa diminuição nos custos da dieta, de R\$4,49 (20:80) para R\$4,04/animal/dia (50:50), e também, do desempenho do animais (1,71 kg/dia x 1,40 kg/dia). Outro aspecto de relevância refere-se ao período de confinamento, que contrariamente, aumenta de 75 dias para 91 dias, quando da utilização de dietas com maior relação Vo:CO, pois as mesmas permitem menores taxas de ganho, demorando mais tempo para agregar as 5,26@ necessárias para a terminação dos animais.

Ao se analisar os demais componentes de custo do sistema (Tabela 7), observa-se que dietas com menor relação Vo:Co implicam em menores custos da arroba produzida, arroba colocada e em maiores lucros na operação, demonstrando que são mais atrativas e aplicáveis nos sistemas de produção animal que fazem uso do confinamento.

Tabela 7. Simulação de custos e resultados no confinamento com diferentes relações volumoso:concentrado da dieta.

Dieta	% MS	R\$/t.	Relação Volumoso : Concentrado			
			20 : 80	30 : 70	40 : 60	50 : 50
Silagem de capim Tanzânia + Inoculante	26,10	R\$ 62,10	7,81	11,77	16,02	20,42
Milho moído	88,00	R\$ 353,00	6,88	6,20	5,14	4,25
Farelo de algodão 38	91,00	R\$ 555,00	0,80	0,48	0,31	0,32
Caroço de algodão	92,00	R\$ 534,00	1,00	0,91	1,14	0,92
Núcleo mineral com iodo	97,00	R\$ 1.330,00	0,45	0,45	0,45	0,45
Total da dieta - kg/animal/dia			16,94	19,80	23,06	26,36
Consumo médio de MS - kg/animal/dia			10,17	10,23	10,47	10,64
Custo da dieta - R\$/animal/dia			R\$ 4,49	R\$ 4,27	R\$ 4,20	R\$ 4,04
Custo de manuseio + distr. + deprec. - R\$/animal/dia			R\$ 0,91	R\$ 0,91	R\$ 0,91	R\$ 0,91
Animais						
PVI - em kg			406,03	406,03	406,03	406,03
PVI - em @			13,53	13,53	13,53	13,53
Boi magro - (custo do bezerro + recria) - em R\$			R\$ 996,45	R\$ 996,45	R\$ 996,45	R\$ 996,45
GPD (g/dia)			1,71	1,63	1,53	1,40
Rendimento de carcaça (%)			52,80	52,80	52,80	52,80
PVF - em kg			534	534	534	534
PVF - em @			18,80	18,80	18,80	18,80
@ colocadas no período			5,26	5,26	5,26	5,26
@ colocadas no período			75	79	84	91
Custos do sistema						
Outros custos (sanidade + rastreabilidade) - R\$/animal			R\$ 7,75	R\$ 7,75	R\$ 7,75	R\$ 7,75
Custo Oper. Total (dieta + animal + man. e distr. + outros)			R\$ 1.408,49	R\$ 1.410,86	R\$ 1.431,40	R\$ 1.457,10
Custo/@ produzida - R\$			R\$ 74,93	R\$ 75,06	R\$ 76,15	R\$ 77,52
Custo/@ colocada - R\$			R\$ 76,83	R\$ 77,28	R\$ 81,18	R\$ 86,06
Remuneração da @ - R\$			R\$ 95,00	R\$ 95,00	R\$ 95,00	R\$ 95,00
Receita da venda - R\$/animal			R\$ 1.785,70	R\$ 1.785,70	R\$ 1.785,70	R\$ 1.785,70
Lucro na operação - R\$/animal			R\$ 377,20	R\$ 374,83	R\$ 354,30	R\$ 328,60
Lucro para 1.000 animais			R\$ 377.201,28	R\$ 374.831,52	R\$ 354.296,01	R\$ 328.599,93

Fonte: Coan Consultoria, 2011.

5. CARACTERÍSTICAS BIO-ECONÔMICAS DA UTILIZAÇÃO DA SILAGEM DE CAPIM PARA PRODUÇÃO DE LEITE

Em qualquer sistema de produção animal o planejamento da alimentação, nos seus aspectos qualitativos e quantitativos deve ser prioridade. Na produção de bovinos leiteiros o planejamento forrageiro deve ser realizado considerando a distribuição estacional da forragem e a demanda no período. A partir dessas informações as áreas de produção de forragem são determinadas visando o pleno atendimento das exigências do rebanho nos seus aspectos quantitativos e qualitativos.

Na literatura consultada são escassos os trabalhos desenvolvidos sobre os efeitos da utilização de silagens de capim na produção de leite. Nesta linha de pesquisa, Bumbieris Junior et al. (2006) avaliaram a produção de leite de vacas e a digestibilidade dos nutrientes de dietas contendo silagem de grama estrela tratada com inoculante enzimo-bacteriano ou uréia em relação à

silagem de milho. As dietas testadas foram: 50% de silagem de grama estrela com uso de aditivo comercial Katec® Bacto Silo Máster, 50% de silagem de grama estrela, com 0,7% de uréia na matéria seca natural e 60% de silagem de milho. Foram utilizados seis vacas da raça Holandês, primíparas, com peso médio de 480 kg e produção média de 14 kg dia⁻¹ de leite, em dois quadrados latinos (3x3), durante um período experimental total de 50 dias de duração. As digestibilidades da MS, PB e FDN foram maiores para silagem de milho. O fornecimento de silagens de grama estrela com aditivo enzimo-bacteriano ou com uréia não interferiu na composição do leite. Segundo os autores, o uso da silagem de grama estrela aditivada mostra-se como opção de volumoso conservado para sistemas de produção de leite, mediante análise econômica.

Outro trabalho utilizando vacas da raça Holandês, com objetivo de avaliar a composição e a produção de leite, assim como a eficiência econômica do uso de silagem de milho ou silagens de capim (capim-elefante) confeccionadas com inoculantes enzimo-bacteriano, foi conduzido por Jobim et al. (2006). Os autores utilizaram nove vacas múltiparas, no período intermediário de lactação, com produção média de 15 kg dia⁻¹ de leite, distribuídas em três quadrados latinos (3x3), durante três períodos experimentais de 21 dias cada. As dietas foram formuladas para serem isoenergéticas e isonitrogenadas. Não houve diferença na ingestão de MS, na produção e composição do leite entre as silagens. O resultado da análise econômica mostrou-se superior para as silagens de capim-elefante, segundo os autores, fato decorrente do menor custo de produção (58% do custo da MS da silagem de milho) aliado ao bom resultado de desempenho. Os autores concluíram ainda que as silagens de capim-elefante apresentam potencial para produção e composição química de leite equivalente à silagem de milho, quando fornecidas às vacas no período intermediário de lactação.

Diante dos diferentes resultados de desempenho apresentados na literatura, a decisão sobre a estratégia de usar ou não silagens de capins tropicais na alimentação de rebanhos de leite ou de corte é influenciada por diversos fatores, dentro dos quais, deve-se levar em consideração aspectos como: valor nutritivo da forragem, nível de produção dos animais, aptidão e produtividade

agrícola da região, disponibilidade de recursos financeiros e materiais, disponibilidade e preço dos alimentos concentrados e principalmente aspectos bio-econômicos relacionados com a ensilagem da forrageira.

Em relação ao setor leiteiro, e especialmente em sistemas de alta produção, a demanda por forragens conservadas é alta e, na maioria das vezes, indispensável. O setor leiteiro nacional tem mostrado grande crescimento com capacidade de competir em mercado externo, com países tradicionalmente exportadores de produtos lácteos. Diante desse cenário passa a serem imprescindíveis orientações que levem o produtor de leite a manejar com eficiência a produção de forragem na propriedade, em especial a produção de silagem de capim, por se tratar de uma tecnologia que exige investimentos elevados e está sujeita a resultados insatisfatórios.

Diante do exposto e com o objetivo de avaliar a utilização da silagem de capim na dieta de vacas leiteiras, desenvolveu-se uma simulação (Tabela 8), tendo como base as seguintes informações:

- Animais: vacas holandesas HPB;
- Peso médio: 550 kg
- Consumo de matéria seca: 19,07 kg/dia
- Escore de condição corporal: 3 (escala 1 a 5);
- Teor de Gordura: 3,62%
- Produção: 25,2 kg/dia
- Período de lactação: 78 dias

Os custos dos alimentos volumosos foram obtidos mediante a simulação em planilhas de custos específicas para cada tipo de alimento volumoso (Coan Consultoria). Em relação aos alimentos concentrados (energéticos e protéicos), estes tiveram seus custos (Base Estado de São Paulo) tomados através do site da Scot Consultoria (acesso em 11/02/2011).

Ao se analisar a Tabela 8, pôde-se verificar que dentre as opções de volumosos disponíveis, os menores custos de dieta, de custo operacional/kg de leite produzido e maiores valores de lucro operacional/vaca/dia e lucro operacional/ha/ano foram obtidos quando se utilizou a silagem de milho na dieta, seguida pela silagem de sorgo, cana-de-açúcar e silagem de capim Tanzânia, respectivamente.

Observa-se na Tabela 8, portanto, que da mesma forma que na pecuária de corte, a silagem de capim não apresenta competitividade para a pecuária leiteira, sendo as justificativas de utilização apoiadas somente em estratégias operacionais isoladas.

Vale ressaltar, no entanto, que em algumas situações, a silagem de capim pode ser tornar economicamente viável, seja para os sistemas de produção de gado de corte ou de leite. Como exemplo dessa situação cita-se os projetos de integração lavoura pecuária, onde o custo de implantação da forrageira é bastante baixo e com elevadas produção de massa por unidade de área. Nessas circunstâncias o custo por tonelada de MS, NDT e PB tornam-se bastante competitivos.

Tabela 8. Simulação de custos e resultados na utilização de diferentes fontes de alimentos volumosos na dieta de vacas leiteiras.

Alimentos	% MS	R\$/tonelada	Volumosos *			
			SC	CA	SS	SM
Farelo de algodão 38	91,00	R\$ 580,00	2,45	6,59	5,65	3,16
Caroço de algodão	92,00	R\$ 545,00				
Uréia Pecuária	99,00	R\$ 1.180,00	0,30			0,25
Milho moído	88,00	R\$ 500,00	12,89	8,95	9,00	10,28
Sal comum (NaCl)	99,00	R\$ 340,00	0,11	0,10	0,09	0,07
Polpa cítrica peletizada	89,00	R\$ 460,00				
Núcleo mineral	97,00	R\$ 1.450,00	0,73	0,73	0,73	0,73
Cana-de-açúcar	28,00	R\$ 44,19		16,00		
Silagem de Tanzânia com inoculante	26,10	R\$ 62,10	17,20			
Silagem de Milho	34,40	R\$ 66,44				18,00
Silagem de Sorgo	31,11	R\$ 58,18			17,00	
Total - kg/cab./dia			33,68	32,37	32,47	32,49
Consumo de MS - kg/dia			19,07	19,06	19,06	19,07
Custo da dieta - R\$/animal/dia			R\$ 10,35	R\$ 10,06	R\$ 9,82	R\$ 9,52
Custo operacional total (custos fixos + variáveis) - R\$/vaca/dia			R\$ 18,55	R\$ 18,26	R\$ 18,02	R\$ 17,72
Custo operacional / kg de leite produzido - R\$			R\$ 0,74	R\$ 0,73	R\$ 0,72	R\$ 0,71
Remuneração/kg de leite - R\$			R\$ 0,82	R\$ 0,82	R\$ 0,82	R\$ 0,82
Produção média - kg de leite/vaca/dia			25,00	25,00	25,00	25,00
Receita operacional - R\$/vaca/dia			R\$ 20,50	R\$ 20,50	R\$ 20,50	R\$ 20,50
Lucro operacional - R\$/vaca/dia			R\$ 1,95	R\$ 2,24	R\$ 2,48	R\$ 2,78
Lucro operacional - R\$/litro			R\$ 0,08	R\$ 0,09	R\$ 0,10	R\$ 0,11
Produtividade - kg de leite/ha/ano			26.000,00	26.000,00	26.000,00	26.000,00
Área em hectares			32,00	32,00	32,00	32,00
Lucro operacional - R\$/ha/ano			R\$ 1.587,12	R\$ 1.817,77	R\$ 2.011,30	R\$ 2.256,95

* SC= silagem de capim Tanzânia; CA = cana-de-açúcar; SS = silagem de sorgo; SM = silagem de milho

Fonte: Coan Consultoria, 2011.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A impossibilidade de mensurar as perdas ocorridas nas fazendas pelo uso de equipamentos inadequados e a dificuldade de as determinarem quantitativamente em trabalhos experimentais, dificulta a estimativa, a percepção e a divulgação do significado para os custos de produção de silagens de capins tropicais no nosso país, e para que se efetive a proposta de se produzir silagem de boa qualidade é preciso que os fabricantes de máquinas agrícolas continuem "olhando" para o sinalizador final, que no nosso caso é o animal.

Alguns pontos fundamentais da tecnologia de produção de silagens de capins tropicais devem ser discutidos e divulgados, pois o conhecimento acumulado com o estudo sobre instabilidade aeróbia e seus efeitos sobre os animais ainda é superior ao que chega ao produtor, principalmente no Brasil, apesar de existirem artigos de grande significância sobre o assunto.

O uso de alguns recursos (por exemplo, aditivos) podem ser ferramentas para o controle de perdas importantes dentro do processo de produção, porém, não solucionam erros cometidos durante o manejo de confecção e utilização de silagens.

O processo de ensilagem altera os nutrientes originalmente presentes na planta, portanto, deve haver atenção para o uso de tabelas que trazem o valor da composição química dos alimentos quando a dieta for calculada com base no uso de forragens conservadas. O ideal seria que na fazenda ou dentro de instituições de pesquisa, as dietas fossem manipuladas de acordo com a verdadeira composição que o volumoso apresenta, respeitando as suas particularidades.

Resultados de pesquisa com a avaliação de animais (desempenho), têm alta aplicabilidade no campo, mas no caso da utilização de silagens de capim, esses resultados são dependentes de fatores relacionados com a qualidade do material e forma como foi ensilado, que muitas vezes não são relatados nos trabalhos, mas que determinam a qualidade do volumoso e prediz o consumo e o desempenho dos animais. Nesse sentido, outro importante fator que deve ser observado, refere-se aos níveis de concentrado

utilizados nesses trabalhos e as interações existentes entre os ingredientes das dietas.

Por fim, para o desenvolvimento de sistemas de produção de corte e leite que sejam sustentáveis do ponto de vista econômico, os produtores e os técnicos devem ter conhecimento da tecnologia a ser utilizada e dos custos de produção e este deve ser a base para as avaliações de qual forrageira vai ser empregada e mesmo qual será a técnica para a sua conservação, na expectativa de que se tenha maior retorno financeiro na exploração da atividade. No entanto, o conhecimento dos custos reais, ou mesmo uma estimativa aproximada, do volumoso produzido parecem não ser comum entre pecuaristas e mesmo técnicos da área.

7. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BALSALOBRE, M. A. A., NUSSIO, L. G., MARTHA Jr., G. B. Controle de perdas na produção de silagens de gramíneas tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba:SBZ, 2001, p. 890-911.

BERDUSCHI, G. Confinamento de bovinos em 2002. www.beefpoint.com.br (2002).

BERNARDES, T. F. Características fermentativas, microbiológicas e químicas do Capim-marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst ex. a. Rich) Stapf cv. Marandu) ensilado com polpa cítrica peletizada. *Dissertação de mestrado* - FCAV/UNESP, 2003, 108p.

BERNARDES, T. F. Consumo, comportamento ingestivo e digestibilidade de silagens de capim-Marandu submetidas à inoculação de bactérias homo e heterofermentativas. *Tese de Doutorado*, FCAV/UNESP, 2004a, 120 p.

BERNARDES, T. F., REIS, R. A., SIQUEIRA, G. R. et al. Uso de benzoato de sódio na ensilagem de capim-Marandu: Estabilidade aeróbia da ração total e da silagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande. *Anais...* Campo Grande:SBZ, 2004b. CD ROM.

BOLSEN, K. K., WHITLOCK, L. A., URIARTE-ARCHUNDIA, M. E. Effect of surface spoilage on the nutritive value of maize silages diets. In: THE INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 13th, 2002, Auchincruive. *Proceedings...* Auchincruive, 2002, p.75-77.

BUMBIERIS JUNIOR, V.H.; JOBIM, C.C.; ZAMBOM, M.A. et al. Qualidade da silagem e composição química do leite de vacas da raça holandesa alimentadas com silagens de grama estrela (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) ou silagem de milho (zea mays. l). 44º REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE DE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2006, João Pessoa-PB. *Anais...* (CD-Rom) João Pessoa: SBZ, p.1-4 [Nutrição de Ruminantes, 420060329104635duda].

CATCHPOOLE, V. R., HENZEL, E. F. Silage and silage-making from tropical herbage species. *Herbage Abstracts*, v. 41, p. 213-221, 1971.

CHAMBERLAIN, D. G. The silage fermentation in relation to the utilization of nutrients in the rumen. *Process Biochemistry*, v. 1, p. 60-63, 1987.

COAN, R.M.; VIEIRA, P.F.; SILVEIRA, R.N. et al. Efeito do inoculante enzimático-bacteriano sobre a composição química, digestibilidade e qualidade das silagens dos capins tanzânia e mombaça. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2001. Piracicaba. *Anais...* Piracicaba, SBZ, p.124-125. 2001.

COLLINS, M., FRITZ, J. O. Forage quality. In: FORAGES: INTRODUCTION TO GRASSLAND AGRICULTURE. 6th edition, Iowa: A Blackwell Publishing Company, 2003, p. 363-390.

DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. *Fundamentos de nutrição dos ruminantes*. Piracicaba: Livroceres, 1979, 380p.

DODDS, K. L., AUSTIN, J. W. Foodborne pathogenic bacteria: *Clostridium botulinum*. In: FOOD MICROBIOLOGY: Fundamentals and frontiers. Washington:ASM Press, 1997, p. 288-304.

ERDMAN, R. Silage fermentation characteristics affecting feed intake. In: NATIONAL SILAGE PRODUCTION CONFERENCE, Syracuse, 1993, Syracuse. *Proceedings...* Syracuse: NRAES-67, 1993. p.210.

GIVENS, D. I., RULQUIN, H. Utilisation of protein from silage-based diets. In: THE INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 13th, 2002, Auchincruive. *Proceedings...* Auchincruive, 2002, p. 268-283.

HART, S.P. Associative effects of sorghum silage and sorghum grain diets. *Journal of Animal Science*, v.64, n.8, p.1779-1789, 1987.

HOOVER, W.H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *Journal of Dairy Science*, v.69, n. 10, p.2755-2766, 1986.

HOOVER, W.H.; STOKES, S.R., Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. *Journal of Dairy Science*, v.74, p.3630-3644, 1991.

HUHTANEN, P. The effects of concentrate energy source and protein content on milk production in cows given grass silage *ad libitum*. *Grass Forage Science*. 48, p.347-355, 1993.

IGARASI, M. S. Controle de perdas na ensilagem de capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. Cv. Tanzânia) sob os efeitos do teor de matéria seca, do tamanho de partícula, da estação do ano e da presença do inoculante bacteriano. **Dissertação de Mestrado** - ESALQ/USP, 2002, 132p.

JOBIM, C.C.; SARTI, L.L.; DOS SANTOS, G.T. et al. Desempenho animal e viabilidade econômica do uso da silagem de capim-Elefante em substituição a silagem de milho para vacas em lactação. *Acta Animal Science*, Maringá, v.28, n.2, p.137-144, 2006.

LOURES, D. R. S. Enzimas fibrolíticas e emurchecimento no controle de perdas da ensilagem e na digestão de nutrientes em bovinos alimentados com rações contendo silagem de capim Tanzânia. **Tese de Doutorado** - ESALQ/USP, 2004, 132p.

McDONALD, P., HENDERSON, N., HERON, S. 1991. **The biochemistry of silage**. Marlow Bucks. Chalcombe Publications. 340 p.

MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: **Forage quality, evaluation and utilization**. FAHEY JR. (Ed) American Society of Agronomy: Madison. National Conference on Forage Quality, Evaluation and Utilization, p.450-493, 1994.

MOORE, J. E.; KUNKLE, W. E.; ROCHINOTTI, D. et al. Associative effects: are they real(?) and accounting for them in ration formulation. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 59, 1997, **Proceedings...** Ithaca: Cornell University, p.1-10, 1997.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Ruminant Nitrogen**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1985, 138p.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient Requirements of beef cattle. 7ª Ed. Washington, 242 p. 1996.

NUSSIO, L. G., RIBEIRO, J. L., PAZIANI, S. F. et al. Fatores que interferem no consumo de forragens conservadas. In: **VOLUMOSOS NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES: VALOR ALIMENTÍCIO DE FORRAGENS**. Jaboticabal:Funep, p. 27-50, 2003.

NUSSIO, L.G. **Ensilagem de gramíneas tropicais: Desafio permanente**. Livre Docência - ESALQ/USP, 2004, 235p.

OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; DRIEHUIS, F.; GOTTSCHAL, J.C.; et al.. Silage fermentation processes and their manipulation. In: **FAO ELETRONIC CONFERENCE ON TROPICAL SILAGE**, Rome, 1999. Silage making in the tropics with emphasis on smallholders; **Proceedings**. Rome: FAO, 200.p.17-30.

POPPI, D.P., McLENNAN, S.R. 1995. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *J. Anim. Sci.* 73:278-290.

REIS, R. A., COAN, R. M. Produção e utilização de silagens de gramíneas. In: **SIMPÓSIO GOIANO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE BOVINOS**. **Anais...** Goiânia:CBNA, 2001, p. 91-120.

REIS, R.A., DA SILVA, S.C. Consumo de forragens In: **Nutrição de Ruminantes**. Berchielli, T.T., Vaz Pires, A., Oliveira, S.G. (ed) 1º ed. Jaboticabal: FUNEP. 2006, v.1, p.79-109.

RUSSELL, J.B. Minimizing ruminant nitrogen losses. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM RUMINANTES**, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras:ESAL, p. 47-64, 1992.

SILVA, B.C.; PEREIRA, O.G.; PEREIRA, D.H. et al. Consumo e digestibilidade aparente total dos nutrientes e ganho de peso de bovinos de corte alimentados com silagem de *Brachiaria brizantha* e concentrado em diferentes proporções. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, 2005.

TOSI, H. **Ensilagem de gramíneas tropicais sob diferentes tratamentos**. Tese de Doutorado. FCB/UNESP.1973. 107 p.

TOSI, H., BONASSI, I.A., ITURRINO, R.P.S. et al. Avaliação química e microbiológica da silagem de capim-elefante, cultivar Taiwan A-148, preparada com bagaço de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.24 p.1313-1317, 1989.

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

TOSI, P.; MATTOS, W.R.S.; TOSI, H. et al. Avaliação do capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cultivar Taiwan A-148, Ensilado com diferentes Técnicas de Redução de Umidade. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. v. 28, p.947-954, 1999.

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

VIEIRA, B.R. Silagem de capim-Mombaça em diferentes proporções na dieta de bovinos de corte. Viçosa, MG: UFV, 2007, 83p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - *Universidade Federal de Viçosa*, 2007.

WINTERS, A. L., WHITTAKER, P. A., WILSON, R. K. Microscopic and chemical changes during the first 22 days in Italian ryegrass and cocksfoot silages made in laboratory silos. *Grass and Forage Science*, v. 42, p. 191-196, 1987.

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

PERSPECTIVAS PARA USO DE SILAGEM DE CEREAIS DE INVERNO NO BRASIL

Valter Harry Bumbieris Junior¹

Marcos Roberto Oliveira²

Clóves Cabreira Jobim³

Marco Aurélio Alves de Freitas Barbosa⁴

Leticia Maria de Castro⁵

Rondineli Pavezzi Barbero⁵

1 INTRODUÇÃO

Os cereais são cultivados em quase todas as partes do mundo com a finalidade principal de fornecer alimento para humanos. Grande parte desses também têm se destinado à alimentação animal, basicamente para suprimento energético, seja ele na forma de grãos ou mesmo forragem.

Quando mencionamos produção de forragem conservada sob forma de silagem, logo vem em mente a produção de milho ou sorgo, e em clima tropical ainda podemos mencionar a produção de cana-de-açúcar e capins tropicais como potenciais gramíneas a serem utilizadas. No entanto, em clima subtropical e temperado silagens de cereais de inverno podem se constituir em soluções para fornecerem estoques forrageiros, principalmente em situações onde culturas de verão não são possíveis de serem cultivadas ou mesmo encontram dificuldade de se desenvolverem.

Nesse contexto, vários trabalhos mostram a importância dos cereais de inverno para a alimentação do rebanho em diferentes países (Bolsen et al,

¹ Professor do Departamento de Zootecnia - Universidade Estadual de Londrina - UEL, Londrina - PR. (jrbumbieris@uel.br)

² Aluno de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia - Universidade Estadual de Maringá - UEM, Maringá - PR.

³ Professor do Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - UEM, Maringá - PR. (ccjobim@uem.br)

⁴ Professor do Departamento de Zootecnia - Universidade Estadual de Londrina - UEL, Londrina - PR. (maafbarbosa@uel.br)

⁵ Aluno de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal - Universidade Estadual de Londrina - UEL, Londrina - PR.

1976; Oltjen & Bolsen, 1980; MacCartney & Vaage, 1994; Le Gall et al, 1998; Jobim & Emile, 1999) já há algum tempo, mostrando também que essas culturas podem se constituir em solução paliativa num ocasional déficit forrageiro.

No Brasil, as regiões sul e sudeste apresentam potencial para o desenvolvimento de culturas de inverno, podendo ainda mencionar a região sul do estado de Mato Grosso do Sul, onde em invernos favoráveis apresentam condições bastantes satisfatórias para o desenvolvimento dessas.

O plantio de culturas de inverno para produção de grãos com alto risco econômico, como as culturas de trigo (*Triticum aestivum*), cevada (*Hordeum vulgare*), centeio (*Secale cereale*) e triticale (*X Triticosecale*) tem resultado, com certa frequência, em frustrações de safra. Basicamente isso tem ocorrido em consequência das grandes variações climáticas ocorridas durante o período hibernal, levando o produtor a buscar alternativas econômicas para a rentabilidade e intensificação do sistema de produção (Bortolini et al, 2004).

Avaliações de diferentes cultivares de cereais de inverno têm sido realizadas pela EMBRAPA nas regiões sul e sudeste do país com intuito de validar metodologias, manejos e observar o potencial de produção para cada cultura, além das diferentes possibilidades de uso desses cereais.

Dentro desse contexto, a prática da ensilagem de cereais de inverno deve ser incentivada, principalmente, pelos seguintes fatores: utilização de áreas que ficam ociosas durante o inverno, pois, além de possibilitarem a utilização mais racional dos solos, evitando que fiquem descobertos, pode-se garantir a produção de volumosos de alto valor nutritivo; redução dos riscos de falta de volumoso por intermédios climáticos; redução da competição das áreas de verão pelo plantio de milho para silagem, o que permite que o milho seja utilizado para a produção de grãos; e geração de renda com a comercialização da silagem excedente (Fontaneli & Fontaneli, 2009).

Na Europa os cereais de inverno vêm passando do *status* de culturas forrageiras "esporádicas", permitindo não somente assegurar um estoque forrageiro em anos de seca no verão, a um *status* de cultura forrageira "de base" permitindo assegurar todo ou parte do estoque forrageiro em algumas situações, constituindo-se uma verdadeira estratégia no planejamento

forrageiro (Lemaire, et al, 2006).

No Brasil essas culturas podem se tornar uma alternativa para proporcionar maior flexibilidade aos sistemas agropecuários. Nessa perspectiva, apresentaremos algumas potencialidades para produção de silagem das principais culturas de cereais de inverno cultivadas no Brasil, enfatizando as regiões sudeste e sul, onde se concentram as produções mais significativas.

2. CEREAIS DE INVERNO

2.1. Triticale (*X. Triticosecale Wittmack*)

Há relatos que, o primeiro híbrido fértil entre trigo (*Triticum spp.* L.) e centeio (*Secale cereale* L.) ocorreu na Alemanha em 1888 por Wilhem Rimpau (Lelley, 1992). Posteriormente, a esse híbrido deu-se o nome de triticale (*X. Triticosecale Wittmack*), que é uma gramínea anual, na qual se buscou incorporar a qualidade e a produção de grãos do trigo e a rusticidade do centeio (Baier et al, 1988) objetivando-se a maior produção de grãos para panificação. No entanto, a qualidade do grão do triticale não obteve méritos suficientes para substituir o trigo na alimentação humana. As pesquisas com essa cultura foram então direcionadas para a produção de forragem ou mesmo grãos para alimentação animal.

Como cultura alternativa para a alimentação animal, o triticale destaca-se como alimento energético. Essa forrageira é resistente aos solos ácidos e pobres, à seca ou ao excesso de umidade. Dotado dos genomas do trigo e do centeio, trata-se de um cereal com potencial para aumentar a produção em sistemas de diversificação de lavouras de inverno (Reis et al, 2006). Apresenta folhas eretas e cerosidade nas bainhas, com colmos finos e espigas aristadas, sendo resistente ao oídio e a ferrugem. No ciclo final da cultura pode apresentar altura entre 100 a 114 cm.

Na Rússia e na Polônia é semeado em áreas marginais anteriormente utilizadas para o plantio de centeio; na Austrália, é cultivado para corte ou pastejo em regiões semi-áridas; na Argentina, é utilizado preferencialmente

para pastejo. Na França, Alemanha, Inglaterra e nos Estados Unidos, é semeado em solos mais pobres, sendo utilizada para alimentação animal na forma de feno, silagem da planta inteira ou do grão, ou ainda como grão seco (Baier, 1995).

Na região mediterrânea de Portugal o triticale tem sido plantado preferencialmente com finalidade de produção de forragem para uso na alimentação animal. Usando a correta combinação de alelos, bons genótipos têm sido desenvolvidos para essa finalidade naquele país, combinando a habilidade de rápido estabelecimento no outono, com satisfatória produção de forragem, e capacidade de rebrota após o pastejo de inverno (Maças et al, 2001).

2.1.1. Potencial produtivo do triticale

Cárdenas et al, (1998), avaliando genótipos de triticale no México, relataram produção de grãos próximas a 3,3 ton/ha, quantidade em que já se mostra interessante do ponto de vista econômico, visto que, culturas anuais tem seu custo de implantação e manutenção mais elevado em relação às culturas perenes. Barbazán et al, (2002), avaliando cereais de inverno para cobertura do solo no Uruguai, relataram produção de matéria seca do triticale próximo a 8 ton/ha com 147 dias após plantio. Na Europa, as culturas de triticale destinadas à produção de silagem, podem alcançar produções próximas a 11 ton de MS/ha em condições de clima e umidade favoráveis (Bumbieris JR, 2009). Já no Brasil, produtividade em torno de 6 toneladas de MS/ha (Fontaneli et al, 2009) tem sido obtidas no Rio Grande do Sul.

A cultura do triticale tem se expandido por diversas regiões do mundo, alcançando inclusive a região mediterrânea, chegando até mesmo nos países do norte da África. No Brasil, não é tão difundido e utilizado, porém tem sua importância na região sul, onde é cultivado para produção de grãos e forragem ou mesmo duplo propósito (Bortolini et al, 2004).

Pesquisas realizadas pela Embrapa Trigo têm mostrado que o trigo e o centeio, cultivados no Brasil há mais de um século, têm traços genéticos que podem ser transferidos para o triticale para melhorar sua adaptabilidade.

A cultivar BRS Minotauro, lançada pela Embrapa Trigo é o resultado de diferentes cruzamentos e seleções realizadas nos últimos anos, originando a primeira cultivar de triticale desenvolvida no país a partir do trigo e centeio brasileiro, adaptada às condições edafoclimáticas de cultivo do sul do Brasil. Essa cultivar tem ciclo médio (média de 86 dias da emergência ao espigamento e de 143 à maturação), estatura média-alta (média de 113 cm em Passo Fundo), apresentado produção de grãos próximas a 3,8 ton/ha, sendo também uma opção para o corte e ensilagem (Nascimento Jr et al, 2005)

Apesar da redução da área plantada dessa cultura nos últimos anos, têm se observado um maior interesse pela silagem de triticale no Brasil.

2.1.2. Composição química e qualidade de fermentação de silagens de triticale

Pesquisas de avaliação do valor nutricional dessa silagem têm sido recentemente realizadas no Brasil (Lopes et al, 2008; Fontaneli et al, 2009; Oliveira et al, 2010) no intuito de validar esse alimento como opção forrageira também na forma de silagem.

Tabela 1. Composição químico-bromatológica e características fermentativas de silagens de triticale (*X Triticosecale Wittmarck*).

Parâmetros	Emile et al, (2007)	Lopes et al, (2008)	Fontaneli et al, (2009)	Bumbieris Jr, (2009)	Oliveira et al, (2010)
MS (%)	32,30	27,30	35,20	22,44	29,20
PB (%)	7,30	12,80	9,30	7,75	11,40
FDN (%)	56,40	48,20	63,40	68,60	61,30
FDA (%)	---	29,40	33,90	41,46	37,80
pH	4,15	3,70	---	4,04	4,30
N-NH ₃ (% N total)	10,20	13,20	---	9,73	13,80
Ac. Acético (%)	1,29	1,90	---	4,92	1,93
Ac. Propiônico (%)	---	0,00	---	0,42	0,20
Ac. Butírico (%)	0,14	0,00	---	<0,05	0,13
Ac. Lático (%)	4,16	7,13	---	5,14	6,90
DIVMS (% da MS)	62,30	---	62,50	56,34	---

Os dados compilados para elaboração da Tabela 1 nos mostram valores interessantes do ponto de vista nutricional, para silagens de triticale no Brasil e na França (Emile et al, 2007 e Bumbieris Jr, 2009). Com relação à qualidade de fermentação (Bumbieris Jr, 2009), observa-se aumento nas quantidades de ácido acético, justificado pelos baixos teores de matéria seca no momento da ensilagem.

Além do aspecto nutricional da silagem de triticale, o fator produção de matéria seca por área e custo de produção, tem chamado a atenção dos produtores para o plantio dessa cultura. É, portanto, uma opção dentro da diversidade das culturas de inverno para produção de alimento volumoso conservado.

2.1.3. Uso da silagem de triticale na alimentação animal

Em trabalho realizado por Eifert et al, (2004) com bezerros desmamados alimentados com silagem de triticale em diferentes níveis de concentrado (35 a 65%), observa-se ganhos de peso variando de 0,270 a 0,784 kg/dia. O consumo do matéria seca (%PV) também foi variável (2,24 a 3,87%), no entanto, os ganhos de peso, mesmo nos níveis de concentrado mais baixos (35%) foram satisfatórios com o uso da silagem de triticale. Bumbieris Jr, (2009) trabalhando com silagem de triticale e com quantidade de concentrado fixa (6 kg/animal) na alimentação de vacas leiteiras, observaram produções de leite na ordem de 18,7 litros/vaca/dia, com consumo de matéria seca total de 2,55% do peso vivo.

Alguns autores (McCartney & Vaage, 1994; Scerra et al, 1994) relataram problemas de aceitabilidade com relação às silagens de triticale, atribuindo esse problema à presença de aristas ou textura que esses cultivares apresentavam, além dos teores de matéria seca mais elevados (40 a 42%) no momento da ensilagem. No entanto, também há forte variabilidade genética que pode interferir na digestibilidade e ingestão de silagens de cultivares da mesma espécie, porém com características de parede celular e conteúdos de amido diferentes (Emile et al, 2007).

Atualmente, o desenvolvimento de cultivares melhoradas e o corte

em estado fisiológico menos avançado, aliado ao bom tamanho de partícula para compactação, têm facilitado a difusão da utilização de silagem de triticale no estágio imaturo, contornando os problemas de aceitabilidade e baixa ingestão. O valor nutricional dessa forrageira tem sido avaliado na alimentação animal em substituição a culturas convencionais (milho, sorgo), pelo fato de ser mais eficiente no uso da água para produção de forragem e pela possibilidade de uso de áreas ociosas no inverno.

2.2. Trigo (*Triticum aestivum*)

O centro de origem do trigo foi localizado na Ásia Menor, (Allard, 1971), sendo o percurso deste cereal apoiado por investigações arqueológicas, que revelaram, no Crescente Fértil (7000-6000 a.C), a presença de trigos diplóides, tetraplóides (Helback, 1959).

Esse cereal é o segundo mais plantado no mundo, logo após o milho, sendo que grande parte da produção mundial é para o consumo humano, restando seus subprodutos para o consumo animal. Há algumas exceções como, Canadá e Estados Unidos, por exemplo, onde esse cereal também tem sido utilizado na alimentação animal (Petit & Santos, 1996).

Como maiores produtores de trigo podemos destacar, a China, Índia e Estados Unidos, que além de grandes produtores são grandes consumidores desse cereal. No Brasil, os estados grandes produtores de trigo são Rio Grande do Sul e Paraná. No entanto, o Brasil é um dos maiores importadores de trigo do mundo, principalmente da Argentina da qual importamos até 90% da necessidade de consumo (Bartmeyer, 2006). Apesar da grande importação o Brasil é o segundo maior produtor sul-americano (aproximadamente 5 milhões de toneladas) atrás somente da Argentina que produz aproximadamente 12 milhões de toneladas (Conab, 2010).

Parece-nos um tanto estranho falar em silagem de plantas de trigo no Brasil, no entanto, em regiões de instabilidade climática durante o inverno, a cultura do milho safrinha pode ser totalmente perdida caso haja ocorrência de geadas antecipadas. Nesse sentido, produtores dessas regiões têm preferido cereais de inverno ao milho safrinha para a finalidade da confecção de silagem,

sendo o trigo preferido em muitas situações pelo seu valor nutritivo como planta forrageira.

Resultados satisfatórios têm sido observados pela cultivar BRS-176 desenvolvida pela Embrapa para duplo propósito (corte e/ou pastejo e produção de grãos). Produções observadas por Bartmayer, (2006) para essa cultivar na produção de grãos (4 ton/ha) e produção de carne (181 kg de peso vivo/ha em 15 dias de pastejo) no Paraná são animadoras, motivando mais investigações sobre essa possibilidade de uso do trigo.

2.2.1. Composição química e qualidade de fermentação de silagens de trigo

Assim como o triticale, a silagem de trigo tem se mostrado bastante interessante no aspecto nutricional. Na Tabela 2 observa-se que os teores de matéria seca das silagens foram adequados, pensando no aspecto da qualidade de fermentação dessas silagens.

Tabela 2. Composição químico-bromatológica e características fermentativas da silagem de trigo (*Triticum spp*)

Parâmetros	Filya, 2003	Emile et al, (2007)	Fontaneli et al, (2009)	Meinerz, 2009
MS (%)	38,50	33,50	38,40	42,50
PB (%)	6,10	8,10	9,00	---
FDN (%)	41,30	53,20	63,90	---
FDA (%)	27,80	---	35,50	---
pH	4,00	3,91	---	3,73
N-NH ₃ (% N total)	---	9,90	---	5,22
Ac. Acético (%)	0,68	2,98	---	---
Ac. Propiônico (%)	0,02	---	---	---
Ac. Butírico (%)	0,00	0,09	---	---
Ac. Lático (%)	3,33	3,83	---	---
DIVMS (% da MS)	---	60,80	61,20	---
Capacidade Tampão (meq. NaOH/100g MS)	---	---	---	13,80

No tocante à digestibilidade da matéria seca das silagens, os valores encontrados por Emile et al, (2007) e Fontaneli et al, (2009) são considerados bastante razoáveis, pois quando comparamos com a silagem de milho (67%

de DMS, Bumbieris Jr et al, 2007), que é um alimento conservado referência, observa-se valores de digestibilidade semelhantes, mostrando potencial para produção animal.

2.2.2. Uso da silagem de trigo na alimentação animal

No Brasil não tem sido corrente a utilização de silagem de trigo em experimentação animal, até por que, como já dito anteriormente, o Brasil tem um déficit produtivo de trigo para grãos, o que não motiva as instituições de pesquisa a competirem com a finalidade principal do trigo no Brasil, que é a alimentação humana. No entanto, alguns trabalhos demonstrando a qualidade e o potencial dessa cultura para silagem e também grãos (duplo propósito) têm sido realizado principalmente no Rio Grande do Sul (Meinerz, 2009 e Fontaneli et al, 2009) e Paraná (Bartmayer, 2006) deixando ainda a desejar as experimentações com relação ao uso de animais (consumindo silagem de trigo) para validação dessas pesquisas.

Dado a escassez de resultados de pesquisa no Brasil, serão apresentados alguns resultados da utilização da silagem de trigo na produção animal em outros países, que já há algum tempo, vêm pesquisando e motivando a classe produtora a utilizá-la como opção forrageira.

Alguns trabalhos realizados nos Estados Unidos entre 1975 e 1996 mostram resultados para ganho de peso com novilhos de corte entre 700 a 800 g/animal/dia. Isso não representa o potencial máximo de ganho para os animais utilizados, mas muitas vezes é mais eficiente sua utilização e produção mediante as condições ambientais locais.

Bolsen et al, (1976) trabalhando com silagens de trigo na alimentação de novilhos de corte, encontraram valores de ganho de peso na ordem de 0,69 kg/animal/dia. Resultados superiores a esse foram apresentados por Oltjen & Bolsen (1980), onde encontraram valores de ganho de peso também para novilhos entre 0,87 e 0,96 kg/animal/dia. Resultados intermediários foram verificados por Coombs et al, (1997) com ganhos de peso de 0,77 kg/animal/dia e consumo de matéria seca próximo a 2,40 % do PV.

Arieli & Adim (1994) realizaram trabalhos em Israel com a utilização

de silagem de trigo em diferentes estádios de desenvolvimento na alimentação de vacas leiteiras e obtiveram resultados próximos a 34 litros de leite/vaca/dia. Esses resultados foram verificados com o uso de silagem de trigo cortado no estádio de grão leitoso.

Os dados existentes sobre a qualidade da silagem de trigo e os valores observados na produção animal em outros países, evidenciam o potencial para produção de silagem estratégica, principalmente em ocorrência de intempéries climáticas onde a cultura poderia ser totalmente perdida se fosse destinada à colheita de grãos. Destaca-se também a possibilidade de uso do trigo como cultura substituta de uma planta mais sensível as adversidades no final do outono e inverno, como é o caso do milho safrinha no sul do Brasil. Dessa forma, observa-se que a cultura do trigo tem potencial de produção de massa forrageira e valor nutritivo agregado, podendo contribuir em sistemas de produção animal também na forma de silagem.

2.3. Aveia (*Avena spp.*)

O trigo e a cevada foram inicialmente mais importantes do que a aveia para o homem, e existem evidências de que este cereal persistiu como planta invasora na lavoura por séculos antes de ser cultivado (Coffman, 1961). O centro de origem da aveia foi assinalado à Ásia Menor ou Norte da África (Allard, 1971). O percurso destes cereais é apoiado por investigações arqueológicas, que revelaram, no Crescente Fértil (7000-6000 a.C), a presença de trigos diplóides, tetraplóides e cevada, mas não aveia.

As primeiras aveias apareceram cerca de 1.000 a.C, na Europa central (Helback, 1959). No Norte e Oeste da Europa, as aveias evoluíram como culturas secundárias, invasoras das principais culturas (Holden, 1979). O avanço em direção a ambientes mais frios e úmidos fez com que as culturas de trigo e cevada se tornassem progressivamente menos adaptadas, mas foi propício ao desenvolvimento da aveia. Ocorreram alterações genéticas importantes, com a perda da debulha natural do grão e da dormência, vantagens seletivas para o cultivo (Tavares et al, 1993).

Atualmente, a aveia constitui um dos principais cereais cultivados

no mundo juntamente com milho, trigo e cevada. Tem sido um cereal com grande desenvolvimento em climas temperados, e também uma cultura importante em climas mediterrâneos (Holden, 1979).

No Sul do Brasil, há um forte programa de melhoramento da aveia, cujas cultivares tem permitido incrementar a produção de grãos e também a produção de forragem (Noro et al, 2003). Adapta-se a diferentes regiões de clima temperado e subtropical, porém em temperaturas altas, a cultura está sujeita ao ataque severo de ferrugem das folhas. Trata-se de uma gramínea de hábito de crescimento cespitoso, de altura aproximada de 1 m (Reis et al, 2006).

A aveia é uma espécie muito versátil, podendo ser cultivada consorciada com outras gramíneas ou leguminosas. Possui ampla adaptabilidade e é cultivada no Brasil principalmente nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e Espírito Santo, em locais onde a temperatura (20-25°C) favorece o seu desenvolvimento vegetativo (Sandini, 1999).

As espécies de maior interesse são as aveias branca (*Avena sativa* L.), amarela (*Avena byzantina* K. Koch) e preta (*Avena strigosa* Schreb), permitindo destaques à aveia preta pela sua resistência à ferrugem, rápido crescimento, permitindo altos rendimentos e boa qualidade (Floss, 1988), e à aveia branca e amarela por serem cultivadas tanto para a produção de grãos, como para a formação de pastos e silagem (Godoy et al, 1992).

2.3.1. Potencial produtivo

A aveia forrageira pode ser utilizada em pastejo, ou em corte, por meio de fornecimento da massa verde no cocho ou ainda conservada como feno ou silagem. A aveia é uma das principais forrageiras utilizadas na formação de pastagens no Sul do Brasil no inverno, pela sua produção de massa seca e qualidade da forragem, resistência ao pisoteio e baixo custo de produção (Floss, 1995; Frizzo, 2001).

A produção de algumas culturas de inverno como a aveia preta e aveia branca apresentam destaque na região sul do Brasil (Rocha et al, 2004), principalmente por fatores relacionados ao clima.

Tabela 3. Teores de matéria seca e produção de matéria seca de silagens de aveia cortadas nos estádios de floração e grão pastoso

Genótipo	Estádio	
	Floração	Grão pastoso
	Matéria seca (%)	
A. P. C.	24,0b	31,3b
UTFP 971	21,3c	27,2c
ER 91156-1	26,6b	33,6ab
SI 98105-b	34,3a	35,6a
Média	26,6	31,9
	Produção de matéria seca (kg/ha)	
A. P. C.	5479ab	9166a
UTFP 971	3547b	7907ab
ER 91156-1	6746a	9170a
SI 98105-b	7079a	4174b
Média	5712	7.604

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5%
 Fonte: Adaptado de David et al, (2010)

David et al, (2010) avaliando dois estádios vegetativos de corte para ensilagem (Tabela 3), observaram que, a maior produtividade da aveia, normalmente é manifestada no estágio vegetativo de grãos pastosos, com produções de matéria seca superiores a 9 ton. de MS/ha. Segundo Fontaneli et al. (2009), os cereais de inverno podem ser utilizados tanto para pastejo quanto como silagem, sendo que quando utilizada na segunda opção, o ponto de corte geralmente deve ocorrer no início da emissão da inflorescência, quando a planta apresenta boa relação entre disponibilidade de biomassa e valor nutricional.

Faria & Corsi (1995) indicaram o cultivo de aveia no Brasil-central, adequando-se técnicas de plantio nos meses de temperatura mais baixas quando se deseja produzir volumoso de boa qualidade, porém, a produção de matéria seca por hectare ainda apresentou-se inferior quando comparadas a gramíneas tropicais naquela região.

Segundo Kichel & Miranda (2000), a silagem da aveia é pouco utilizada, principalmente pelo fato da menor produção de massa por unidade de área quando comparada com forragens tropicais, e conseqüentemente menor rendimento comparativo. Este fator favorece sua utilização para pastejo.

Entretanto, segundo os autores, em áreas com muita precipitação no inverno e sem infra-estrutura para pastejo, nas quais se necessita armazenar forragem, a conservação é recomendável, conciliada com práticas adequadas de fertilização dos solos para esta cultura.

2.3.2. Composição química e qualidade de fermentação de silagens de aveia

A forragem de aveia caracteriza-se pelo alto conteúdo de proteína bruta e baixos teores de componentes da fração fibrosa (Bruning et al, 2003). Segundo Cecato et al, (1998), avaliando diversas cultivares de aveia, os teores de proteína bruta dessa espécie podem alcançar entre 18 a 21% e de fibra em detergente ácido entre 25 a 28% aos 60 dias pós-plantio, mostrando o potencial em termos de qualidade de forragem dessa espécie quando em condições adequadas de clima e umidade.

Tabela 4. Porcentagem de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de silagens de aveia em diferentes estádios de maturação

Estádio de desenvolvimento	MS	PB	FDN	FDA	Autor
Vegetativo	18,8	10,9	--	--	López & Mühlbach (1991)
Vegetativo	15,3	17,7	46,7	34,8	Berto & Mühlbach (1997)
Vegetativo	20,6	13,1	65,3	26,0	Evangelista et al, (2002)
Grão pastoso	26,6	10,8	59,6	38,9	Coan et al, (2001)
Florescimento	26,5	10,1	68,9	44,7	Brüning et al, (2005)
Grão pastoso	31,4	11,3	67,2	43,6	
Florescimento	19,6	5,7	66,8	48,2	Boin et al, (2005)
Florescimento pleno	22,7	5,0	70,5	49,5	
Grão pastoso	27,5	7,1	63,7	44,6	
Grão farináceo	28,9	6,4	64,6	45,6	
Vegetativo	17,3	8,9	64,4	--	Skonieski et al, (2006)
Florescimento	21,1	7,2	70,1	--	
Grão pastoso	31,1	7,1	71,5	--	
Florescimento	20,3	8,8	66,8	--	Peripolli et al, (2006)
Grão pastoso	26,7	7,5	71,5	--	

A época de corte da aveia visando ensilagem, onde é necessário conciliar boa composição bromatológica, adequado teor de matéria seca e carboidratos solúveis, pode ser determinado pela floração das plantas (Tabela 4), pois nesta fase as mesmas apresentam maior equilíbrio entre os teores de açúcares, matéria seca, proteína bruta e digestibilidade. No entanto, quando a finalidade é a produção de maior quantidade de matéria seca, pode-se aguardar até o estágio de grãos imaturos ou pastosos para realizar o corte.

Na Tabela 5, podemos observar que no estágio vegetativo e em teores de matéria seca mais baixos (18,8 e 15,3%) a quantidade de $\text{NH}_3/\text{N}_{\text{Total}}$ é maior quando comparada aos demais, demonstrando perdas na qualidade da proteína e prejuízos no aspecto fermentativo da silagem. Já nos estádios de desenvolvimento mais avançados, observa-se que a qualidade de fermentação não sofre bruscas interferências dos teores de matéria seca, podendo inferir que são satisfatórios os padrões fermentativos apresentados nesses trabalhos.

Tabela 5. Parâmetros de pH, nitrogênio amoniacal ($\text{NH}_3/\text{N}_{\text{Total}}$) e ácidos orgânicos de silagens de aveia

Estádio	MS (%)	pH	$\text{NH}_3/\text{N}_{\text{Total}}$	Ácidos orgânicos (% MS)			Autor
				Lático	Acético	Butírico	
Vegetativo	18,8	4,4	12,2	6,67	2,79	0,26	López & Mühlbach (1991)
Vegetativo	15,3	4,6	11,8	8,4	3,6	0,18	Berto & Mühlbach (1997)
Vegetativo	20,6	3,8	2,3	--	--	--	Evangelista et al, (2002)
Florescimento	24,9	4,5	5,5	2,27	--	--	David et al, (2004)
Grão pastoso	29,8	3,8	2,4	4,05	--	--	Peripolli et al, (2006)
Florescimento	20,3	4,2	4,3	--	--	--	
Grão pastoso	26,8	4,5	5,6	--	--	--	

No caso de adequar o teor de matéria seca do material prévia à ensilagem, é recomendado o manejo de pré-secagem, onde o material permanece ao sol até que o teor de matéria seca aproxime-se a 40%, reduzindo

as perdas por excesso de umidade e melhorando a fermentação, o tempo de conservação e a qualidade da silagem. Quando for possível a realização destas técnicas de pré-secagem, o material poderá ser cortado e ensilado mais jovem, quando o teor de umidade no campo ainda for mais elevado, porém com ótima composição bromatológica e boa digestibilidade (Kichel & Miranda, 2000).

2.3.3. Uso da silagem de aveia na alimentação animal

Na África do Sul, Bangani et al, (2000) avaliando a inserção de alfafa na alimentação de vacas Jersey alimentadas com silagem de aveia, verificaram que, no nível zero de inserção de alfafa, ou seja, somente com silagem de aveia, os animais produziram 16,3 litros/vaca/dia, contra 17,2 litros/vaca/dia com 8% de inserção de alfafa. Pode-se inferir que a silagem de aveia fornecida como única fonte de volumoso conservado, é uma opção forrageira interessante, visto que, a produção de leite por vaca/dia observadas são nessa situação satisfatórias.

Ainda no tocante a produção leiteira, Mojica et al, (2009) na Colômbia, avaliando a inserção da silagem de aveia como suplemento ao pasto de capim kikuio, observaram produções de 20,5 litros/vaca/dia para a substituição de 47% do volumoso de capim kikuio por silagem de aveia.

McCartney & Vaage, (1994), avaliando a silagem de aveia na alimentação de novilhas cruzadas (Charolês x Angus e Hereford x Simental), verificaram ganhos médios de peso na ordem de 0,57 kg/animal/dia. Também mediram o consumo dessa silagem nesse mesmo trabalho e encontraram valores médios de 1,7% de consumo de matéria seca somente da silagem (%PV). Trabalho realizado em Santa Maria - RS por Pascoal et al, (2000), com fornecimento de silagem de aveia para bezerros desmamados, numa relação volumoso:concentrado 50:50 e concentrados com diferentes níveis de proteína (13, 15, 17 e 19% de PB na dieta total), mostraram ganhos médios diários variando entre 644 a 730g/animal/dia, nos diferentes níveis protéicos avaliados. O consumo de matéria seca total variou de 2,83 a 2,90% (%PV).

No Brasil, os resultados para pesquisa com silagem de aveia na

alimentação animal não têm sido tão abundantes. No entanto, é sabido que em nível de propriedade rural, essa silagem tem sido utilizada com sucesso pelos produtores rurais, principalmente para alimentação do rebanho leiteiro.

2.4. Cevada (*Hordeum vulgare*)

A cevada (*Hordeum vulgare*) teve origem na Ásia Menor, na região denominada "Crescente Fértil" (Minella, 2001). A cevada cultivada pertence à espécie *Hordeum vulgare* L. *sensu lato* é dividida em duas subespécies (Minella, 1999): *Hordeum vulgare sp vulgare* (grupos de duas e seis fileiras) e *Hordeum vulgare sp spontaneum* (cevada de inverno e de primavera). Em termos práticos a cevada é classificada de acordo com o uso a que se destina (cerveja ou forrageira) e com o tipo de espiguetas (duas ou seis fileiras) (Baldanzi, 1988).

A espécie de cevada *Hordeum vulgare* L. pertence a família das gramíneas, pertencente ao gênero *Hordeum*, que em razão de sua ampla adaptação ecológica, da utilidade como alimento humano e animal e da superioridade de seu malte para uso cervejeiro, expandiu-se globalmente, tornando-se uma das espécies de cereais com maior distribuição geográfica, mantendo-se entre os grãos mais produzidos ao longo dos séculos (Poehlman, 1985).

O melhoramento da qualidade nutricional da cevada vem recebendo grande atenção. Foram descobertos genes que influenciam a quantidade e a qualidade de proteína, pois a eficiência de conversão do grão e a sua digestibilidade para o animal são consideradas críticas (Mazzocato, 2005). A cevada que apresenta mais de 12% de PB é classificada como forrageira e não é aceita pela indústria cervejeira, podendo ser usada por fabricantes de ração para os animais domésticos (Boyles et al, 1990).

O ciclo mais curto da cevada permite a colheita antes dos demais cereais de inverno, otimizando máquinas e mão de obra e permitindo a semeadura da safra de verão também mais cedo. O "afofamento do solo" pelas raízes da cevada é outro atributo com reflexo no desempenho da cultura de verão (Antunes, 2010).

2.4.1. Potencial produtivo

Segundo o IBGE (2009), a produtividade (kg de grãos/ha) de cevada na safra 2008/2009 ficou em 2.598 e a área plantada foi de 77.452 hectares sendo essa área localizada totalmente nos estados do sul do país.

No Brasil, o uso da cevada na forma de silagem, praticamente não é estudado, não havendo informações, por exemplo, sobre produtividade e aspectos ligados a qualidade de fermentação dessa silagem. No entanto, já na década de 1960 (Polan et al, 1969), nos Estados Unidos, mais propriamente no estado de Michigan, já haviam estudos mostrando produtividade de cevada naquela região em torno de 8,25 ton de MS/ha. Também nos Estados Unidos, porém já na década de 1980, Acosta et al, (1991), encontraram produtividade em torno de 8,75 ton de MS/ha para a cultura da cevada.

No Brasil, dados mais recentes têm sido encontrados em trabalhos realizados no Rio Grande do Sul. Na região de Passo Fundo - RS, Fontaneli et al, (2009) observaram produções de matéria seca variando de 4,7 a 5,6 ton/ha para a finalidade de confecção de silagem. Já na região de Santa Maria - RS, Meinerz, (2009) observou produção próxima a 6,6 toneladas de MS/ha também visando produção de silagem.

Essas produções de massa de forragem mostradas para a região sul do Brasil já são bastante animadoras, visto que, o valor nutritivo da cevada também tem se mostrado interessante como alimento volumoso.

2.4.2. Composição química e qualidade de fermentação de silagens de cevada

Na Tabela 6, observamos que, nos diferentes trabalhos compilados para apresentação dos dados, os teores de MS das silagens estão dentro de uma faixa ótima para o processo fermentativo (30 a 35% de MS). Isso é confirmado pelos resultados obtidos nesses trabalhos para os parâmetros relacionados à produção de ácidos orgânicos, onde, todos apresentam valores que sugerem boa qualidade de fermentação durante o processo.

Tabela 6. Composição químico-bromatológica e características fermentativas da silagem de cevada (*Hordeum vulgare*)

Parâmetros	Acosta et al, (1991)	Hristov & McAllister, (2002)	Emile et al, (2007)	Wallsten et al, (2009)	Fontaneli et al, (2009)
MS (%)	35,80	---	38,60	41,60	32,50
PB (%)	9,10	---	7,40	10,00	8,90
FDN (%)	52,60	---	51,30	41,10	61,00
FDA (%)	33,90	---	---	26,30	33,00
pH	4,31	4,69	4,69	4,50	---
N-NH ₃ (% N total)	---	4,20	0,09	6,70	---
Ac. Acético (%)	0,79	0,08	0,80	0,80	---
Ac. Propiônico (%)	0,09	---	---	0,10	---
Ac. Butírico (%)	0,00	0,00	0,10	0,00	---
Ac. Lático (%)	1,23	3,77	2,34	2,90	---
DIVMS (% da MS)	61,90	---	57,20	67,50	63,20

Ainda com relação à qualidade de fermentação, segundo Meinerz (2009), a cevada quando ensilada apresenta alta capacidade tampão (22,92 m.eq NaOH/100g MS) indicando que este material apresenta maior resistência ao abaixamento do pH explicado pelo seu valor protéico mais elevado (Tabela 6) em relação ao milho por exemplo. De acordo com Córdova (2004), o teor protéico da cevada grão varia conforme a variedade, apresentando teores superiores ao milho. Esse nutriente, de certa forma se dilui na silagem da planta inteira como um todo, justificando a maior capacidade tampão no momento da ensilagem. Por outro lado, assim como o amido, a proteína da cevada apresenta rápida degradação ruminal, o que contribui para a síntese de proteína microbiana (Boyles et al, 1990), compensando no aspecto nutricional essa perda, de certa forma, para o processo fermentativo.

Um aspecto nutricional bastante importante a ser observado é a digestibilidade da matéria seca das silagens de cevada (Tabela 6). A maior parte dos trabalhos mostrou valores para essa variável maiores que 60% da MS. Esses valores são importantes, pois nos dão maior segurança e flexibilidade dentro de um planejamento forrageiro estratégico, em regiões que produzam com facilidade essa forrageira, categorizando-a como potencial cereal de inverno para o processo de produção de silagem.

2.4.3. Uso da silagem de cevada na alimentação animal

Acosta et al, (1991) fornecendo silagem de cevada na relação volumoso:concentrado de 75:25, para vacas da raça Holandesa, observaram produções médias de 26,3 litro/vaca/dia e consumo de matéria seca em torno de 2,95% (%PV). Resultados semelhantes foram encontrados por Polan et al, (1969) em situação semelhante, observando produções médias de 26,75 litros/vaca/dia e consumo de matéria seca na ordem de 3,04% (%PV).

Em estudo realizado por Eun et al, (2005), utilizando dois tratamentos para a silagem de cevada (mecanicamente tratada e silagem convencional), colhida em estágio médio de grão farináceo e oferecida a vacas da raça Holandesa, observaram que o tratamento mecânico não alterou a composição química da silagem de cevada. Porém, quando a produção foi corrigida para gordura (4%), observaram produções diferentes (29,7 versus 31,7 kg/d), assim como na concentração de gordura do leite (3,30 versus 3,57%), que tendeu a aumentar quando comparada à silagem de cevada convencional. Também a digestibilidade da matéria seca e da fibra no trato gastrointestinal não foram afetados pelo processamento mecânico da silagem de cevada, mas a digestibilidade do amido foi melhorada.

Kossoski (1992), em experimento realizado na Granja Experimental de Bovinos de Leite, em Castro, PR, comparando a utilização de silagem de grãos úmidos de cevada com silagem de grãos úmidos de milho em vacas da raça Holandesa concluiu que a cevada pode ser um substituto parcial do milho, ou seja, na substituição parcial, as vacas apresentaram maior produção de leite.

3. SILAGENS DE CEREAIS DE INVERNO EMURCHECIDOS

A remoção parcial de água da planta, por meio do emurchecimento, pode ser uma opção interessante, permitindo a conservação de forragens que apresentem alto teor de umidade no momento do corte (Pereira & Reis, 2001). Embora pesquisas apontem um benefício relativo, justificados por dificuldades na realização do emurchecimento e aumento da mão de obra e

uso de maquinário em relação à silagem convencional.

Berto & Mühlbach (1997) observaram elevação do teor de MS de 104,0%, redução de 14,6% na capacidade tampão (CT) e aumento de 14,8% no teor de carboidratos solúveis (CS), quando a aveia foi submetida ao emurchecimento. Da mesma forma, Evangelista et al, (2002) verificaram redução nos valores de CT de 14,0; 7,4; 7,3 e 5,9 eq.mg NaOH/100g MS, respectivamente, para o emurchecimento da aveia por quatro, cinco e seis horas. Diante do exposto, o emurchecimento eleva o teor de MS, concentra os substratos e reduz a capacidade tamponante (Woolford, 1984).

Lima et al, (2002), ao avaliar o emurchecimento da aveia durante zero, quatro, cinco e seis horas, encontraram valores crescentes de MS de 20,6; 30,1; 50,1 e 55,4%. Por outro lado, López & Mühlbach (1991) e Berto & Mühlbach (1997), submeteram a aveia por 45 e 26 horas de sol para elevar o teor de MS de 18,8 e 15,3% para 32,4 e 31,2%, respectivamente (Tabela 7). Dessa forma, o tempo de secagem do material a campo é totalmente dependente das condições climáticas locais, principalmente da intensidade luminosa, velocidade do vento, umidade relativa do ar e temperatura (Evangelista et al, 2004), além do equipamento utilizado para o corte. Em razão disso, em forragens emurchecidas, podem ocorrer perdas durante o armazenamento, o emurchecimento demasiado pode propiciar o desenvolvimento de fungos e aquecimento do material no silo com efeitos deletérios na qualidade do processo fermentativo e do alimento (Woolford, 1984).

Na Tabela 7, observa-se variação no teor de $\text{NH}_3/\text{N}_{\text{Total}}$ entre 3,6 a 10,4, PB entre 10,5 a 18,3% em função dos diferentes tempos de emurchecimento e estádios de maturação. López & Mühlbach (1991) e Berto & Mühlbach (1997), observaram efeito positivo do emurchecimento da aveia sobre o teor de PB e $\text{NH}_3/\text{N}_{\text{Total}}$. Porém, Evangelista et al, (2002), não observaram efeito do emurchecimento sobre o conteúdo de PB e $\text{NH}_3/\text{N}_{\text{Total}}$ e concluíram que a aveia proporciona silagem de boa qualidade sem o emurchecimento.

Tabela 7. Efeito do tempo de emurchecimento na percentagem de matéria seca (MS), pH, porcentagens de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), nitrogênio amoniacal ($\text{NH}_3/\text{N}_{\text{Total}}$) e ácidos orgânicos totais (Ac. Totais) de silagens de cereais de inverno

Tempo (h)	MS	pH	$\text{NH}_3/\text{N}_{\text{Total}}$	PB	FDN	FDA	Ac. Totais	Autor
0	18,80	4,40	12,20	10,90	--	--	6,70	López & Mühlbach (1991)
45	32,40	5,40	10,40	12,40	--	--	4,40	
0	15,30	4,60	11,80	17,70	46,70	34,80	12,20	Berto & Mühlbach (1997)
26	31,20	4,20	8,40	18,30	47,50	34,20	10,10	
0	32,00	--	--	10,60	58,20	36,40	--	Coan et al, (2001)
6	40,20	--	--	10,50	57,30	33,10	--	
0	20,60	3,80	2,30	13,10	65,30	26,00	--	Evangelista et al, (2002)
4	30,10	3,90	3,60	12,20	71,20	28,00	--	
5	50,10	4,10	3,80	12,70	65,30	26,20	--	
6	52,40	4,10	3,70	13,30	69,30	26,30	--	

* Tempo de emurchecimento em horas

Em relação aos teores de FDN e de FDA das silagens em função dos diferentes tempos de emurchecimento e estádios de maturação (Tabela 7), observa-se valores de FDN entre 46,7 a 71,2 % de MS e FDA entre 26,0 e 36,4% de MS. Evangelista et al, (2002), verificaram elevação no FDN com quatro horas de emurchecimento. Contudo, Berto & Mühlbach (1997) e Coan et al, (2001), não observaram alterações acentuadas nas frações fibrosa nas silagens emurchecidas.

López & Mühlbach (1991) e Berto & Mühlbach (1997), observaram diferenças nos teores de ácidos orgânicos totais, com valores de 4,4 e 10,1% da MS para as silagens emurchecidas e 6,6 e 12,2% da MS para as não emurchecidas, respectivamente (Tabela 7). Dessa maneira, relataram que o emurchecimento restringe a extensão da fermentação, culminando em silagens com concentrações inferiores de ácido totais, além do pH e nível de carboidratos residuais mais altos.

O uso de herbicidas dessecantes como tecnologia na produção de silagens de culturas de inverno é fato relevante que tem sido constatado em propriedades. Em revisão de literatura Pereira & Reis (2001) constataram a

deficiência de trabalhos demonstrando a ocorrência ou não de resíduos dos dessecantes utilizados no meio ambiente, e considerando o fato que o destino deste material conservado é a alimentação animal, tal preocupação é ainda maior considerando a possibilidade de tais resíduos estarem presentes nos produtos de origem animal consumidos pelo homem, onde sua importância ganha proporções de saúde pública.

Por outro lado, alguns produtores, percebendo o potencial de produção de cereais de inverno, anteciparam-se aos órgãos de pesquisa e estão produzindo e utilizando silagens de cereais de inverno dessecadas com herbicidas, contudo, sem terem conhecimento do seu efeito e registro de herbicida para tal finalidade.

Conforme Pereira & Reis (2001), na região dos campos gerais, no Paraná, têm sido crescentes o emprego de herbicidas dessecantes (a base de Glifosato) na produção de silagens emurchecidas de cereais de inverno. Todavia, segundo Camargo (2006), ao avaliar o capim Xaráes (*Brachiaria spp.*), com aplicação do herbicida glifosato na dose de 22,5g de princípio ativo por hectare não observou benefícios adicionais ao emurchecimento no processo fermentativo e nutricional.

O emurchecimento eleva o teor de MS da forragem, reduz o grau de fermentação no silo e concentra os substratos das forragens ensiladas, entretanto, a secagem excessiva, incrementa as perdas de MS e reduz o valor nutricional das silagens obtidas.

4. USO DE ADITIVOS NUTRIENTES E ABSORVENTES

Na ensilagem de plantas forrageiras com dificuldades de emurchecimento a fermentação pode ser melhorada com o uso de aditivos nutrientes absorventes e ou nutrientes. Segundo Schmidt, (2009) o uso de aditivos em forragens conservadas, notadamente na ensilagem, tem por premissa a redução nas perdas, a elevação no valor nutritivo ou a melhora na estabilidade aeróbia do produto final.

O aditivo absorvente deve possuir teor de MS superior a 80%, aliado a boa capacidade de retenção de água, apresentar um valor nutritivo não

inferior à forragem fresca e um custo acessível (Müllbach, 1999). Segundo Vilela (1998), esse aditivo, também, deve ser de boa palatabilidade, boa disponibilidade no mercado e de fácil manipulação e homogeneização na massa da forragem.

Tabela 8. Porcentagens médias de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), e nitrogênio amoniacal ($\text{NH}_3/\text{N}_{\text{Total}}$) de silagens de cereais de inverno enriquecidas com aditivos nutrientes e absorventes

Inclusão de aditivo	MS	$\text{NH}_3/\text{N}_{\text{Total}}$	PB	FDN	FDA	Autor
0% Fubá ¹	18,80	12,20	10,90	--	--	López & Mühlbach (1991)
10% Fubá ¹	24,80	8,70	9,80	--	--	
0% Fubá ¹	26,10	--	10,40	61,10	39,60	Coan et al, (2000)
5% Fubá ¹	33,20	--	11,00	56,00	34,50	
10% Fubá ¹	34,10	--	13,10	51,50	30,80	
0% PC ³	32,00	--	10,60	58,20	36,40	Coan et al, (2001)
5% PC ³	35,20	--	10,60	52,40	33,20	
10% PC ³	37,80	--	9,90	52,50	33,40	
0% FT ²	20,60	2,30	13,10	65,30	26,00	Evangelista et al, (2002)
4% FT ²	22,20	2,20	12,50	60,80	23,90	
8% FT ²	24,80	2,20	14,40	57,50	21,10	
0% PC ³	20,60	2,30	13,10	65,30	26,00	(Lima et al, 2002)
4% PC ³	22,20	2,20	12,50	60,80	23,90	
8% PC ³	24,80	2,30	14,40	57,50	21,00	

¹Fubá= fubá de milho; ² FT= farelo de trigo; ³PC= polpa cítrica desidratada.

No que se refere ao uso de aditivo absorvente (nutriente) Lopez & Mühlbach (1991), ensilaram a aveia com 10% de fubá de milho, observaram um aumento de 18,8 para 24,8% de MS e redução na proteólise das silagens, pela diminuição no NH_3 , de 12,9 para 8,7% do N_{Total} , indicando que o aditivo tornou o meio inadequado para o desenvolvimento de clostrídeos, dessa forma, decresceu a fermentação butírica de 0,65% para 0,11% e restringiu a concentração de ácidos totais de 6,65 para 4,55 em relação à silagem sem e com fubá de milho, respectivamente. Cabe destacar, que o fubá de milho (rico em amido), em primeira instância não se enquadra como substrato para as bactérias lácticas e, sim, favorece indiretamente a fermentação, como

reduzidor de umidade na forragem, devido sua alta capacidade de absorção de água.

Coan et al, (2000, 2001), Evangelista et al, (2002) e Lima et al, (2002) avaliaram silagens de cereais de inverno com diferentes aditivos e quantidades de inclusão no momento da ensilagem e observaram efeitos significativos na redução nos teores de MS, diminuição dos percentuais de FDN e FDA, ocorrendo, portanto, diluição da fração fibrosa das silagens resultantes (Tabela 8). E concluíram que adição dos aditivos justifica-se com o intuito de elevar o teor de MS e reduzir a FDN das silagens, porém, essas culturas podem ser ensiladas sem o uso de aditivos.

Os resultados de pesquisas, utilizando os aditivos nutrientes e/ou absorventes são contraditórios, pois, a quantidade e necessidade de aditivo dependem da umidade da forragem à ensilar e da percentagem de MS desejada. Critérios devem ser definidos para utilização de subprodutos da agroindústria como aditivos em silagens, uma vez que, características como composição, capacidade de absorção de água, disponibilidade, custo e facilidade de compactação devem ser levados em conta para escolha da melhor opção (Ítavo & Ítavo, 2008).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da região sul do Brasil já ter consolidado a utilização de cereais de inverno para finalidade de integração com pecuária, porém com pastejo, essa alternativa de corte do material para ensilagem seria mais uma ferramenta tecnológica. O aperfeiçoamento dos sistemas de produção de leite e carne nessa região do país, com o uso de silagens alternativas na propriedade, pode minimizar os custos de produção de volumoso, viabilizando de forma satisfatória a atividade pecuária.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA, Y. M.; STALLINGS, C. C.; POLAN, C. E. et al. Evaluation of barley silage harvested at boot and soft dough stages. *Journal Dairy Science*, n.74. p.167-176, 1991.

ANTUNES, J. *Clima beneficia a cevada*. Embrapa Trigo. Disponível em: <http://www.embrapa.br/embrapa/imprensa/noticias/2010/outubro/1a-semana/clima-beneficia-a-cevada>, acesso em 25 de janeiro de 2011.

ALLARD, R. W. *Princípios do melhoramento genético das plantas*. New York; J. Willey, 1971. 381p.

ARIELI, A.; ADIN, G. Effect of Wheat Silage Maturity on Digestion and Milk Yield in Dairy Cows. *Journal Dairy Science*, n. 77, p 237-243, 1994.

BAIER, A.C. Potencialidade do triticale no Brasil. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE TRITICALE, 4., 1992. Chapecó, *Anais...* Chapecó: EPAGRI, 1995. 159p.

BAIER, A. C.; FLOSS, L. E.; AUDE, M. I. S. *As lavouras de inverno*. 1. São Paulo: Editora Globo. 1988. 172p.

BALDANZI, G. Cevada. In: BALDANZI, G.; BAIER, A.C.; FLOS, E.L.; MANARA, W.; MANARA, M.T.F.; VEIGA, P.; TARRAGÓ, M.F.S. (Coord.) *As lavouras de inverno - 2: cevada, tremosso, linho, lentilha*. Rio de Janeiro: Ed. Globo. 162p.1988.

BANGANI, N. M.; BOTHA, J. A.; MULLER, C. J. C. et al. The production performance of lactating Jersey cows receiving varying levels of lucerne hay and oat silage as roughage sources. *Short paper and poster abstracts: 38^o Congress of the South African Society of Animal Science*. 2000, 30 (Supplement 1).

BARBAZÁN, M.; FERRANDO, M.; ZAMALVIDE, J. P. Acumulación de materia seca y nitrógeno en gramíneas anuales invernales usadas como cobertura vegetal en viñedos. *Agrociencia*. v. 6 n. 1 pág. 10-19. 2002.

BARTMEYER, T. N. *Produtividade de trigo de duplo propósito submetido a pastejo de bovinos na região dos campos gerais - Paraná*. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR, 2006. 57p.

BERTO, J.L.; MUHLBACH, P.R.F. Silagem de aveia preta no estágio vegetativo, submetida ação de inoculantes e ao efeito do emurchecimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.26, n. 4. p.651-658, 1997.

BOIN, C.; FLOSS, E.L.; CARVALHO, M.P. et al. Composição e digestibilidade de silagens de aveia branca produzidas em quatro estádios de maturação. **Boletim Indústria Animal**, v.62, n.1, p.35-43, 2005.

BOLSEN, K. K.; BERGER, L. L.; CONWAY, K. L. et al. Wheat, barley and corn silages for growing steers and lambs. **Journal of Animal Science**, vol. 42, n°. 1, 1976.

BORTOLINI, P. C.; SANDINI, I.; CARVALHO, P. C. F. et al. Cereais de inverno submetidos ao corte no sistema de duplo propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.45-50, 2004.

BOYLES, S. L.; ANDERSON, V. L.; KOCH, K. B. **Feeding barley to cattle**, [ca.1990]. Disponível em: <<http://beef.osu.edu/library/barley.html>>. Acesso em: 30 de janeiro 2011.

BRUNING, G.; NORNBORG, J.L.; PERIN, M. et al. Avaliação químico-bromatológica da forragem produzida a partir de quatro cultivares de aveia (*Avena* sp.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003, CD-rom.

BRÜNING, G.; NÖRNBERG, J.L.; KESSLER, J.D. et al. Produção e valor nutritivo da silagem de genótipos de aveia em dois estádios de desenvolvimento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. CD ROM.

BUMBIERIS JUNIOR, V. H.; JOBIM, C. C.; SILVA, D. C. et al. Produção e qualidade do leite de vacas da raça Holandesa alimentadas com silagens de grama estrela (*Cynodon nlemfuensis vanderyst*). **Acta Sci. Animal Science**, Maringá, v. 29, n. 1, p. 71-78, 2007.

BUMBIERIS JR, V. H. **Valor alimentício de silagens de triticale em cultivo singular ou em misturas com aveia e/ou leguminosas**. Tese doutorado, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - Maringá - PR. 66p. 2009.

CAMARGO, M. **Utilização de glifosato na produção de silagem emurchecida de *Brachiaria brizantha* Stapf. Cv.Xarães**. 2006, 102 f.. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2006.

CÁRDENAS, J. G. C.; LOZANO DEL RÍO, A. J.; VILLA, V. M. Z. et al. Estabilidad en rendimiento de triticale (*X. Triticosecale wittmack*) en seis ambientes del norte de México. **Agrária**, v. 14, n. 1, p. 43-58, 1998.

CECATO, U.; SARTI, L. L.; SAKAGUTI, E. S et al. Avaliação de cultivares e linhagens de aveia (*Avena* spp). **Acta Scientiarum**, v.20, n.3, p.347-354, 1998.

COAN, R.M.; FREITAS, D.; REIS, R. A. et al. Fubá de milho como aditivo para ensilagem de aveia. **Ars. Veterinaria**, UNESP - Campus de Jaboticabal, v. 18, n. 02, p. 45-49, 2000.

COAN, R.M.; FREITAS, D.; REIS, R. A. et al. Composição bromatológica das silagens de forrageiras de inverno submetidas ou não ao emurchecimento e ao uso de aditivos. **Ars. Veterinaria**, UNESP - Campus de Jaboticabal, v. 17, n. 01, p. 58-63, 2001.

COFFMAN, F. A. **Oats and oat improvement**. Madison : The Americam Society of Agronomy, 650p. 1961.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **12º Levantamento de grãos, safra 2009/2010**. Setembro de 2010. Acesso em 20 de janeiro de 2011. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=>.

COOMBS, D. F.; SANSON, D. W.; NIPPER, PAS. W. A. et al. Performance and carcass data of steers finished on either ammoniated or nonammoniated corn, grain sorghum, or wheat silage. **The Professional Animal Scientist**. v. 13, p.176-181, 1997.

CÓRDOVA, H. A. **Utilização de cevada em substituição ao milho em dietas para vacas Holandesas de alta produção**. Lages, Centro de Ciências Agroveterinárias / UDESC, 2004, 99 p. Dissertação de Mestrado.

DAVID, D.B.; NÖRNBERG, J.L.; Brüning, G. et al. Qualidade fermentativa da silagem de aveia em dois estádios de maturidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. CD ROM.

DAVID, D.B.; NÖRNBERG, J.L.; AZEVEDO, E.B. et al. Nutritional value of black and white oat cultivars ensiled in two phenological stages. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n. 7. p.1409-1417, 2010.

EIFERT, E. C.; RESTLE, J.; PASCOAL, L. L. et al. Bezerros de Corte Desmamados Precocemente Alimentados com Silagem de Triticale Associada a Diferentes Níveis de Concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.6, p.1806-1813, 2004 (Supl. 1).

EMILE, J. C.; JOBIM, C. C.; SURAULT, F et al. Genetic variations in the digestibility in sheep of selected whole-crop cereals used as silages. *Animal*, v.1, n. 8, p. 1122-1125. 2007.

EVANGELISTA, A. R.; LIMA, J.A.; ABREU, J.G. et al. Silagem de aveia (*Avena sativa strigosa* Schreb) pré-secada ou enriquecida com farelo de trigo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. *Anais...* Recife: SBZ, 2002. CD ROM.

EVANGELISTA, A. R.; ABREU, J.G.; AMARAL, P.N.C. et al. Produção e silagem de capim-marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf cv. Marandu) com e sem emurhecimento. *Ciência e Agrotecnologia*, v.28, n.2, p.443-449, 2004.

EUN, J. S. ; BEAUCHEMIN, K. A., YANG, W. Z. Mechanical Processing of Barley Silage for Lactating Dairy Cows . *Advances in Dairy Technology*, v. 17, Abstract, page, 347, 2005.

FARIA, V.P.; CORSI, M. *Forragens de inverno*. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Eds.) *Volumosos para bovinos*. 1.ed. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p. 227-231, 1995.

FILYA, I. Nutritive value of whole crop wheat silage harvested at three stages of maturity. *Animal Feed Science and Technology*. v. 103. p. 85-95, 2003.

FLOSS, E.L.. Manejo forrageiro de aveia (*Avena sp.*) e azevém (*Lolium sp.*). In: Simpósio sobre manejo da pastagem. 9. 1995. *Anais...* FEALQ, Piracicaba, p. 191-228. 1995.

FONTANELI, R.S.; FONTANELI, R.S. *Silagem de Cereais de Inverno*. Acesso em 08/jan/2011. Disponível em <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/li/li01-2009-Forrageiras/LivroFonta-Cap7.pdf>.

FONTANELI, R.S.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P. et al. Rendimento e valor nutritivo de cereais de inverno de duplo propósito: forragem verde e silagem ou grãos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n. 11. p.2116-2120, 2009.

FRIZZO, A. Níveis de suplementação energética em pastagem hibernal na recria de terneiras de corte. Santa Maria, 2001. 109 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, 2001.

GODOY, R.; NEGREIROS, G. F.; BATISTA, L. A. R. Avaliação de linhagens promissoras de aveia para a produção de grãos e forragem em São Carlos, SP, Brasil. São Carlos: *Embrapa Pecuária Sudeste*, 1992.

HELBACK, H. Domestication of food plants in the old world: joint efforts by botanists and archeologists illuminate the obscure history of plant domestication. *Science*, vol. 14. p.365-372, 1959.

HOLDEN, J.H.W. Oats. *Avena spp. (Gramineae - Aveneae)*. In: SIMMONDS, N.W. *Evolution of crop plants*. New York: Longman, 339p. 1979.

HRISTOV, A. N; McALLISTER, T. A. Effect of inoculants on whole-crop barley silage fermentation and dry matter disappearance in situ. *Journal of Animal Science*. v.80, p.510-516, 2002.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2009. Acesso em 10/jan/2011. Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2009/PAM2009_Publicacao_completa.pdf

ÍTAVO, L. C. V; ÍTAVO, C. C. B. F. Estratégias para o uso de subprodutos da agroindústria associados às silagens. In: *III simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas*, Maringá - Pr. 2008, p. 153-196.

JOBIM, C. C; EMILE, J. C. Systèmes d'utilisation des céréales d'hiver pour l'alimentation des animaux au Brésil. *Fourrages*, 159, 259-267, 1999.

KICHEL, A.N.; MIRANDA, C.H.B. *Uso da aveia como planta forrageira*. EMBRAPA GADO DE CORTE. n. 45, 2000.

KOSSOSKI, A. Mais uma opção para a alimentação das vacas leiteiras. *Revista Batavo*, Castro, v. 1, n. 14, p. 2-3, dez. 1992.

LE GALL, A; DELATTRE, J. C; CABON, G. Les céréales immatures et la paille: une assurance pour les systèmes fourragers. *Fourrages*, 156, 557-572, 1998.

LELLEY, T. Triticale, still a promise? *Plant Breeding*, Westport, v.109, n° 1, p. 1-17, 1992.

LEMAIRE, G.; DELABY, L.; FIORELLI, J. L. et al. Adaptations agronomiques au risque de sécheresse - Systèmes fourragers et élevage. In: *Sécheresse et agriculture réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau*. Paris, 2006, 371p.

LIMA, J.A.; EVANGELISTA, A.R.; ABREU, J.G. et al. Silagem de aveia (*Avena sativa* strigosa SCHREB) pré-secada ou enriquecida com polpa cítrica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. *Anais...* Recife: SBZ, 2002. CD ROM.

LOPEZ, S.E.; MÜHLBACH, P.R.F. Efeito de diferentes tratamentos na composição químico-bromatológica da aveia branca (*Avena sativa* L.) conservada nas formas de silagem ou feno. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 20, p. 333-338, 1991.

LOPES, F.C.F.; OLIVEIRA, J.; LANES, E.C.M. et al. Valor nutricional do triticale (X Triticosecale wittmack) para uso como silagem na Zona da Mata de Minas Gerais. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, vol.60, n.6, p.1484-1492, 2008.

MAÇÃS B.; COUTINHO J.; DIAS A. S. et al. Progress in developing facultative triticale germplasm with dual purpose for the Mediterranean regions of Portugal. *Proceedings of the 23st Meeting of the Fodder Crops and Amenity Grasses Section of Eucarpia*. Açores. Portugal, 2001.

MAZZOCATO, A. C. *Cultura de anteras e embriogênese de genótipos selecionados de cevada* (*Hordeum vulgare* L. spp vulgare). Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005, 232 p. Tese de Doutorado.

MCCARTNEY, D. H.; VAAGE, A. S. Comparative yield and feeding value of barley, oat and triticale silages. *Canadian Journal of Animal Science*, 74, 91-96, 1994.

MEINERZ, G. R. *Avaliação de cereais de inverno de duplo propósito na depressão central do Rio Grande do Sul*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria - RS. 70p, 2009.

MINELLA, E. *Melhoramento de Cevada*. In: BOREM, A. (Org.). *Melhoramento de Plantas Cultivadas*. Viçosa, p.253-272, 1999.

MINELLA, E. Desafios e potencialidades do melhoramento genético de cevada no Brasil. In: XXI reunião anual da pesquisa de cevada. *Anais e Ata...* EMBRAPA, p.31-40, 2001.

MOJICA, J. E. R.; CASTRO, E. R.; LEÓN, J. M. C. et al. Efecto de la oferta de pasto kikuyo y ensilaje de avena sobre La producción y calidad composicional de la leche bovina. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. v.10, n° 1, 81-90, 2009.

MÜHLBACH, P. R. F. *Silagem: Produção com controle de perdas*. In: LOBATO, J.F.P.L.; BARCELLOS, J.O.J.; KESSLER, A.M. *Produção de Bovinos de Corte*. 1999. Porto Alegre: EDI-PUCRS, 1999. 346 p.

NASCIMENTO JUNIOR, A., BAIER, A.C., DEL DUCA, L. J. A. et al. (2005). *Cultivar de triticale BRS Minotauro*, (5 p). Passo Fundo: Embrapa Trigo, (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico Online, 143). Disponível em: http://www.cnpq.br/embrapa.br/biblio/co/p_co143.htm. Acesso em: 20 de janeiro de 2011.

NORO, G.; SCHEFFER-BASSO, S. M.; FONTANELI, R. S. et al. Gramíneas anuais de inverno para produção de forragem : Avaliação preliminar de cultivares. *Agrociência*. v. 7, n. 1, p. 35-40. 2003.

OLIVEIRA, J. S.; LANES, E. C. M.; LOPES, F. C. F. et al. Valor nutricional da planta, padrões de fermentação e qualidade da silagem de triticale em seis idades de corte. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras - MG, v. 34, n. 3, p. 765-772, 2010.

OLTJEN, J. W.; BOLSEN, K. K. Wheat, barley, oat and corn silages for growing steers. *Journal of Animal Science*, vol. 51, no. 4, 1980.

PASCOAL, L. L.; EIFERT, E. C.; RESTLE, J. Nível de Proteína Bruta para Bezerros de Corte Desmamados aos 66 Dias de Idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29 n° 5, 1537-1544, 2000.

PEREIRA, J. R. A.; REIS, R. A. Produção e utilização de forragem pré-secada. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS. TEMAS EM EVIDÊNCIA, 2., 2001, Lavras. *Anais...* Lavras: UFLA, 2001. p. 235-254.

PERIPOLLI, V.; NÖRNBERG, J.L.; KESSLER, J.D. et al. Características fermentativas e bromatológicas de silagens de cultivares de aveia em dois estádios de desenvolvimento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: SBZ, 2006. CD ROM.

PETIT, V. H.; SANTOS, G. T. Milk yield and composition of dairy cows fed concentrate based on high moisture wheat or high moisture corn. *Journal Dairy Science*, v. 79, n° 12, p. 2292-2296, 1996.

POEHLMAN, J. M. *Adaptation and distribution* In: Rasmusson, D. C (Ed) Barley. Agronomy Monograph. n° 26. ASA - CSSA - SSSA. Madison, WI. Madison - WI. American Society of America, Publishers, 1985.

POLAN, C. E.; STARLING, T. M.; HUBER, J. T. et al. Yields, compositions, and nutritive evaluation of barley silages at three stages of maturity for lactating cows. *Journal Dairy Science*, v. 51, n. 11, 1969.

REIS, R. A.; RUGGIERI, A. C.; MOREIRA, A. L. Viabilidade da sobressemeadura de espécies de inverno em pastagens de gramíneas tropicais. In: **III Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem**. Viçosa: UFV; DZO, p. 213 - 244. 2006.

ROCHA, M.G.; MONTAGNER, D.B.; SANTOS, D.T. et al. Parâmetros Produtivos de uma Pastagem Temperada Submetida a Alternativas de Utilização. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 33, n.6, p.1386-1395, 2004.

SANDINI, I. Gênero Avena. In : Produção e utilização de pastagens. II Curso de atualização por tutoria à distância. **Comissão Paranaense de avaliação de forrageiras**. Curitiba. Brasil. 1999.

SCERRA, V.; GALVANO, F.; ANGELIS, A. D. E. et al. Research on nutritive value of Sicilian fodders and by-products. 6. *In vivo* digestibility and estimation of the energy value of triticale silage. *World Review of Animal Production*. n.29, p. 66-71. 1994.

SCHIMIDT, P. Aditivos químicos e biológicos no tratamento de cana-de-açúcar para alimentação de bovinos. In: **III Simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas**, Maringá - Pr. 2008, p. 117-152.

SKONIESKI, F.R.; NÖRNBERG, J.L.; KESSLER, J.D. et al. Composição bromatológica de silagens de aveia preta e aveia branca em três estádios de maturação. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 43., 2006, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: SBZ, 2006. CD ROM.

TAVARES, M. J. C. M. S.; ZANETTINI, M. H. B.; CARVALHO, F. I. F. Origem e evolução do gênero *Avena*: suas implicações no melhoramento genético. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v. 28, n. 4, p. 499-507, 1993.

VILELA, D. Aditivos para silagem de plantas de clima tropical. In: **SIMPÓSIO SOBRE ADITIVOS NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES E NÃO RUMINANTES**, 1998, Botucatu. *Anais...* Botucatu: SBZ, p.73-108. 1998.

WALLSTEN, J.; BERTILSSON, J.; NADEAU, E. et al. Digestibility of whole-crop barley and oat silages in dairy heifers. *Animal*, v.4, n. 3, p. 432-438, 2009.

WOOLFORD, M. K. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker, 1984. 305p.

USO DE FORRAGENS CONSERVADAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CARNE: ASPECTOS BIOECONÔMICOS

*Odilon Gomes Pereira¹
André Soares de Oliveira²
Karina Guimarães Ribeiro³*

1. INTRODUÇÃO

O sistema de produção, como parte integrante de uma cadeia produtiva eficiente de carne, terá de fazer inserções diversas, especialmente tecnológicas, visando promover a intensificação do sistema, de modo que este seja competitivo (Euclides et al., 2000). Todavia, a adoção de determinada tecnologia deve ser vista de forma integrada e sistêmica. Nesse contexto, o confinamento de bovinos na fase de terminação tem se revelado uma alternativa tecnológica importante na intensificação de sistemas de produção de bovinos de corte.

O confinamento tem possibilitado ampliar as taxas de crescimento corporal e reduzir a idade de abate, com reflexos positivos na taxa de desfrute, na obtenção de carcaças de melhor qualidade e no maior giro de capital. Para isso, preconiza-se a utilização de forragens conservadas de qualidade superior, associadas a concentrados, para garantir maiores ganhos de peso, e o uso de animais de alto potencial genético, normalmente mestiços ou provenientes de cruzamentos industriais entre raças zebuínas e européias, cujo vigor híbrido proporciona maior velocidade de crescimento e qualidade de carcaça superior, em relação aos das raças puras.

¹ Professor do DZO/Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. Bolsista do CNPq, Pesquisador do INCT-CA-odilon@ufv.br

² Professor do Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais/Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Sinop, Sinop, MT.

³ Professora do DZO/Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Campus JK, Diamantina, MG.

Como a alimentação representa a maior parte dos custos de produção nos confinamentos, deve-se proceder a escolha criteriosa do programa de alimentação, visando otimizar o desempenho bioeconômico do sistema.

A avaliação bioeconômica de dietas para animais à base de forragens é um processo complexo, dinâmico e local dependente. O valor bioeconômico de forragens, por sua vez, é influenciado pelo nível de produção animal, pelo valor nutritivo da forragem, pela aptidão e produtividade agrícola da região, pelo clima, pelos custos de produção da forrageira, pela disponibilidade de recursos financeiros e materiais, pela disponibilidade e preços dos alimentos concentrados, pela capacidade de gerenciamento de riscos e pelo nível cultural dos produtores (Pereira et al., 2007).

Objetiva-se, com o presente texto, apresentar uma revisão de resultados de pesquisas sobre o uso de forragens conservadas na alimentação de bovinos de corte e apresentar dados atualizados de um estudo de simulação da viabilidade bioeconômica de forragens conservadas na alimentação de bovinos de corte em confinamento.

2. FORRAGENS CONSERVADAS NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS - RESULTADOS DE PESQUISA

Na Tabela 1 encontram-se resultados de experimentos realizados no Brasil com bovinos de corte alimentados com diferentes fontes de forragens conservadas.

Tabela 1 - Resumos de trabalhos nacionais sobre desempenho de bovinos de corte em confinamento alimentados com diferentes fontes de forragens conservadas

Fonte	Tratamento ¹	% F ⁴	Duração (Dias)	Raça	PCI ⁵ (kg)	CMS ⁶ (%PV)	GDP ⁷ (kg/dia)	RCQ ⁸ (%)
Ataide Jr. et al. (2001)	FCT - 35 dias rebrota	60	84	Nelore	345	1,93L	1,37	
	FCT - 42 dias rebrota	60				1,92L	1,10	
	FCT - 56 dias rebrota	60				1,86L	1,20	
Ferreira et al. (1998)	50% FCC + 50 % FCB Diferentes níveis de concentrado	75,0	175	F1	345	2,15L	0,83L	59,91
		62,5	146	Simental /Nelore		2,29L	1,04L	56,64
		50,0	143			2,17L	1,13L	57,63
		32,5	111			2,37L	1,43L	56,73
		25,0	84			2,40L	1,64L	58,17
Gesualdi Júnior et al. (2000)	FCC com diferentes níveis de concentrado	75,0		F1	330	1,96Q	0,85Q	
		62,5		Limousin /Nelore		2,00Q	1,03Q	
		50,0				1,97Q	1,11Q	
		32,5				1,86Q	1,19Q	
		25,0				1,78Q	1,10Q	
Silva et al. (2005)	SCB Diferentes níveis de concentrado	80,0	84	Hol:Zeb	364	1,40L	0,14L	
		65,0				1,72L	0,31L	
		50,0				2,00L	0,93L	
		35,0				2,35L	0,95L	
Vieira (2007)	Silagem Mombaça Diferentes níveis de concentrado	80,0	84	Hol:Zeb	401,5		0,41L	
		65,0				0,94L		
		50,0				1,25L		
		35,0				1,51L		
Pereira et al. (2006)	S. Sorgo Diferentes níveis de concentrado	80,0	78	Hol:Zeb	435	2,06L	1,31	48,08L
		65,0				2,25L	1,25	47,38L
		50,0				2,43L	1,54	49,64L
		35,0				2,40L	1,50	51,20L
Chizzotti et al. (2005)	100 % SS 67 %SS : 33% SCB 33 %SS : 67% SCB 100 % SCB	60,0	78	Nelore	380	2,19L	1,09L	52,64
		60,0				2,2L	1,05L	52,79
		60,0				2,08L	0,96L	52,62
		60,0				1,74L	0,77L	52,08
Souza et al (2006a)	100% SPST 68% SPST: 32 % SS 32% SPST: 68 % SS 100 % SS	60,0	84	Hol:Zeb	360	2,33	1,04	52,94
		60,0				2,35	1,26	52,90
		60,0				2,31	1,20	53,29
		60,0				2,20	1,19	52,64
Souza et al (2006b)	100 % FT 68 % FT: 32 % SM 32 % FT: 68 % SM 100 % SM	58,0	84	3/4 a 7/8 Limousin x Zebú	301	1,86	0,77	
		58,0				2,06	1,16	
		58,0				2,16	1,22	
		58,0				1,93	1,29	
Schimidt (2006)	SC sem aditivo SC (5 x 10 ⁴ UFC/g MS) ² SC (1 x 10 ⁵ UFC/g MS) ² SC (1 x 10 ⁵ UFC/g MS) ²	45,8	84	Nelore e Canchim	426	1,58	0,82b	
		45,8				1,71	1,03a	
		45,8				1,75	0,98ab	
		45,8				1,69	1,00a	

continua...

Fonte	Tratamento ¹	% F ^d	Duração (Dias)	Raça	PCI ² (kg)	CMS ³ (%PV)	GDP ⁴ (kg/dia)	RCQ ⁵ (%)
Rigueira et al. (2007)	S. soja	70,0 ¹		Hol:Zeb	355	2,30	1,32	54,41
	S. soja inoc.	70,0				2,50	1,45	53,62
	S. soja inoc. + melaço	70,0				2,70	1,68	53,69
	S. soja + melaço	70,0				2,65	1,50	54,69
	100 % SS	60,0				2,20	1,19	52,64
Menezes (2009)	SM		72 h	Europeu :Zeb	350	2,40	0,93	
	Cana-de-açúcar <i>in natura</i>					2,20	0,61	
	Cana-de-açúcar <i>in natura</i>					2,19	0,70	
	SC sem aditivo					1,89	0,50	
	SC com 1% de CaO					1,90	0,54	
Magalhães (2009)	SM		84	Europeu: Zeb	350	2,52	1,48	
	SC alto °Brix com 1% de CaO					1,98	0,89	
	SC alto °Brix					2,03	0,93	
	SC baixo °Brix com 1% de CaO					2,00	0,95	
	SC baixo °Brix					2,08	0,96	
Magalhães (2009)	SM - Agromen	25,0	84	Europeu: Zeb	325	2,32	1,07	
	SM - Agromen	50,0				2,37	1,13	
	SM - Bayer - A3663	25,0				2,30	1,06	
	SM - Bayer - A3663	50,0				2,37	1,14	

¹ FCT = feno de capim-Tifton 85; FCC = feno de capim coastercross; SS = silagem de sorgo; SCB = silagem de capim-braquiarião; SPST = silagem pré-secado de capim-Tifton 85; SM = silagem de milho; SC = silagem de cana-de-açúcar; ² Lactobacillus buchneri; ³ 30% de silagem de milho + 40% de silagem de soja, base da MS da dieta; %F = % de forragem na dieta, base da MS. PCI = peso corporal inicial, CMS = consumo diário de matéria seca; PC = peso corporal; GDP = ganho de peso; RCQ = rendimento de carcaça quente. L = efeito linear, Q = efeito quadrático.

Em ensaio com bovinos Nelore, recebendo dietas contendo feno de capim-Tifton 85, colhido aos 35, 42 e 56 dias de rebrotação, adotando-se relação volumoso:concentrado de 60:40, Ataíde Jr. et al. (2001) não detectaram influência da idade do feno de capim-Tifton 85 na dieta sobre o ganho de peso corporal (média 1,22 kg/dia), embora tenham registrado decréscimos no consumo de matéria seca de 0,037 kg para cada dia de avanço na idade de rebrotação da forrageira.

Avaliando o consumo e o desempenho de bovinos F1 Simental x Nelore, recebendo rações contendo diferentes proporções de concentrado:volumoso (25; 37,5; 50,0; 62,5 e 75%), utilizando fenos de capins coastcross e braquiária, na base de 50% cada um, Ferreira et al. (1998) verificaram aumentos nos consumos de matéria seca e de nutrientes digestíveis totais, bem como nas características de desempenho, com o aumento da inclusão de concentrados na dieta. Segundo os autores, os teores de FDN das rações, que variaram de 63,12% (25% de concentrado)

a 27,69% (75% de concentrado), explicam a redução linear do consumo deste nutriente com o aumento de concentrado nas rações.

Gesualdi Júnior et al. (2000), avaliando o desempenho de novilhos F1 Limousin x Nelore, recebendo rações contendo cinco níveis de concentrado na matéria seca (25; 37,5; 50,0; 62,5 e 75%), usando como fonte de volumoso feno de capim-coastcross, observaram que o consumo de matéria seca (CMS) apresentou resposta quadrática em função do nível de concentrado na ração, estimando-se consumo máximo de 8,04 kg MS dia⁻¹, para o nível de 41,48% de concentrado. Comportamento semelhante foi verificado para o ganho médio diário de peso vivo e carcaça, com valores máximos de 1,16 e 0,81 kg, para os níveis de 61,1 e 64,47% de concentrado, respectivamente. Os autores registraram, ainda, decréscimos lineares para a conversão alimentar, com o aumento dos níveis de concentrado nas rações. Isso pode ser atribuído à maior densidade energética das rações contendo níveis mais elevados de concentrado, resultando, assim, em maior ingestão de energia.

Silva et al. (2005), avaliando o consumo de nutrientes e o desempenho de novilhos mestiços H x Z, castrados, com níveis de concentrado de 20, 35, 50 e 65% na base da MS, dietas isonitrogenadas com aproximadamente 12,5% de PB e, como volumoso, silagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu tratada com inoculante microbiano, verificaram aumento linear no consumo de MS com o aumento da participação de concentrado na dieta. Todavia, dietas contendo menos que 50% de concentrado limitaram o consumo de nutrientes e, por conseguinte, o ganho de peso dos animais. Segundo os autores, esta limitação ocorreu possivelmente devido aos produtos finais da fermentação, pois a silagem apresentou forte odor, refletindo a presença de alta concentração de N-amoniaco, caracterizando-se possivelmente como uma silagem clostrídica. Por outro lado, Vieira (2007) observou aumento linear no consumo de matéria e comportamento linear com resposta platô para ganho de peso corporal com aumento do nível de concentrado, com ganho máximo de 1,47 kg/dia, obtido com 57,52% de concentrado na dieta.

Pereira et al. (2006) avaliaram consumo, digestibilidade e

desempenho de novilhos Hol:Zeb, castrados, com peso médio inicial de 435 kg, recebendo dietas à base de silagem de sorgo com quatro níveis de concentrado: 20, 35, 50 e 65%, base da MS. O CMS aumentou linearmente enquanto que o consumo de FDN reduziu linearmente com o nível de concentrado. As digestibilidades aparente total da matéria seca e da matéria orgânica não foram afetadas, registrando-se valores médios de 63,8 e 65,1%. Entretanto, as digestibilidades aparentes de PB, EE e FDN reduziram linearmente com o incremento de concentrado nas dietas. O ganho de peso corporal e a conversão alimentar não foram influenciados pelas dietas. O rendimento de carcaça dos animais aumentou linearmente com o incremento dos níveis de concentrado nas dietas. Os autores concluíram que dietas com silagem de sorgo de boa qualidade, associada a 20% de concentrado, proporcionaram produção de carne com menor custo que as demais dietas.

Rigueira et al. (2007) avaliaram o consumo e o desempenho de novilhos mestiços Holandês x Zebu, não castrados, com peso inicial médio de 355 kg, recebendo dietas contendo silagem de soja (SS) exclusiva, SS tratada com inoculante microbiano (SSI), SSI com 2,5 % de melaço e SS com 2,5% melaço. A relação volumoso:concentrado foi de 70:30, na base da MS, sendo 40% da fração volumosa constituída de SS e os outros 30 % por silagem de milho. Observaram-se maiores consumos de MS, matéria orgânica, proteína bruta e extrato etéreo naquelas dietas contendo SS com melaço e inoculante, em relação à de SS exclusiva. O ganho médio de peso, a conversão alimentar, o ganho de carcaça e o rendimento de carcaça não foram influenciados pelas dietas. Os autores concluíram que a dieta contendo silagem de soja tratada com melaço e inoculante microbiano proporcionou consumos mais elevados dos nutrientes em relação ao tratamento de soja exclusiva, porém, isso não se traduziu em melhor desempenho dos animais.

Avaliando o consumo de nutrientes e o desempenho de novilhos Nelore, castrados, com peso médio inicial de 380 kg, relação volumoso:concentrado de 60:40 (%MS), dietas isonitrogenadas com aproximadamente 12,5% de PB e respectivas proporções de silagens de

Brachiaria brizantha cv. Marandu e sorgo, como componentes da fração volumosa: 100:0; 67:33; 33:67 e 0:100, Chizzotti et al. (2005) verificaram aumento linear no consumo de MS e ganho médio diário dos animais, com a substituição da silagem de *Brachiaria brizantha* por silagem de sorgo, o que reflete a melhor qualidade da silagem de sorgo em relação à de capim. De acordo com os autores, o baixo teor de MS do capim, no momento da ensilagem, certamente contribuiu para a ocorrência de fermentações indesejáveis e o conseqüente comprometimento da aceitabilidade da silagem. No entanto, os autores concluíram que a associação de 1/3 de silagem de capim com silagem de sorgo apresentou-se como boa alternativa de volumoso para a alimentação de novilhos Nelore em confinamento, uma vez que promoveu consumo e ganho em pesos próximos aos observados para a dieta contendo apenas silagem de sorgo e que a utilização destes volumosos, de forma associada, depende de fatores econômicos e de manejo.

Souza et al. (2006a), ao avaliar o consumo de nutrientes, o ganho de peso e a conversão alimentar de novilhos H x Z recebendo rações contendo silagem de sorgo e pré-secado de capim-Tifton 85 como volumoso, nas proporções de 0:100; 32:68; 66:34; e 100:0%, respectivamente, com base na MS, numa relação volumoso:concentrado de 60:40%, não detectaram influência das rações sobre os consumos de MS e PB, quando expressos em kg dia⁻¹. Todavia, o consumo diário de matéria seca e o ganho médio diário foram influenciados pelos níveis de silagem de sorgo no volumoso, estimando-se valores máximos de 2,35% do peso corporal e 1,25 kg dia⁻¹, para as respectivas variáveis, com 28,68 e 60,95% de silagem de sorgo no volumoso. Os autores concluíram que o uso de silagem pré-secada de capim-Tifton 85, associada à silagem de sorgo, apresenta-se boa alternativa de alimentos volumosos, para terminação de bovinos de corte em confinamento.

A substituição da silagem de milho pelo feno de capim Tifton-85, nos níveis de 0; 32; 68 e 100%, com base na MS, em dietas fornecidas para bovinos não castrados Limosin x Zebu foi avaliada por Souza et al. (2006b), durante 84 dias de confinamento. O consumo diário de matéria seca foi influenciado de forma quadrática pelos níveis de silagem de milho no

volumoso, estimando-se valor máximo de 2,14% do peso corporal, com 55,02% de silagem de milho no volumoso. O ganho de peso dos animais apresentou aumento linear com o nível de silagem de milho no volumoso. Os autores concluíram que o uso do feno de capim-Tifton 85, associada à silagem de milho, não trouxe vantagem sobre o ganho de peso em comparação à dieta contendo apenas silagem de milho.

Schimidt (2006) avaliou o efeito da inoculação de doses da bactéria heterolática *Lactobacillus buchneri* (LB) na silagem de cana-de-açúcar sobre o desempenho de bovinos Canchim e Nelore, não castrados, com peso vivo inicial de 426 kg, durante 84 dias de confinamento. As silagens de cana-de-açúcar foram submetidas aos seguintes tratamentos: controle - sem aditivos; BLB - inoculação de 5×10^4 UFC/g de MV de silagem; ALB - inoculação de 1×10^5 UFC/g de MV de silagem; ALB + E - inoculação de 1×10^5 UFC/g de MV de silagem + enzima fibrolítica. Não foram observadas diferenças no consumo de matéria seca e ganho de peso dos animais quanto às doses de LB utilizadas e quanto à utilização da enzima fibrolítica. Todavia, a inoculação da silagem de cana-de-açúcar com LB proporcionou maior consumo de MS (23%) e ganho de peso (12%) em relação ao tratamento controle. Os autores concluíram que a silagem de cana-de-açúcar aditivada com LB suporta bons índices de desempenho de bovinos de corte em confinamento, e que a adição de enzima fibrolítica associada ao inoculante LB não altera a composição bromatológica da silagem e o desempenho dos animais, contribuindo ainda para redução da estabilidade aeróbica da silagem.

Menezes (2009) avaliou a utilização de cana-de-açúcar *in natura* (fresca ou 72 horas de armazenamento após a trituração), de silagem de cana-de-açúcar (não aditivada ou aditivada com 1% de óxido de cálcio, base da matéria natural) ou de silagem de milho em dietas para bovinos mestiços europeu:zebu, machos castrados, com peso inicial médio de 350 kg. Todas as cinco forragens foram corrigidas para conter 10% de proteína bruta, por meio do uso de 1% de utilização da mistura uréia/sulfato de amônio (9:1), pulverizada sobre as mesmas imediatamente antes de seu fornecimento aos animais. Os animais receberam uma mesma ração

concentrada (23,14% de proteína bruta, base da MS) na proporção de 1% do peso corporal ao dia, base da matéria natural. O consumo de matéria seca e o ganho de peso corporal dos animais submetidos à dieta contendo silagem de milho foram 17% e 58% superiores em relação às dietas contendo cana-de-açúcar (*in natura* e ensilada). A ensilagem da cana-de-açúcar reduziu em 14 e 21% o consumo de matéria seca e o ganho de peso corporal dos animais, em comparação com o uso da cana-de-açúcar *in natura*. O armazenamento da cana-de-açúcar *in natura* triturada por 72 horas não alterou o desempenho dos animais. A adição de 1% de cal na ensilagem da cana de açúcar não resultou em melhor desempenho de bovinos confinados com oferta de concentrado restrita a 1% de peso corporal.

Magalhães (2009) avaliou o efeito da ensilagem de cana-de-açúcar com alto (20°) ou baixo (15°) grau Brix, tratadas ou não com 0,5% de óxido de cálcio (base da matéria natural) antes da ensilagem, comparadas à silagem de milho, sobre o desempenho de bovinos mestiços europeu:zebu, machos castrados, com peso inicial médio de 350 kg. Os animais receberam ração concentrada na proporção de 1% do peso corporal ao dia, base da matéria natural. As dietas foram isonitrogenadas (12% de proteína bruta, base da matéria seca). O consumo de matéria seca e o ganho de peso corporal dos animais submetidos à dieta contendo silagem de milho foram 25% e 58% superiores em relação às dietas contendo silagem de cana-de-açúcar. Não houve efeito de interação entre o grau Brix da cana-de-açúcar e a adição de óxido de cálcio. A ensilagem de cana-de-açúcar com maior grau Brix não afetou o desempenho dos animais, bem como a adição de óxido de cálcio.

Chizzotti et al. (2010) avaliaram o efeito de silagens de dois híbridos de milho (A: Agromen - AGN35-A42; B: Bayer - A3663) e dois níveis de concentrado na dieta (25 e 50%, base da matéria seca) sobre o desempenho de novilhos cruzados, Holandês x Zebu, com média de peso de 335 ± 30 kg, distribuídos em seis blocos ao acaso. As dietas foram isonitrogenadas (13% proteína bruta). Não houve efeito de interação entre híbrido de milho e nível de concentrado, efeito de híbrido de milho e efeito de nível de

concentrado na dieta sobre o consumo de matéria seca e ganho de peso corporal dos animais. Segundo os autores, a utilização de silagem dos dois híbridos de milho associada a 25% de concentrado é uma alternativa para reduzir o custo de dietas para novilhos em confinamento, com ganho de peso corporal diário próximo a 1 kg.

Diante dos resultados expostos acima, conclui-se que:

a) Dietas à base de silagem de milho ou sorgo proporcionam desempenho de bovinos corte superiores em relação à silagem de cana-de-açúcar, silagem e feno de capim.

b) silagem de cana-de-açúcar aditivada com inoculante bacteriano (*L. buchneri*) constituindo 45% da MS da dieta e silagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Mombaça constituindo de 35 a 50% da MS da dieta proporcionam melhoria no desempenho de bovinos de corte mantidos em confinamento.

c) A adição de óxido de cálcio (0,5 a 1,0%, base da matéria natural) não tem proporcionado melhoria do desempenho de bovinos de corte em confinamento, recebendo 1% de ração concentrada em relação ao peso corporal.

3. USO DE FORRAGENS CONSERVADAS - ASPECTOS BIOECONÔMICOS

A decisão sobre a estratégia de alimentação com forragens a ser adotada é influenciada por diversos fatores. O valor bioeconômico das forrageiras é dinâmico e depende do nível de produção dos animais, do valor nutritivo da forragem, da aptidão e produtividade agrícola da região, do clima, dos custos de produção da forrageira, da disponibilidade de recursos financeiros e materiais, da disponibilidade e preços dos alimentos concentrados, da capacidade de gerenciamento de riscos e do nível cultural dos produtores.

A seguir serão apresentados resultados de um estudo de simulação sobre valor bioeconômico de diferentes fontes de forragens conservadas para bovinos de corte realizado por Pereira et al. (2007), com preços

atualizados. Foram escolhidas sete forrageiras das 16 do trabalho original: silagem de milho, silagem de sorgo, silagem de cana-de-açúcar aditivada com inoculante bacteriano (*L. buchneri*, 5×10^4 ufc/ g MV), silagem de capim-tanzânia, silagem de soja, silagem pré-secada de capim-Tifton 85 e feno de capim-Tifton 85.

Os custos de produção das forrageiras foram corrigidos pelo IGP-DI (Índice Geral de Preços de Disponibilidade Interna da Fundação Getúlio Vargas) para o mês de janeiro de 2011. Os preços dos ingredientes concentrados e do boi gordo são referentes ao mês de janeiro de 2011.

Na Tabela 2 constam a composição química e o rendimento forrageiro das forragens analisadas. As silagens de cana-de-açúcar e de capim-Tanzânia destacaram-se pela maior produção de NDT por unidade de área, devido ao alto rendimento de matéria seca. Contrariamente, a silagem de soja apresentou-se como opção de menor rendimento energético entre as espécies avaliadas.

Tabela 2 - Composição química e rendimento forrageiro de forrageiras selecionadas

Forragens	Composição química			Rendimento forrageiro (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)			
	MS ¹ (%)	PB ¹ (% MS)	NDTest ² (% MS)	MN	MS	PB	NDT
Silagem de milho	30,9	7,26	64,49	40	12,4	0,90	8,0
Silagem de sorgo	30,8	6,69	60,83	45	13,9	0,93	8,5
Silagem de cana com inoculante	26,3	4,05	57,79	100	26,6	1,08	15,4
Silagem de capim -Tanzânia	21,1	7,84	55,95	95	20,0	1,57	11,2
Silagem de soja	31,0	20,2	67,00	30	9,3	1,88	6,2
Silagem pré-secada de tifton 85	47,8	16,0	58,87	38	18,0	2,88	10,6
Feno de capim-tifton 85	84,3	15,4	57,35	17	14,0	2,16	8,0

Fonte: Pereira et al. (2007).

Os custos de produção por área e por unidade de matéria natural, matéria seca, proteína bruta e de NDT obtidos para as forrageiras selecionadas são apresentados na Tabela 3. A silagem de cana-de-açúcar apresentou o menor custo de produção de MS entre as opções, devido ao elevado rendimento forrageiro da cultura da cana-de-açúcar. Todavia, em razão do baixo teor de NDT, o custo de produção do NDT torna-se superior aos das silagens de milho e sorgo, mas menor em relação à silagem de capim-Tanzânia.

Tabela 3 - Custos de produção por área, por unidade de matéria natural ou seca e nutrientes produzidos das forrageiras selecionadas

Forragens	Custo total de produção				
	R\$/ha/ ano ¹	R\$/t MN	R\$/t MS	R\$/t PB	R\$/t NDT
Silagem de milho	3.019,41	75,49	244,13	3.362,68	378,55
Silagem de sorgo	3.075,51	68,34	221,75	3.314,72	364,55
Silagem de cana com inoculante	5.460,27	58,08	220,98	5.456,22	382,37
Silagem de capim -Tanzânia	4.807,93	50,77	240,39	3.066,21	429,65
Silagem de soja	2.833,23	94,44	304,65	1.509,66	454,70
Silagem pré-secada de Tifton 85	5.021,70	133,24	278,99	1.742,56	473,89
Feno de capim -Tifton 85	7.123,41	333,37	395,69	2.569,47	689,97

Fonte: Adaptado de Pereira et al. (2007). ¹Preços corrigidos para janeiro de 2011 pelo Índice Geral de Preços de Disponibilidade Interna (IGP-DI) da Fundação Getúlio Vargas.

As opções de forragens conservadas de menor custo de produção de NDT foram as tradicionais silagens de sorgo e milho. A silagem de sorgo, devido ao maior rendimento por área de MS e NDT que a silagem de milho, apresenta menor custo de produção de MS e de NDT.

A silagem de capim-Tanzânia, apesar de apresentar o menor custo de produção de MN, em razão do baixo teor de MS, apresentou custo elevado de produção de MS, próximo ao obtido para silagem de milho. Como o teor de NDT desta forrageira é menor em relação às silagens de milho e de sorgo, o custo de produção do NDT da silagem desse capim é, em média, 16% superior. Deste modo, desmistifica-se o baixo custo de produção da silagem de gramíneas perenes de clima tropical, apesar do elevado rendimento forrageiro, o que necessariamente não inviabiliza sua adoção.

A silagem de soja apresenta-se como uma opção de competitividade intermediária, com destaque pelo menor custo de produção de proteína bruta (PB), o que a torna uma opção interessante de forragens, principalmente para categorias de animais com elevada demanda de proteína dietética.

O processo de conservação por meio de ensilagem apresenta menor custo de produção do que a fenação. O custo de produção da MS da silagem pré-secada de capim-Tifton 85 correspondeu a 76% do custo do feno da mesma espécie. O maior número de operações e de equipamentos em relação à ensilagem é um dos fatores que contribuem para elevar os custos de

conservação pelo processo de fenação.

A simulação do valor bioeconômico de dietas com forragens conservadas para gado de corte, foi realizada considerando a terminação, em confinamento, de bovinos zebuínos com 400 kg de massa corporal, não-castrados, com dois níveis de desempenho animal (ganhos de peso de 1,0 e 1,5 kg cab⁻¹dia⁻¹). As dietas foram formuladas para atender as exigências nutricionais segundo Valadares Filho et al. (2006a). Na Tabela 4 são apresentados os indicadores das dietas para terminação de bovinos em confinamento, para os dois níveis de desempenho animal.

Tabela 4 - Indicadores das dietas para terminação de bovinos em confinamento com 400 kg de peso, com ganho de peso de 1,5 e 1,0 kg cab⁻¹dia⁻¹, utilizando diferentes forragens conservadas

Volumoso	% forragem na dieta ¹		Nº de alimentações diárias/ha ²	
	1,5 kg dia ⁻¹	1,0 kg dia ⁻¹	1,5 kg dia ⁻¹	1,0 kg dia ⁻¹
Silagem de milho	50,85	96,17	2.576,33	1.440,16
Silagem de sorgo	42,29	88,26	3.473,90	1.664,66
Silagem de cana-de-açúcar	36,66	62,91	7.693,44	4.739,35
Silagem de capim -Tanzânia	34,58	76,98	6.127,39	2.909,49
Silagem de soja	38,20	49,57	2.578,98	2.100,83
Silagem pré-secada de tifton 85	41,15	76,77	4.634,04	2.625,50
Feno de capim -Tifton 85	37,79	78,59	5.046,31	2.564,96

^{1/} Fonte: Pereira et al. (2007).

^{2/} produção de MS ha⁻¹ / (consumo diário de matéria seca total por animal x % forragem na dieta).

Nas Tabelas 5 e 6 são apresentados os resultados das simulações de custos e saldos com alimentação de bovinos de corte em confinamento para ganhos de peso de 1,0 e 1,5 kg dia⁻¹, respectivamente. Para o desempenho de 1,0 kg dia⁻¹, as dietas à base de silagem de milho e sorgo foram as opções mais atrativas economicamente, sob os aspectos do desempenho animal ou por área. O maior valor energético destas silagens (principalmente a de milho), associado aos menores custos de produção de NDT, favoreceram as mesmas, considerando-se os preços dos alimentos concentrados vigentes.

Para o maior nível de desempenho animal, dietas à base silagens de milho e sorgo também apresentaram os maiores saldos com alimentação

por unidade de ganho de peso corporal. Porém, os saldos por unidade de área foram maiores nas dietas contendo silagem de cana-de-açúcar, de capim-Tanzânia e pré-secado de capim-Tifton-85, devido ao maior rendimento forrageiro associado a menor participação das mesmas na dieta, apesar do maior custo por unidade de NDT (Pereira et al., 2007).

O menor custo de produção da MS da silagem de cana-de-açúcar, entre todas as forragens avaliadas, não refletiu em menor custo de produção da arroba de boi gordo. O custo de produção da arroba de boi gordo para a dieta com silagem de cana-de-açúcar foi 27 e 12% superior ao custo arroba da dieta com silagem de milho, para os ganhos de 1,0 e 1,5 kg dia⁻¹, respectivamente.

Tabela 5 - Simulação de custos e saldos com alimentação de bovinos com 400 kg de peso corporal terminados em confinamento, com ganho de peso esperado de 1,0 kg dia⁻¹, com diferentes fontes de forragens conservadas

Item	Ud	Silagem					Feno de Tifton 85
		Milho	Sorgo	Cana-de-açúcar	Capim Tanzânia	Pré-secado de Tifton 85	
Valor da produção							
Dieta ¹	RS/t MS	347,14	347,14	347,14	347,14	347,14	347,14
Animal	RS/cab/dia	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10
Arroba produzida	RS/@	93,00	93,00	93,00	93,00	93,00	93,00
Área ²	RS/ha	4.464,50	5.455,17	13.635,26	9.019,43	6.512,59	7.951,38
Custos com alimentação (dieta)							
Dieta ¹	RS/ton MS	267,53	275,47	340,08	310,70	393,99	416,62
Animal	RS/cab/dia	2,39	2,46	3,04	2,77	3,52	3,72
Arroba produzida	RS/@	71,67	73,80	91,11	83,24	105,55	111,61
Área ²	RS/ha	3.440,64	4.328,79	13.357,71	8.072,48	7.391,40	9.542,77
Saldo com alimentação							
Dieta ¹	RS/ton MS	79,61	71,68	7,07	36,45	-46,84	-69,48
Animal	RS/cab/dia	0,71	0,64	0,06	0,33	-0,42	-0,62
Arroba produzida	RS/@	21,33	19,20	1,89	9,76	-12,55	-18,61
Área ²	RS/ha	1.023,86	1.126,38	277,55	946,95	-878,81	-1.591,39
Relação benefício/custo (saldo/custo com alimentação)		29,8%	26,0%	2,1%	11,7%	-11,9%	-16,7%
Saldo com alimentação relativo (100 = silagem de milho)							
Arroba produzida		100	90	9	46	-59	-87
Área (ha)		100	110	27	92	-86	-155

¹ O valor da produção da dieta = valor da produção por animal/dia dividido pelo consumo de matéria seca animal/dia x 1000 = (R\$ 3,1/cab/dia/8,93 kg MS/cab/dia) x 1.000 = R\$ 347,14/t de MS;

² O valor da produção por área = valor da produção por animal/dia multiplicado pelo n° de alimentações diárias/ha, disponível na Tabela 4.

Tabela 6 - Simulação de custos e saldos com alimentação de bovinos com 400 kg de peso corporal terminados em confinamento, com ganho de peso esperado de 1,5 kg dia⁻¹, com diferentes fontes de forragens conservadas.

Item	Ud	Silagem					Feno de Tifton 85
		Milho	Sorgo	Cana-de-açúcar	Capim Tanzânia	Soja	
Valor da produção							
Dieta ¹	R\$/t MS	492,58	492,58	492,58	492,58	492,58	492,58
Animal	R\$/cab/dia	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65
Arroba produzida	R\$/@	93,00	93,00	93,00	93,00	93,00	93,00
Área ²	R\$/ha	11.979,91	16.153,64	36.333,64	28.492,37	11.992,25	23.465,35
Custos com alimentação (dieta)							
Dieta ¹	R\$/t MS	397,32	408,65	446,40	430,87	412,45	465,01
Animal	R\$/cab/dia	3,75	3,86	4,21	4,07	3,89	4,39
Arroba produzida	R\$/@	75,01	77,15	84,28	81,35	80,69	87,79
Área ²	R\$/ha	9.663,10	13.401,23	32.927,12	24.922,39	10.404,89	22.151,97
Saldo com alimentação							
Dieta ¹	R\$/t MS	95,26	83,93	46,18	61,72	80,13	27,57
Animal	R\$/cab/dia	0,90	0,79	0,44	0,58	0,76	0,26
Arroba produzida	R\$/@	17,99	15,85	8,72	11,65	12,31	5,21
Área ²	R\$/ha	2.316,81	2.752,41	3.406,52	3.569,98	1.587,36	1.313,38
relação benefício/custo (saldo / custo com alimentação)		24,0%	20,5%	10,3%	14,3%	15,3%	5,9%
Saldo com alimentação relativo (100 = silagem de milho)							
Arroba produzida		100	88	48	65	85	29
Área (ha)		100	119	147	154	69	57

¹ O valor da produção da dieta = valor da produção por animal/dia dividido pelo consumo de matéria seca animal/dia x 1000 = (R\$ 4,65/cab/dia/9,44 kg MS/cab/dia) x 1.000 = R\$ 291,31/t de MS;

² O valor da produção por área = valor da produção por animal/dia multiplicado pelo no de alimentações diárias/ha, disponível na Tabela 4.

A silagem de soja, para ganho de 1,5 kg dia⁻¹, apresentou custo de produção da dieta por arroba competitivo em relação às silagens de cana-de-açúcar, capim-Tanzânia e pré-secado de capim-Tifton 85. Todavia, para o menor nível de ganho de peso, o custo da arroba foi superior. Este comportamento se deve ao maior peso do baixo custo de produção de PB da silagem de soja no valor bioeconômico para dietas com maior demanda protéica.

A utilização do capim-Tifton 85 na forma de feno elevou em 20%, em média, o custo de produção da dieta por arroba, em relação à forma ensilada, devido ao maior custo de produção da MS do feno.

Observou-se que no maior nível de desempenho animal, o custo da alimentação por arroba produzida foi menor em todas as opções de forragens conservadas, com exceção da silagem de milho e sorgo. Este quadro reflete a importância da característica da forrageira para definição do desempenho animal ótimo. Desta forma, o desempenho animal modula a eficiência bioeconômica. Este quadro reflete a importância do desempenho animal na eficiência bioeconômica de dietas.

Conforme verificado por Pereira et al. (2007), o preço dos alimentos concentrados influencia o ranking da eficiência bioeconômica das forrageiras. Quando o preço relativo do concentrado energético é reduzido, o valor bioeconômico das forrageiras de alto rendimento de MS por área e de menor custo de produção da MS, mesmo com menor valor nutritivo, como as silagens de cana-de-açúcar e de capins, torna-se mais atrativo do que o de silagens de milho e sorgo. Assim, em situações de elevado preço relativo do concentrado energético, o valor nutritivo da forragem é o principal fator que determina seu valor bioeconômico, pois permite minimizar a utilização do concentrado na dieta. Em situação inversa, quando o preço relativo do concentrado energético é reduzido, o valor nutritivo perde importância e aumenta o peso do rendimento forrageiro e do custo de produção da MS no valor bioeconômico de forragens conservadas.

Apesar dos maiores saldos com alimentação por unidade de área de dietas à base de forrageiras com elevado rendimento forrageiro (cana-de-açúcar e capim) em relação à silagem de milho e sorgo, isso não se refletiu em maior

eficiência bioeconômica (relação benefício/custo). Avaliações gráficas das Figuras 1 e 2 permitem verificar melhor este comportamento. Observa-se elevada associação entre relação benefício/custo com o saldo com alimentação por unidade de ganho de peso corporal e baixa associação com o saldo com alimentação por unidade de área. Este quadro evidencia inadequação do uso exclusivo de resultados financeiros por unidades de área como fator determinante da eficiência bioeconômica de dietas à base de forrageiras conservadas.

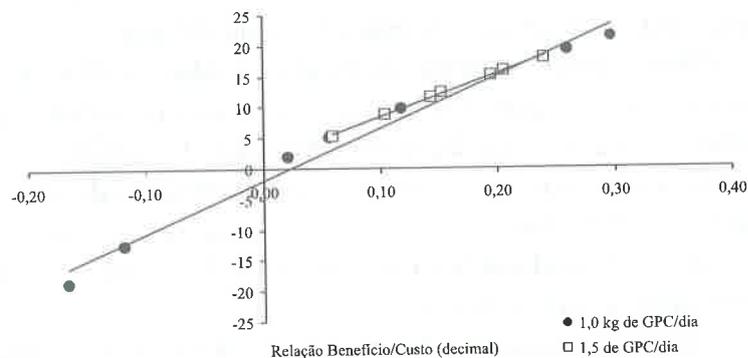


Figura 1 - Relação entre o saldo com alimentação por ganho de arroba (R\$/@) e a relação benefício/custo da dieta à base de diferentes forrageiras, para ganhos de peso corporal (GPC) de 1,0 e 1,5 kg dia⁻¹.

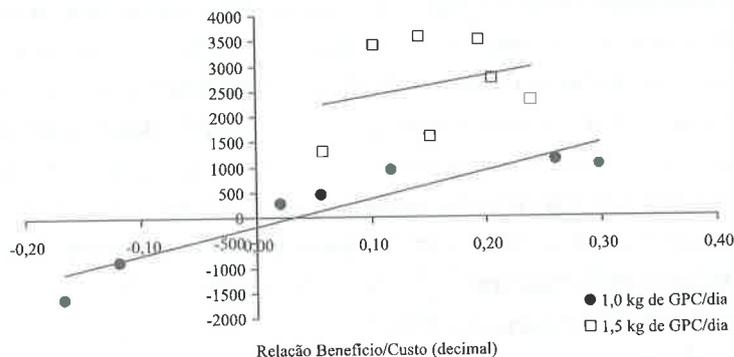


Figura 2 - Relação entre o saldo com alimentação por área (R\$/ha) e a relação benefício/custo da dieta à base de diferentes forrageiras, para ganhos de peso corporal (GPC) de 1,0 e 1,5 kg dia⁻¹.

Tal comportamento deve-se, em parte, à desproporcionalidade do uso do capital por unidade de área entre as forrageiras, a exemplo do saldo por unidade de área da dieta com cana-de-açúcar que foi superior ao de silagem de milho. Todavia, parte desta diferença deve-se não somente ao maior rendimento por unidade de área da cana-de-açúcar e a menor participação da mesma na dieta, mas também pelo maior valor financeiro empregado. Desta forma, há maior saldo por unidade de área devido, em grande parte, ao maior valor financeiro aplicado. O uso de indicadores de rentabilidade apresenta uma alternativa para contornar este problema, como a relação benefício/custo (Pereira et al., 2007).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O saldo com alimentação por unidade de ganho de peso corporal deve ser preterido em relação ao saldo com alimentação por unidade de área, como critério para definição da viabilidade bioeconômica de forrageiras conservadas para bovinos em confinamento.

As simulações apresentadas neste trabalho indicam que a silagem de milho é a forragem conservada de maior valor bioeconômico para bovinos de corte, independentemente do nível de desempenho animal, entretanto, o valor bioeconômico de forrageiras é local dependente.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATAIDE JÚNIOR, J.R.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Consumo, digestibilidade e desempenho de novilhos alimentados com rações à base de capim-tifton 85, em diferentes idades de rebrota. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.1, p.215-21, 2001.

CHIZZOTTI, F.H.M.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Consumo, digestibilidade total e desempenho de novilhos nelore recebendo dietas contendo diferentes proporções de silagens de *Bracharia brizantha* cv. Marandu e de Sorgo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.6, p.2427-2436, 2005.

CHIZZOTTI, F.H.M.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Intake, digestibility, and performance of steers fed diets based on two corn silage hybrids and two concentrate levels. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, n.4, p.868-874, 2010.

EUCLIDES, V.P.B.; CEZAR, I.M.; EUCLIDES FILHO, K. Sistema intensivo de produção de carne bovina em pasto. *Informe Agropecuário*, v.21, n.205, p.85-95, 2000.

FERREIRA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; COELHO DA SILVA, J.F. et al. Consumo, conversão alimentar, ganho de peso e características de carcaça de bovinos F1 Simental x Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.28, n.2, p.343-51, 1998.

GESUALDI JÚNIOR, A.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Níveis de concentrado na dieta de novilhos F1 Limousin x Nelore: Consumo, conversão alimentar e ganho de peso. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, v.5, p.1458-66, 2000.

MAGALHÃES, F.A. *Silagens de cana-de-açúcar com diferentes graus brix com e sem óxido de cálcio para bovinos de corte*. Viçosa, MG: UFV, 2009. 72p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)- Universidade Federal de Viçosa, 2009.

MENEZES, G.C.C. *Cana de açúcar in natura ou ensilada e silagem de milho em dietas para bovinos de corte confinados*. Viçosa, MG: UFV, 2009. 74p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)- Universidade Federal de Viçosa, 2009.

PEREIRA, D.H.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Consumo, digestibilidade dos nutrientes e desempenho de bovinos de corte recebendo silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e diferentes proporções de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.1, p.282-291, 2006.

PEREIRA, O.G.; OLIVEIRA, A.S.; RIBEIRO, K.G. Recurso forrageiro alternativo - viabilidade econômica de forragens conservadas. In: Evangelista et al. (Eds.) SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS: TEMAS EM EVIDÊNCIA - RELAÇÃO BENEFÍCIO CUSTO, 6, 2007, Lavras. *Anais...* Lavras: UFLA, 2007c: p.199-309

RIGUEIRA, J.P.S.; PEREIRA, O.G.; PEREIRA, D.H. Consumo de nutrientes e desempenho produtivo de bovinos de corte recebendo dietas à base de silagem de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. *Anais...* Jaboticabal: SBZ, 2007. [CD-ROM]

SCHIMIDT, P. *Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar*. Piracicaba, SP: ESALQ, 2006. 228p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 2006.

SILVA, B.C.; PEREIRA, O.G.; PEREIRA, D.H. et al. Consumo e Digestibilidade Aparente Total dos Nutrientes e Ganho de Peso de Bovinos de Corte Alimentados com Silagem de *Brachiarina brizantha* e Concentrado em Diferentes Proporções. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.3, p.1060-1069, 2005.

SOUZA, V.G.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Efeito da substituição de pré-secado de capim-tifton 85 por silagem de sorgo no consumo e na digestibilidade dos nutrientes e no desempenho de bovinos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.5, p.2479-2486, 2006a.

SOUZA, V.G.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Efeito da substituição de feno de capim-tifton 85 por silagem de milho no consumo, na digestibilidade dos nutrientes e no desempenho de novilhos mestiços Limousin. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.5, p.2172-2178, 2006b.

VIEIRA, B.R.; OBEID, J.A.; PEREIRA, O.G. Consumo e desempenho de novilhos de corte alimentados com silagem de capim mombaça e concentrado em diferentes proporções. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. *Anais...* Jaboticabal: SBZ, 2007. [CD-ROM]

APLICAÇÃO DE PROCEDIMENTOS TÉCNICOS NA ENSILAGEM DO MILHO VISANDO MAIOR DESEMPENHO ANIMAL

Mikael Neumann¹
Marcos Rogério de Oliveira²
Paula Maria Zanette²
Robson Kyoshi Ueno³
Fabiano Marafon³
Michel Pereira de Souza³

APRESENTAÇÃO

O Brasil possui alta potencialidade de desenvolvimento tecnológico no setor pecuário de corte e leite. Diversos sistemas de produção encontram-se distribuídos nas mais distintas Regiões, porém, nem sempre se têm obtido rendimentos satisfatórios, sendo grande maioria em função do espírito imediatista e equivocado de técnicos ou produtores quanto ao uso da tecnologia "silagem na alimentação animal". É comum ainda o pensamento do uso de silagem de milho para uso em períodos de escassez de alimentos, o que não estabelece nenhuma relação com incrementos de produtividade e redução de custos de produção via melhoria de desempenho animal.

Para um perfeito funcionamento de qualquer sistema de produção, este deve manter-se num processo contínuo de qualidade total, que pressupõe planejamento, organização e coordenação das atividades, objetivando promover a obtenção de altos rendimentos, com economia de recursos naturais renováveis e sem agredir o meio

¹ Engenheiro Agrônomo, Dr., Área de Nutrição de Ruminantes, Prof. do Curso de Mestrado em Produção Vegetal da UNICENTRO. Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03, 85.040-080, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Guarapuava, PR. Email: mikaelneumann@hotmail.com

² Médico Veterinário, MSc., Curso de Mestrado em Produção Vegetal da UNICENTRO.

³ Médico Veterinário, Mestrandos em Produção Vegetal da UNICENTRO.

ambiente.

Os índices de qualidade das silagens produzidas no Brasil são abaixo das expectativas do que se poderiam considerar como volumoso conservado de qualidade satisfatória, onde a perdas de rendimentos à campo, na conservação e no desensilo são freqüentemente altos e irregulares, fatos esses que encarecem sobremaneira o custo do alimento e reduz consideravelmente a disponibilidade de volumoso de alta qualidade para o rebanho.

Objetiva-se no presente trabalho, por meio de compilação de dados de dissertações de mestrado realizadas na Universidade Estadual do Centro Oeste (UNICENTRO-PR), mostrar que o desenvolvimento de técnicas simples de processamento das plantas de milho por ocasião da colheita para silagem, podem interferir positivamente no desempenho animal e econômico do sistema de produção.

MOMENTO DE COLHEITA DAS PLANTAS:

Na determinação do momento ideal à colheita, o primeiro ponto a se considerar é o custo total do processo. Lavouras ensiladas antes do ponto ideal apresentam menor rendimento e resultam em silagem com baixo teor de matéria seca (ou alto teor de umidade), reduzida proporção de grãos e alto teor de fibra em detergente neutro (ou de baixa concentração de nutrientes digestíveis totais). Isso significa menos quantidade de matéria seca (MS) colocada dentro do silo, o que afeta o custo final da tonelada, por alimentar menor número de animais. Essa menor quantidade de grãos na silagem vai significar silagem de menor valor energético. Além disso, devido ao excesso de umidade, aumenta-se a possibilidade das chamadas fermentações indesejáveis que comprometem a qualidade do produto final e a própria aceitação pelos animais, dado a facilidade do desenvolvimento de bactérias clostrídicas neste meio.

Por outro lado, quando se colhe tardiamente a lavoura, a forrageira acumula maiores teores e rendimento de MS por hectare e

uma melhor proporção de grãos na cultura. Entretanto, não produz boa silagem, porque há maior perda de material - principalmente de folhas - durante o corte e o transporte; há má-fermentação devido à maior presença de ar quando o material é ensilado mais seco; ocorre redução da digestibilidade da silagem em virtude da presença de fibras na estrutura da planta e da dificuldade para o processamento e conseqüente aproveitamento dos grãos.

As Tabelas 1 e 2 mostram a dinâmica da cultura do milho na fase reprodutiva, quanto ao acúmulo de matéria seca, estrutura da planta e produção de nutrientes, comprovando os fatos expostos acima. Os teores de MS do colmo permaneceram relativamente constantes entre 107 e 128 dias após a emergência (R3 a R5). Porém para os demais componentes, de maneira geral, os teores de MS, mostraram taxas crescentes de secagem média diária de 0,7048% nas folhas, de 0,4255% no conjunto brácteas mais sabugo, de 0,9930% nos grãos e, conseqüentemente, de 0,5865% na planta inteira (Tabela 1).

As variações nas taxas de secagem da planta inteira e dos componentes estruturais são segundo Ritchie et al. (2003) resultado da taxa de desenvolvimento da planta relacionada com a temperatura e a umidade relativa do ar. Segundo mesmos autores, o período de tempo entre os diferentes estádios de desenvolvimento do milho pode variar significativamente de acordo com ocorrências de estresses ambientais, determinando, nestes casos, o encurtamento dos estádios reprodutivos. Não havendo estresses ambientais, verifica-se de forma direta que o colmo é o componente estrutural da planta que melhor conserva seu teor de umidade e/ou que menor taxa de secagem apresenta com o avanço do ciclo cultural (Tabela 1).

Tabela 1. Matéria seca do colmo, das folhas, do conjunto brácteas mais sabugo, dos grãos e da planta inteira do híbrido SG-6418 colhido em diferentes estádios de desenvolvimento (Safrá 2009/2010).

Dias após emergências das plantas (DAE), (data da avaliação) ¹				Equações de regressão ²
107 dias (19/02) R3	114 dias (25/02) R3 a R4	121 dias (03/03) R4	128 dias (10/03) R5	
Teor de matéria seca do componente colmo, %				Y = 24,1604 - 0,0079D CV: 6,56; R ² : 0,0022; P=0,9161
24,1	22,6	22,1	24,1	
Teor de matéria seca do componente folhas, %				Y = -52,3561 + 0,7048D CV: 10,47; R ² : 0,7994; P=0,0027
22,4	27,3	36,3	35,8	
Teor de matéria seca do componente brácteas mais sabugo, %				Y = -20,1475 + 0,4255D CV: 8,11; R ² : 0,7160; P=0,0081
25,3	27,3	36,3	35,8	
Teor de matéria seca do componente grãos, %				Y = -61,6675 + 0,9930D CV: 4,93; R ² : 0,9163; P=0,0001
42,1	54,9	59,2	63,9	
Teor de matéria seca da planta inteira, %				Y = -35,4325 + 0,5865D CV: 2,60; R ² : 0,9738; P=0,0001
27,1	31,6	35,9	39,4	

¹ - Escala de desenvolvimento nos estádios reprodutivos: R1 = pleno florescimento, R2 = grão leitoso, R3 = grão pastoso, R3-R4 = grão pastoso a farináceo, R4 = grão farináceo e R5 = grão farináceo a duro.

² - D = dias após emergência das plantas.

Fonte: Núcleo de Produção Animal (NUPRAN) da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (UNICENTRO).

Zopollatto (2007) avaliando seis híbridos de milho em duas safras, observaram que o avanço da maturação aumentou os teores de MS das frações colmo (de 16,9 para 28,0%), folha (de 23,2 para 48,8%), sabugo (de 10,0 para 55,5%) e grãos (de 50,4 para 70,9%), o que condicionou ao aumento das proporções de MS acumulada nos sabugos (de 1,6 para 9,2%) e grãos (de 0 para 43,4%) e redução na proporção de colmo (de 63,4 para 29,5%) e folhas (de 27,5 para 10,8%).

Tal resposta agrônômica quanto aos teores de MS nos diferentes componentes estruturais, dada em função dos diferentes estádios de maturação do híbrido avaliado, ocorre segundo Lopes e Maestri (1981), em função do comportamento de crescimento do híbrido e explica-se às transformações sob condições internas de crescimento da planta

(composição morfológica e translocação de nutrientes) associada às condições externas de meio (temperatura, umidade, insolação e ventos). O efeito sobre a porcentagem de MS da planta pode ser explicado pelas alterações ocasionadas pela maturação na participação dos componentes e na translocação de nutrientes entre estas frações da planta.

Na Tabela 2, com o avanço no estádio de maturação das plantas de milho, contatou-se via equações de regressão gerais, que as participações percentuais de grãos na estrutura da planta de milho crescem linearmente na ordem de 0,8111% ao dia, devido à compensação dos processos de formação e translocação de substâncias orgânicas para os grãos, enquanto que a participação de colmo, folha e brácteas e sabugo na estrutura da planta decresceram do estádio R3 para R5.

Outra característica importante apresentada na Tabela 2 é a dinâmica da produção acumulada de matéria verde e matéria seca com o avanço do ciclo produtivo da cultura do milho. A produção de matéria verde reduziu em 20,6%, enquanto que a produção de matéria seca cresceu em 15,5%, dos 107 a 128 dias após a emergência (R3 a R5), ou seja, para cada dia de avanço no estádio fenológico reduziu-se 580,4 kg/ha o acúmulo de matéria verde paralelamente ao aumento de 111,3 kg/ha de matéria seca, o que evidencia a oportunidade de redução de custos de produção de nutrientes paralelamente a obtenção de melhoria da qualidade da silagem resultante avaliando-se o avanço do ciclo da cultura.

Tabela 2. Percentagem da fração colmo, folhas, brácteas mais sabugo e grãos na estrutura física da planta (base seca) e produções de matéria verde e matéria seca do híbrido SG-6418 colhido em diferentes estádios de desenvolvimento (Safrá 2009/2010).

Dias após emergências das plantas (DAE), (data da avaliação) ¹				Equações de regressão ²
99 dias (24/01) R3	106 dias (31/01) R3 a R4	113 dias (07/02) R4	120 dias (14/02) R5	
Percentagem de colmo na planta, % na MS				Y = 34,5182 - 0,0988D CV: 6,13; R ² : 0,2881; P=0,1702
23,9	23,7	21,7	22,3	
Percentagem de folhas na planta, % na MS				Y = 72,7921 - 0,4306D CV: 11,49; R ² : 0,6994; P=0,0097
28,3	20,9	21,6	18,0	
Percentagem de brácteas mais sabugo na planta, % na MS				Y = 55,7289 - 0,2817D CV: 4,97; R ² : 0,8369; P=0,0014
26,0	23,1	21,6	19,9	
Percentagem de grãos na planta, % na MS				Y = -63,0393 + 0,8111D CV: 8,73; R ² : 0,8712; P=0,0007
21,8	32,4	35,0	39,8	
Produção da Matéria Verde, kg/ha				Y = 119690,0 - 580,3684D CV: 16,34; R ² : 0,2320; P=0,0001
57976	53388	48587	46035	
Produção da Matéria Seca, kg/ha				Y = 3949,7 + 111,3296D CV: 15,37; R ² : 0,1030; P=0,0159
15717	16854	17428	18124	

¹ - Escala de desenvolvimento nos estádios reprodutivos: R1 = pleno florescimento, R2 = grão leitoso, R3 = grão pastoso, R3-R4= grão pastoso a farináceo, R4 = grão farináceo e R5 = grão farináceo a duro.

² - D = dias após emergência das plantas.

Fonte: Núcleo de Produção Animal (NUPRAN) da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (UNICENTRO).

Johnson et al. (2002) confirmam que os componentes da planta de milho variaram em proporções nos diferentes estádios de maturação. Lavezzo et al. (1997), avaliando quatro estádios de maturidade de híbridos de milho, verificaram redução na participação de folhas de 34,1 para 23,6% e de colmos de 33,3 para 27,1% e aumento na participação de espigas de 35,5 para 49,1% na estrutura da planta, à medida que as plantas foram colhidas com os grãos no estágio leitoso (R3) para o semi-duro (R4). De forma semelhante, os dados da Tabela 2 mostraram, que houve

no estágio de maior maturidade (R5) redução da participação do colmo e folhas, concomitantemente, a incrementos significativos na participação dos grãos ao avanço no estágio de desenvolvimento da planta de milho.

Quanto à composição dos constituintes da planta de milho, vários trabalhos foram desenvolvidos no sentido de identificar a possível influência destas na qualidade da planta (Nussio e Manzano, 1999; Thomas et al., 2001; Caetano, 2001; Zopollatto, 2007). De fato, os constituintes da planta influenciam na silagem de milho, que é um alimento particular, uma vez que, é constituída por duas frações distintas: a fração grãos e a fração fibrosa, compreendida pelo colmo, folhas, brácteas e sabugo (Silva, 1997).

Paziani et al. (2009) observaram que as produções de matéria verde e matéria seca ocorreram com a elevação nas proporções de folhas (0,44 e 0,26) e colmo (0,29 e 0,14) e nas menores proporções de espigas (-0,43 e -0,27) e grãos (-0,34 e -0,11). Dessa forma, os mesmos autores observaram que as frações folha e colmo se correlacionaram negativamente com a espiga (-0,62 e -0,74) e grãos (-0,19 e -0,43), o que evidencia o efeito de diluição destas frações com o aumento da fração forrageira da planta.

Pesquisadores consideram que a maior participação de grãos na silagem é de suma importância, assim, os melhores híbridos para grãos são recomendados para silagem. Segundo Silva (1997), isto ocorre devido ao grande número de trabalhos desenvolvidos até a década de setenta, que demonstraram que os grãos são mais digestíveis do que folhas e colmo da planta, assim, aumentando a sua proporção, aumenta a qualidade da silagem. Diante desta situação, alguns trabalhos relacionam a participação de grãos como fator fundamental, sendo que à medida que aumenta a participação de grãos, ocorre um incremento na qualidade da silagem. Dessa maneira, a proporção de grãos tem sido enfatizada com critério para auxiliar na escolha de híbridos para silagem, por estar correlacionado com o potencial de produção de grãos e matéria seca total da planta (Nussio e Manzano, 1999).

Com o avanço tecnológico, ocorreu um aumento na relação grão para a fração fibrosa nos modernos híbridos de milho. Segundo Lauer et

al. (2001), o aumento da produção e qualidade da silagem de milho possa ser atribuída a um incremento na produção de grãos. No entanto, o aumento na produção de grãos na matéria seca total melhora a qualidade da silagem é contestada, pois, não se confirma em muitos trabalhos, em função das correlações negativas entre a digestibilidade da fração fibrosa e participação de grãos na planta (Hunt et al., 1992; Silva, 1997; Lauer et al., 2001).

Conforme, Silva (1997) quanto maior proporção de espiga na matéria seca da planta, menor a concentração de carboidratos não estruturais na porção colmo e folhas, e menor a digestibilidade ruminal dessa fração. No entanto, quando avaliaram a digestibilidade da planta inteira de milho, constatou que a proporção de espiga na matéria seca pouco afetou os resultados obtidos.

Nesse sentido, características agronômicas, além da porcentagem de grãos na massa, são importantes em programas de seleção de híbridos para silagem, sobretudo os demais constituintes da planta como: colmo, folhas, brácteas e sabugo; além da porcentagem de folhas verdes; porcentagem de folhas secas; altura da planta; altura da espiga; porcentagem de plantas acamadas e porcentagem de plantas mortas (Zopollatto, 2007).

Há carência de híbridos de milho desenvolvidos especificamente para a produção de silagem e com características edafoclimáticas as diferentes áreas de cultivo do Brasil. A maioria dos híbridos de milho utilizados para produção de silagem, são genótipos adaptados, principalmente devido a sua alta produtividade de grãos (Gomes, 2003), que possuem efeitos negativos nos componentes físicos e estruturais da planta de milho. De modo geral, sempre houve pouco interesse no desenvolvimento de híbridos específicos, que podem ser justificados conforme Neumann et al. (2003) pela participação inferior a 10% das sementes comercializadas anualmente serem destinadas à produção de silagem, portanto, não há interesse comercial em desenvolver novos híbridos com características para este fim e tal constatação, segundo mesmos autores, leva a necessidade de estudar os híbridos novos que são

lançados no mercado para produção de grãos e avaliar o seu potencial para produção de silagem. O prof. Mikael Neumann sugere que um dado híbrido de milho deva ser colhido em estágio de maturação fisiológica de tal maneira a possuir as características agronômicas produtivas descritas na Tabela 3.

Os resultados de diversos trabalhos de pesquisa indicam que o ponto recomendado para ensilagem de milho é quando essa cultura esteja entre 30 e 37% de MS (ou seja, entre 70 e 63% de umidade). É difícil precisar em quantos dias a cultura do milho atinge essa condição (normalmente: 120 ± 10 dias), mas uma forma simples e eficaz está na avaliação da consistência dos grãos (Tabela 2). No caso do milho, o corte deve ser feito quando os grãos estiverem no estágio fenológico entre o farináceo (R4) a duro (R5) - ao serem espremidos com os dedos, esfarinham-se em vez de se transformarem em pasta aquosa como ocorre no ponto de pamonha ou leitoso (R3).

Tabela 3. Características agronômicas produtivas dos híbridos de milho para silagem.

Características agronômicas	Faixa Ideal
Número de folhas secas por planta na colheita	< 5
Altura de espiga, m	0,8 a 1,2
Altura de planta, m	1,9 a 2,6
Produção de matéria verde, kg/ha	> 55.000
Produção de matéria seca, kg/ha	> 18.000
Produção de grãos, kg/ha	> 7.000
Taxa de secagem da planta, %/dia	< 0,50
Estabilidade nutricional na colheita, dias (janela de colheita)	> 10
Constituintes físicos estruturais da planta:	Composição da planta, % na MS
· Colmo	< 25
· Folhas	> 15
· Brácteas mais sabugo	< 20
· Grãos	> 40

Fonte: Núcleo de Produção Animal (NUPRAN) da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (UNICENTRO).

Outra indicação para a colheita de milho consiste em observar a posição da linha do leite no grão. Sabe-se que o milho endurece da extremidade superior para extremidade inferior, logo a linha do leite pode ser observada nitidamente por meio do limite entre as partes mais endurecida e mais pastosa do grão, formando uma linha abaulada ou em forma de meia-lua. O momento ideal de ensilagem é aquele onde se obtém o maior acúmulo de matéria seca por unidade de área e melhor qualidade nutricional da silagem, ou seja, normalmente quando essa linha já desceu de 50 a 75% do grão.

A planta inteira de milho, no estágio de grão farináceo a duro, reúne as melhores condições para a ensilagem, pois contém quantidade suficiente de substrato para uma fermentação predominantemente homoláctica (de 7 a 10% de açúcares hidrossolúveis na MS) num meio com teor de matéria seca entre 30 e 37% e de baixa capacidade de neutralização (baixo teor de proteína e minerais). Ressalta-se que a silagem de milho é um alimento volumoso que deve ter alto valor energético (> 30% de amido e > 69% de nutrientes digestíveis totais na MS), porém nestas condições, torna-se deficiente em proteína e minerais (especialmente o cálcio), fatores estes, no entanto positivos à uma boa fermentação.

Na comparação de um híbrido de milho colhido em dois estádios de maturação (Tabela 4), não houve diferenças ($P > 0,05$) quanto à altura de planta (1,22 m) e altura de espiga (1,18 m), enquanto que para produção de matéria verde (50.565 contra 62.234 kg/ha), produção de matéria seca (12.944 contra 20.288 kg/ha) e produção de grãos (3.100 contra 8.329 kg/ha), foram obtidos menores valores ($P < 0,05$), quando o híbrido foi colhido no estágio R3-R4 em relação ao estágio R5.

Tabela 4. Desempenho agrônômico do milho para silagem, em diferentes estádios de maturação.

Parâmetros	Estádio ¹		Média	P>F	Coeficiente de Variação, %
	R3-R4	R5			
Altura, m					
Planta	2,19a	2,26a	2,22	0,4768	3,62
Inserção da espiga	1,16a	1,20a	1,17	0,5343	6,89
Produção, kg/ha					
Matéria verde	50.565b	62.234a	54.230	0,0060	1,61
Matéria seca	12.944b	20.288a	16.616	0,0308	7,91
Grãos	3.100b	8.329a	5.494	0,0002	1,33
Teores de MS dos constituintes da planta, %					
Colmo	24,5 a	21,2 b	22,84	0,3084	10,60
Folhas	27,3 a	27,8 a	27,53	0,9130	15,88
Brácteas mais sabugo	24,2 b	29,4 a	26,81	0,1198	7,43
Grãos	38,0 b	49,6 a	43,78	0,0142	3,17
Composição morfológica, % na MS da planta					
Colmo	22,5 a	20,8 a	21,67	0,4813	9,35
Folhas	26,3 a	21,7 b	23,96	0,0196	2,73
Brácteas mais sabugo	33,0 a	26,0 b	29,49	0,0601	6,02
Grãos	18,3 b	31,5 a	24,92	0,0584	13,43

Médias, na linha, seguidas de letras diferentes para cada variável, diferem entre si pelo Teste F a 5%.

¹ Escala de desenvolvimento nos estádios reprodutivos: R3-R4 = grão pastoso, com 25,6% de MS e R5 = grão farináceo a duro, com 32,6% de MS.

Fonte: OLIVEIRA, 2010.

Este híbrido quando colhido com 25,6% de MS (R3-R4), determinou na composição da planta maior participação de colmo (22,5 contra 20,8% da MS), de folhas (26,3 contra 21,7% da MS) e do conjunto brácteas mais sabugo (33,0 contra 26,0% da MS), concomitantemente, menor participação de grãos (18,3 contra 31,5% da MS), comparativamente quando colhido com 32,6% de MS (R5). Dessa forma, a ensilagem no estágio R5, proporcionou incremento na matéria seca dos grãos na planta e reduziu participação de brácteas mais sabugo e folhas, respectivamente, frente ao colhido no estágio R3-R4.

Segundo Ritchie et al. (2003) a quantidade de grãos produzida pela planta de milho relaciona-se diretamente à taxa e ao período de tempo de acúmulo de MS. Nesse sentido, diversos autores ressaltam a importância do conteúdo de grãos na massa ensilada. No entanto, há relatos de que nem sempre híbridos mais produtivos produzem silagens de qualidade. Neumann e Lupatini (2002) constataram que híbridos que apresentaram maior participação de grãos na estrutura da planta, não obrigatoriamente obtiveram melhores características nutricionais, logo a escolha do híbrido a ser ensilado deve considerar não apenas a proporção de grãos, mas também as demais frações da planta.

Conforme pode ser observado na Tabela 5, não houve diferença entre as silagens para os teores de proteína bruta, hemicelulose, lignina e matéria mineral, entretanto, foram obtidas diferenças significativas no teor de fibra em detergente neutro (55,08 contra 50,55% MS) e fibra em detergente ácido (33,38 contra 26,12% MS) quando colhido em R3-R4 e R5, respectivamente.

De maneira geral, verifica-se que o avanço no enchimento do grão e a perda da digestibilidade da fração fibrosa são eventos concomitantes, entretanto, a variação na digestibilidade da matéria seca é mínima com o aumento no teor de matéria seca na planta, a qual é resultado do incremento na porcentagem de grão na massa ensilada, sugerindo maior diluição da porção fibra em detergente neutro por amido, determinando maiores valores de NDT, permitindo assim maior valor nutricional no estágio R5.

Tabela 5. Valor nutricional das silagens de milho colhidas em diferentes estádios de maturação.

Parâmetros	Estádio ¹		Média	P>F	Coeficiente de Variação
	R3-R4	R5			
	% na MS				
Proteína bruta	8,58 a	6,85 a	7,71	0,4459	11,18
Fibra em detergente neutro	55,08 b	50,55 a	52,82	0,0182	3,83
Hemicelulose	21,71 a	24,43 a	23,07	0,5540	8,57
Fibra em detergente ácido	33,38 b	26,12 a	29,75	0,0537	2,75
Celulose	28,27 b	21,14 a	24,71	0,0278	4,99
Lignina	4,59 a	3,69 a	4,14	0,1947	8,54
Matéria mineral	4,76 a	3,95 a	4,36	0,5404	11,47

Médias, na linha, seguidas de letras diferentes para cada variável, diferem entre si pelo Teste F a 5%.

¹ Escala de desenvolvimento nos estádios reprodutivos: R3-R4 = grão pastoso, com 25,6% de MS e R5 = grão farináceo a duro, com 32,6% de MS. Fonte: Oliveira, 2010.

Oliveira (2010) trabalhando com novilhos em confinamento alimentados com silagens obtidas a partir de dois pontos de maturidade fisiológica associado a dois níveis de concentrado observou menores consumos de matéria seca expresso em porcentagem do peso vivo nos animais que consumiram silagem com estágio de maturação com 25,6% de MS, com nível de 40% de concentrado 2,11% peso vivo (PV), comparativamente ao estágio com 32,6% de MS. Já para a CA, melhores valores foram observados nos animais, que receberam silagem com 32,6% de MS, com nível de 40% (5,14) e 70% (5,44) de concentrado, entretanto, esses não diferiram dos animais que receberam silagem com 25,6% de MS, adicionado o nível de 40% de concentrado (5,21). Verifica-se ainda na Tabela 6, que o estágio de maturação da silagem teve efeito significativo ($P < 0,05$) sobre o ganho de peso (1,591 contra 1,785 kg/dia), mostrando desvantagens para os animais alimentados com silagem de teor de MS de 25,6%, comparativamente a silagem de 32,6% de MS.

O aumento do consumo de MS na silagem com teor de 32,6% de MS, possivelmente possa ser explicado pelo aumento da proporção de grãos na silagem e redução da fração fibrosa, aliado a um teor de MS mais adequado observado neste teor de MS, a qual tenha inferido no processo de fermentação

das silagens, proporcionando um alimento de maior densidade energética. Segundo Van Soest (1994), a FDN, representada pela hemicelulose, celulose e lignina da parede celular vegetal, está negativamente correlacionada com o consumo de MS. Nesse sentido, Nussio e Manzano (1999) observaram o máximo consumo pelo animal quando o milho foi ensilado no estágio de farináceo a duro (32 a 35% de MS), onde sugeriram que houve maior diluição da FDN por amido, favorece a qualidade da silagem, conseqüentemente, no maior consumo potencial pelos animais. De mesma forma Demarquilly (1994) também relata aumento no consumo de MS da silagem de milho, quando os teores de MS aumentaram de 25% para 35%, sem que a digestibilidade fosse alterada.

Tabela 6. Médias para consumo de matéria seca expresso em porcentagem do peso vivo (CMSP), ganho de peso médio diário (GMD) e conversão alimentar (CA) de novilhos alimentados em confinamento com silagens de milho com dois teores de MS e dos níveis de concentrado

Nível de Concentrado	Estádio ¹		Média
	25,6% MS	32,6% MS	
	Consumo de matéria seca, % peso vivo		
40%	2,11 c	2,21 b	2,16
70%	2,32 a	2,30 a	2,31
Média	2,21	2,25	
	Ganho de peso, kg/dia		
40%	1,665	1,777	1,721 A
70%	1,517	1,793	1,655 A
Média	1,591 B	1,785 A	
	Conversão alimentar		
40%	5,21 b	5,14 b	5,17
70%	6,30 a	5,44 b	5,87
Média	5,75	5,29	

Médias, seguidas por letras minúsculas diferentes, diferem entre si (P<0,05) pelo Teste Tukey.

Médias, na linha ou na coluna, seguidas por letras maiúsculas diferentes, diferem (P<0,05) pelo Teste "F".

¹ Escala de desenvolvimento nos estádios reprodutivos: R3-R4 = grão pastoso, com 25,6% de MS e R5 = grão farináceo a duro, com 32,6% de MS.

Fonte: Oliveira, 2010.

De maneira geral, fica claro que as diferenças relativamente pequenas na fração fibrosa e na digestibilidade da silagem de milho, podem traduzir em grandes diferenças no desempenho animal, mostrando uma escala relativamente estreita entre consumo de MS e digestibilidade, onde o impacto no valor energético correlaciona-se diretamente ao potencial de consumo de MS de silagem de milho.

Em conclusão, o cultivo do milho para a ensilagem oferece a oportunidade de se produzir um alimento volumoso de grande digestibilidade e potencial de consumo, razão pela qual deverão ser atendidos todos os aspectos agrônômicos de manejo da cultura. Ênfase ao ponto ideal de colheita deve ser dado, pois o milho quando ensilado antes do momento mais adequado (exemplo: estágio de grão leitoso, R3) resulta em menor rendimento de matéria seca e de energia por unidade de área e pior qualidade fermentativa, podendo seu menor teor de matéria seca acarretar em perdas por efluentes e obtenção de uma silagem de baixo potencial de consumo pelo animal.

REGULAGEM DE ENSILADEIRAS - TAMANHO DA PARTÍCULA:

A correta picagem da forrageira também é um ponto importante no processo de obtenção de silagem de alta qualidade. Picar corretamente significa facilitar o acondicionamento e a compactação da forrageira dentro do silo, deixando os açúcares hidrossolúveis presentes na planta expostos para uma rápida e eficiente fermentação. No caso do milho, recomenda-se picar a forragem de forma mais homogênea possível, visando tamanho médio de partículas entre 5 e 10 mm.

Entre os fatores que dificultam a homogeneidade da picagem do material está a regulagem da máquina de colheita (ensiladeiras de uma linha):

a) Garantir que a rotação de trabalho na tomada de força esteja entre 540 e 600 rpm. Para tanto, o trator deverá estar sendo solicitado

em rotação de trabalho de 1800 a 2300 rpm;

b) Recomenda-se que as facas da ensiladeira estejam bem ajustadas junto à contra faca, o que proporciona cortes uniformes - manter distância entre facas e contra faca de 0,5 a 1 mm;

c) Promover afiação das facas entre períodos de 10 a 20 horas de trabalho. O importante é acompanhar a qualidade de corte das partículas e promover a afiação quando necessário o padrão de tamanho de picado;

d) Ajustar a máquina ensiladeira ao trator, de tal forma que a mesma mantenha-se nivelada ao terreno;

e) Eliminar eventuais folgas no atrelamento da máquina ensiladeira ao trator;

f) Promover lubrificação (engraxamento) dos pontos de atrito (pinos ou rolamentos) em períodos não superiores a 8 horas de trabalho;

g) Observar recomendações do fabricante quanto aos procedimentos de manutenção da máquina.

Na ensilagem deve ocorrer a ausência de ar (processo anaeróbico), condição esta onde se dará a fermentação desejável. É vital expulsar todo o ar de dentro do silo. Para tanto, busca-se máxima eficiência ao compactar o material na medida em que ele vai sendo recebido no silo de armazenamento. A compactação depende do tamanho médio das partículas, e está diretamente ligada, à melhor fermentação, a maior quantidade de forrageira acondicionada no silo e ao melhor valor nutritivo e consumo da silagem final. Com tamanho de partícula entre 5 e 15 mm, consegue-se silagens com densidade entre 550 e 700 kg/m³, principalmente em silos do tipo trincheira.

Durante o processo de colheita das plantas de milho para silagem podem ocorrer variações consideráveis no tamanho das partículas interferindo na qualidade física da "dieta totalmente misturada". Sugere-se que a qualidade física da silagem de milho (tamanho de partícula) seja monitorada pelo equipamento "Penn State Particle Size Separator", ou seja, um separador de partículas composto

por um conjunto de peneiras, dispostas umas sobre as outras, com malhas de diâmetro de 19 mm na peneira superior e de 8 mm na peneira inferior. Durante a colheita das plantas usa-se freqüentemente o separador de partículas visando ajustes na regulagem da ensiladeira para que se obtenha, com base no peso *in natura*, uma distribuição de 3 a 8% das partículas retidas na peneira superior, de 45 a 65% na peneira mediana e de 30 a 40% na parte inferior, determinando melhor condição de compactação da massa ensilada pela melhor acomodação das partículas no silo e conseqüente melhora do perfil de fermentação na conservação.

Já em manejo alimentar de "dieta totalmente misturada" para bovinos de aptidão leiteira, sugere-se que a distribuição das partículas seja de 2 a 8% das partículas retidas na peneira superior, de 30 a 50% na peneira mediana e de 45 a 65% na peneira inferior, sendo dependente da relação volumoso:concentrado e da meta da produção animal, para que se otimize o funcionamento ruminal e previna problemas nutricionais de paraqueratoze ruminal, laminite e acidose ruminal em função de deficiências do teor de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (Kononoff et al., 2003).

Trabalho de pesquisa realizado por Neumann (2006) avaliando dois tamanhos de partículas associado a duas alturas de colheita da silagem de milho sobre a terminação de novilhos em confinamento evidenciou que a silagem quando colhida com ensiladeira regulada para tamanho de partícula entre 2 a 6 mm mostrou diferenças na distribuição das partículas nas peneiras 1,905 cm (5,3 contra 19,3%), 0,787 a 1,905 cm (42,6 contra 55,8%) e inferior a 0,787 cm (52,1 contra 24,9%) em relação a silagem colhida com ensiladeira regulada para tamanho de partícula entre 10 a 20 mm. Tal fato justifica as variações encontradas na eficiência de compactação das silagens avaliadas (Tabela 7).

Tabela 7. Distribuição das partículas de silagem por peneira, nível de compactação obtida, na base verde e seca e perdas de matéria seca no armazenamento, nas silagens de milho, em função do tamanho de partícula.

Variáveis	Tamanho de partículas	
	Pequena (8 mm)	Grande (15 mm)
Número total de partículas em 300 g de silagem	29.963	13.382
. Distribuição das partículas por peneira:		
Peneira > 1,905 cm	5,3	19,3
Peneira 0,787 a 1,905 cm	42,6	55,8
Peneira < 0,787 cm	52,1	24,9
. Massa específica da silagem:		
Matéria verde	539 a	426 b
Matéria seca	153 a	114 b
.....%		
Perdas de matéria seca no armazenamento	3,52 b	4,53 a

Médias, seguidas por letras minúsculas diferentes, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo "F".

Fonte: NEUMANN (2006).

O tamanho da partícula ensilada, em nível prático, notadamente relacionou-se diretamente com a potência do trator e/ou a regulagem da ensiladeira utilizada. O menor tamanho da partícula facilitou o processo de ensilagem, uma vez que permitiu maior densidade de transporte do material colhido até o local de armazenamento, como também aumentou a eficiência do processo de compactação e permitiu melhor fermentação anaeróbia (Tabela 7). As conseqüências observadas foram melhor preservação do valor nutritivo da massa ensilada e minimização das perdas na desensilagem.

Na Tabela 8 é apresentado o levantamento do custo de produção e estimativa de receita de cada tratamento aplicado à silagem. Segundo Neumann (2006) o gasto diário com alimentação, em função do consumo de alimentos (volumoso mais concentrado) variou entre os tratamentos. Maiores custos diários com alimentação dos animais em confinamento foram observados em silagens obtidas a partir de partículas grandes colhidas à altura de 15,2 cm (R\$ 1,770) e 38,6 cm

(R\$ 1,759), apesar de não diferirem estatisticamente da silagem com tamanho de partículas pequenas colhidas à altura de 15,2 cm (R\$ 1,755) em relação à silagem de partículas pequenas colhidas à altura de 38,6 cm (R\$ 1,726). Na associação do custo diário em alimentação com o desempenho dos animais confinados, o custo por kg de ganho de peso vivo foi maior e menor, respectivamente em silagens com tamanho de partículas grandes colhidas à altura de 15,2 cm (R\$ 1,240) e 38,6 cm (R\$ 1,108) em relação às silagens de partículas pequenas colhidas à altura de 15,2 cm (R\$ 1,185) e 38,6 cm (R\$ 1,161).

Nas silagens provenientes da colheita à altura de 15,2 cm com partículas pequenas ou grandes aumentaram em 5,1 % o número de animais terminados em confinamento para cada hectare de lavoura comparativamente às silagens colhidas à altura de 38,6 cm, independentemente do tamanho das partículas. Porém quando considerada a eficiência alimentar dos animais terminados em confinamento, silagens obtidas à altura de 15,2 cm com tamanho de partículas pequenas (4.829,3 kg/ha) ou à altura de 38,6 cm com tamanho de partículas grandes (4.847,2 kg/ha) mostraram maior potencial de produção de carne por unidade de área em relação à silagem obtida à altura de 15,2 cm com tamanho de partículas grandes (4.582,2 kg/ha) ou à altura de 38,6 cm com tamanho de partículas pequenas (4.592,1 kg/ha).

Usualmente a silagem de milho vem se tornando o volumoso mais utilizado por produtores de carne e leite. No entanto, o seu preparo consome uma série de operações e insumos que encarecem o produto final e a quantificação do custo real final da silagem não tem recebido a devida atenção dos produtores no que se refere às perdas de MS que ocorrem durante o processo de produção e utilização. Entretanto, a quantificação de perdas mostrou valores médios de 41,5 e 28,0%, durante o processo de produção e utilização de silagem (etapas de colheita, armazenamento e alimentação dos animais), o que elevou o custo final da silagem (US\$/t) para 32,37 e 28,98, respectivamente. Neumann et al. (2004) avaliando silagens de milho

e sorgo colhidas à altura de 15 cm na produção de novilhos "superprecoce", observaram em 126 dias de confinamento, com relação volumoso:concentrado de 55:45 %, ganho de peso médio dos animais de 1,304 kg/dia e uma receita líquida de R\$ 115,15/animal; semelhante aos resultados médio deste experimento, com 100 dias de confinamento, com relação volumoso:concentrado de 62,7:37,3 %, ganho de peso médio dos animais de 1,495 kg/dia e uma receita líquida de R\$ 118,82/animal.

O somatório de fatores ligados ao custo de produção de silagem, qualidade do volumoso, resposta animal na terminação e qualidade das carcaças indicaram que a receita líquida obtida no sistema de produção, desconsiderando mão de obra utilizada na alimentação e manejo dos animais e custos de instalações, mostrou-se maior quando da utilização de silagem colhida à altura de 38,6 cm com partículas pequenas (4.175,59 R\$/ha). O pior resultado econômico ($P < 0,05$) foi observado com utilização da silagem colhida à altura de 15,2 cm com partículas grandes (3.426,46 R\$/ha) em relação aos demais tratamentos.

Através dos resultados apresentados na Tabela 8 fica evidenciado que a escolha da altura de colheita das plantas para ensilagem associada a regulagem da ensiladeira para tamanho de partículas mais adequado para alimentação de bovinos de corte em confinamento, depende diretamente da relação custo/benefício, na qual produção de massa verde e qualidade da forragem devem associar-se de tal forma a estabelecer um ponto de equilíbrio que defina a possibilidade de maior lucro líquido possível para o pecuarista.

Tabela 8. Custo de produção e estimativa de receita de cada tratamento.

Descrição	Sistema de ensilagem			
	Partícula pequena		Partícula grande	
	(8 mm)		(15 mm)	
	Corte baixo	Corte alto	Corte baixo	Corte alto
Custo da silagem, R\$/t de MV	24,49	25,28	23,84	24,71
Custo da MS da silagem, R\$/t	76,63	75,99	74,61	74,30
Custo do concentrado, R\$/t	372,50	372,50	372,50	372,50
Custo da MS do concentrado, R\$/t	415,27	415,27	415,27	415,27
Custo da aquisição dos animais, R\$/animal ¹	613,98	620,40	612,88	616,00
Peso vivo inicial dos animais, kg	335 a	336 a	334 a	336 a
Peso vivo final dos animais, kg	482 a	480 a	481 a	492 a
Rendimento de carcaça, %	54,0 a	55,5 a	53,8 a	53,5 a
Ganho de peso, kg/dia	1,481 a	1,487 a	1,427 a	1,587 a
Conversão alimentar	5,95 b	5,80 b	6,34 a	5,54 b
Consumo total, kg/dia de MS	8,68 a	8,56 a	8,75 a	8,67 a
Consumo silagem, kg/dia de MS	5,46	5,39	5,47	5,40
Consumo concentrado, kg/dia de MS	3,22	3,17	3,28	3,27
Custo silagem, R\$/animal/dia	0,418	0,410	0,408	0,401
Custo concentrado, R\$/animal/dia	1,337	1,316	1,362	1,358
Custo total da dieta, R\$/animal/dia	1,755	1,726	1,770	1,759
Custo/kg de ganho de peso, R\$	1,185	1,161	1,240	1,108
Produção de silagem, kg/ha de MS	19.144	17.875	19.144	17.875
Perdas físicas na desensilagem, kg/ha de MS	283,3	241,3	545,6	418,3
Perdas de silagem no cocho, kg/ha de MS	1056,7	988,5	1033,8	963,5
Nº de animais terminados em 100 dias/ha	32,61	30,88	32,11	30,54
Ganho de peso vivo, kg/ha	4.829,3	4.592,1	4.582,2	4.847,2
CUSTO (concentrado + silagem), R\$/animal	178,71	175,63	180,69	179,28
CUSTO (concentrado + silagem), R\$/ha	5827,58	5423,51	5801,93	5475,32
Peso de abate dos animais, kg de peso vivo	481,99	481,85	480,07	492,31
Peso de carcaça quente dos animais, kg	260,00	267,60	258,70	263,40
RECEITA BRUTA, R\$/animal ²	904,80	931,25	900,28	916,63
RECEITA BRUTA, R\$/ha	29505,53	28757,00	28907,99	27993,88
RECEITA LÍQUIDA, R\$/animal	112,11	135,22	106,71	121,25
RECEITA LÍQUIDA, R\$/ha	3655,91 C	4175,59 A	3426,46 D	3702,97 B

¹ - Preço de compra dos animais com peso vivo médio de 336 kg = R\$ 1,83/kg, Agosto de 2005.

² - Preço por kg de carcaça quente = R\$ 3,48/kg, Dezembro de 2005.

Médias, seguidas por letras maiúsculas diferentes, na linha, diferem ($P < 0,05$) pelo teste Tukey. Fonte: Neumann (2006).

REGULAGEM DE ENSILADEIRAS - PROCESSAMENTO DE GRÃOS:

O momento adequado à colheita das plantas de milho para ensilagem, com vistas a maior desempenho animal, comprovadamente tem se mostrado sob estádios de desenvolvimento mais avançados (acima de R5) como discutido anteriormente, porém muito se questiona quanto ao aproveitamento dos grãos presentes na silagem, visto que estes se apresentam visualmente no constituinte fecal, indicando o mal aproveitamento pelo trato digestivo dos animais. Estratégias de quebraimento ou esmagamento, tanto dos colmos como dos grãos, tem sido sugerido pela pesquisa na última década, no contexto de aumentar a eficiência biológica de aproveitamento da fibra em detergente neutro e/ou do amido da silagem de milho.

O rompimento do pericarpo, camada dura que recobre o grão de milho, seguramente poderia determinar melhor liberação do amido ao processo fermentativo do silo, assim como maior degradabilidade pelos microorganismos do rúmen. Estudos realizados pela equipe do prof. Mikael Neumann do Núcleo de Produção Animal da UNICENTRO-PR têm comprovado a eficácia do procedimento, que eleva o consumo de matéria seca e mantém a digestibilidade da silagem de milho com o uso de um processador de grãos anexado à ensiladeira por ocasião da colheita. Como resultado, é possível promover redução da fração concentrada da dieta e/ou otimizar o ganho de peso de bovinos confinados, já que houve melhora no aproveitamento da silagem de milho (Tabela 9).

Os dados da Tabela 9 mostram de maneira geral, os animais alimentados com silagem de milho com 35,3 % de MS (R5) tiveram maior ($P < 0,05$) ganho de peso (1,681 contra 1,474 kg/dia), consumo de matéria seca (10,01 contra 9,21 kg/dia) e melhor conversão alimentar (6,12 contra 6,77) comparativamente a silagem com 28,8% de MS. Com relação ao uso do processador de grãos, maior ganho de peso (1,637 contra 1,518 kg/dia) e melhor conversão alimentar (6,12 contra 6,77)

foram obtidos comparativamente ao não uso do mesmo, respectivamente, enquanto que os consumos de MS não sofreram interferência pelo uso do processador de grãos.

Tabela 9. Médias para consumo de matéria seca expresso em kg/dia e em porcentagem do peso vivo, ganho de peso médio diário, conversão alimentar e digestibilidade aparente de novilhos terminados em confinamento com silagens em dois teores de matéria seca associado ao uso de processador de grão.

MS	Processador		Média
	Com	Sem	
	Ganho de peso, kg/dia		
30% MS	1,570	1,379	1,474 b
40% MS	1,704	1,658	1,681 a
Média	1,637 a	1,518 b	
	Consumo de MS, kg/dia		
30% MS	9,01	9,41	9,21 b
40% MS	9,95	10,08	10,01 a
Média	9,48 a	9,75a	
	Consumo de MS, % do peso vivo		
30% MS	2,11	2,13	2,12 a
40% MS	2,21	2,17	2,19 a
Média	2,16 a	2,15a	
	Conversão alimentar		
30% MS	6,19	7,36	6,77 a
40% MS	6,06	6,18	6,12 b
Média	6,12 b	6,77 a	
	Digestibilidade aparente, % MS		
30% MS	66,9	66,8	66,9 a
40% MS	64,7	63,5	64,1 a
Média	65,8 a	65,2 a	

Médias, seguidas por letras maiúsculas diferentes, na linha ou na coluna, diferem entre pelo teste F a 5%

O uso de um processador de grão, sugerido pela empresa Nogueira S.A., também é vantajoso para o manejo agrônômico, pois permite ampliar a "janela de corte" do milho e/ou avançar no ciclo da cultura visando aumento da participação do amido na silagem, sem prejuízos ao

aproveitamento do mesmo. O período de colheita do milho para silagem, tradicionalmente vinha sendo recomendado entre os estádios de grão pastoso/farináceo (R4) e grão duro (R5) à teores de matéria seca entre 30 e 37%, para ensiladeiras de uma e duas linhas, restringindo a colheita a um período de 7 a 12 dias, estendendo-se agora, com o processador de grãos a 12-18 dias com o avanço do ciclo até o estágio de grão plenamente duro (R6) à teores de matéria seca entre 38 e 42%, onde o milho alcança a concretização máxima de seu desenvolvimento quanto ao enchimento dos grãos.

As empresas nacionais fabricantes de colhedoras para ensilagem objetivam a associação positiva entre o uso de máquinas e as exigências nutricionais solicitadas pelos animais, no sentido de um alimento com menor tamanho de corte e melhor aproveitamento. Entretanto, as máquinas que passaram a desenvolver tamanho de partícula menor, apresentaram normalmente redução na capacidade de colheita. Embora ainda com timidez, tem havido melhora no sistema de picagem das forrageiras, e mais trabalhos devem ser desenvolvidos com o intuito de se conseguir um modelo com eficiência de colheita, de tamanho de partícula e processamento de grãos satisfatório, para que haja produção de alimento com qualidade e a custos mais reduzidos.

ALTURA DE COLHEITA DAS PLANTAS:

A altura de colheita da planta de milho é um ponto importante a se considerar durante a confecção de silagem. Aumentando a altura de corte das plantas, via regulagem na ensiladeira, somente a porção superior da planta de milho é colhida, resultando em silagem com maior participação de grãos na matéria seca. A parte superior da planta de milho constitui uma silagem de maior concentração energética, indicada para uso em sistemas com animais de alta produção, em virtude de ser um alimento de alto valor nutricional e de maior custo de produção, por apresentar normalmente rendimentos de matéria seca próximos a 80% em relação à silagem de planta inteira.

A possibilidade de manipulação do processo de colheita do milho para ensilagem, com a elevação da altura de corte das plantas permite uma maior participação de grãos na massa ensilada em detrimento da participação de colmos e folhas senescentes, resultando em melhoria da qualidade da silagem produzida devido aos decréscimos significativos nos teores de fibra em detergente neutro e detergente ácido da silagem, além de melhorar a sanidade do silo. Vários trabalhos de pesquisa mostram que a percentagem de colmo e de grãos, para o milho, são as características agrônomicas altamente correlacionadas com medidas de qualidade da silagem, como digestibilidade da matéria seca e fibra em detergente ácido, assim como o ganho de peso médio diário e consumo de matéria seca.

Lauer (1998) verificou que a produção de matéria seca da silagem de milho é reduzida em 15% quando a altura de corte das plantas é elevada de 15 para 45 cm a partir do nível do solo, considerando, no entanto que a produção de leite estimada aumentou em 12% para a mesma elevação de altura de colheita, fato justificado à fração mais fibrosa e menos digestível do material não ter sido colhida, apesar da constatação de redução de 3% na produção de leite por unidade de área. A elevação da altura de colheita das plantas de milho a partir de 15 cm do nível de solo, constitui-se em ferramenta de trabalho indicada ao manejo alimentar de animais com alto potencial genético à produção de carne e/ou leite. Hutjens (2006) infere que para cada 15 cm na elevação da altura de corte das plantas de milho, estima-se a redução de 1% no teor de fibra em detergente neutro na silagem resultante, considerando, no entanto a redução de 850 kg/ha de massa seca ensilável.

Apesar da elevação da altura de colheita das plantas de milho melhorar a qualidade da silagem resultante (Neumann et al., 2004), estimativas econômicas de retorno por tonelada de matéria seca de forragem por hectare mostram-se inferiores para as plantas colhidas na altura de corte alto, questionando-se a viabilidade econômica do processo de elevação de altura de colheita.

As plantas colhidas em alturas superiores a 15 cm aumentam a reciclagem de matéria orgânica e o condicionamento físico no solo, além

de permitir maior retorno do nutriente potássio que se concentra nos internódios inferiores da planta, que é extraído em grandes quantidades em decorrência da colheita completa da planta de milho na ensilagem; onde segundo Nussio et al. (2001), ambas as contribuições, devem ser consideradas num programa duradouro de exploração racional das glebas, visando alta produtividade, e merecem avaliação econômica mais criteriosa para justificar a recomendação.

A Tabela 10 mostra que a altura de colheita à 15,2 cm propiciou um incremento de 11,46% na produção de matéria verde ensilável em relação à altura de corte de 38,6 cm (59.905 contra 53.744 kg/ha), enquanto a produção de matéria seca ensilável estimada apresentou um incremento na ordem de 7,10% (19.144 contra 17.875 kg/ha) devido ao maior teor de matéria seca das plantas com altura de 38,6 cm (33,28%) e devido à maior participação da espiga (43,7 contra 39,6%) e menor participação da fração colmo inferior à inserção da espiga (20,7 contra 25,6%), obtida no sistema de colheita à altura de 38,6 cm em relação à altura 15,2 cm.

Tabela 10. Comportamento agrônômico da planta do híbrido P-30S40 utilizado para confecção das silagens, conforme altura de colheita das plantas.

Variáveis	Altura de corte das plantas	
	Baixo: 15,2 cm	Alto: 38,6 cm
Produção de matéria verde ensilável	59.905 a	53.744 b
Produção de matéria seca ensilável	19.144 a	17.875 b
Composição física da planta (base seca):	%	
- Colmo	32,0 a	27,8 b
- Folhas	28,4 a	28,9 b
- Brácteas + Sabugo	24,4 b	26,9 a
- Grãos	15,2 b	16,8 a
	%	
Teor de MS da planta inteira	31,95 b	33,28 a
Digestibilidade da MS da silagem	61,6 a	63,6 a
Digestibilidade da FDN da silagem	45,1 a	43,7 a
	kg/dia	
Ganho de peso de novilhos confinados	1,454 b	1,537 a
Consumo de MS de novilhos confinados	8,72 a	8,61 a

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes, na linha, para cada variável, diferem entre si (P<0,05) pelo Teste "F".
Fonte: NEUMANN (2006).

Conforme pode ser observado na Tabela 10, verifica-se que a altura de colheita não modificou a digestibilidade aparente da matéria seca, com valor médio de 62,58%, apesar da existência de uma variação de 2% entre as silagens. Esta variação encontrada, mesmo que não tenha mostrado diferença estatística estabeleceu relação direta com o ganho de peso dos animais em terminação alimentados com participação percentual de 62,7% para ambas as silagens avaliadas, com base na matéria seca.

Do ponto de vista prático, a altura de colheita pode ser determinada pelos objetivos do sistema de produção quanto ao uso da silagem de milho na dieta dos animais e/ou em função das características ocasionais do momento que se está processando a colheita.

No primeiro caso, o técnico deverá verificar junto ao produtor qual o objetivo da silagem de milho na dieta dos animais. Se constatado a necessidade do uso da silagem para suprir deficiências do planejamento forrageiro e/ou uso estratégico em momentos de escassez de alimentos na propriedade, pouca importância nos referimos ao aumento da altura de corte das plantas, pois neste caso, o uso da silagem pouco impacto terá sobre o desempenho dos animais e a prioridade passa ser direcionada ao custo de obtenção do alimento conservado e sua função à saciedade da fome, neste caso, normalmente opta-se pelo rebaixamento da altura de colheita. O incremento da altura, a exemplo, de 15 para 45 cm, determinará redução de colheita na ordem de 5 a 8 t/ha de silagem e aumento de custo de produção proporcional ao potencial total de massa verde obtida por unidade de área. Já quando a silagem possui objetivo particular a incrementos dos índices produtivos do rebanho (exemplo: produção de leite superior a 30 l/dia ou ganho de peso de bovinos confinados acima de 1,5 kg/dia), o procedimento de aumento da altura de colheita das plantas passa a ter grande importância, pois se associa diretamente ao teor de carboidratos fibrosos na dieta dos animais e conseqüentemente à capacidade de ingestão diária de matéria seca que define a resposta animal.

No segundo caso, ou seja, em condições ocasionais de colheita, a altura de corte pode ser manipulada visando melhoria na sanidade da

silagem e/ou otimização do processo fermentativo do silo. Em situação de colheita precoce de lavouras de milho, a exemplo por motivos de estresses hídricos ou de ocorrência de geadas, aconselha-se o avanço na altura de colheita das plantas, visando com tal atitude, na redução de umidade no silo e na redução de bactérias, fungos e leveduras que se encontram em maiores proporções na porção basal da planta, próxima ao solo. Já em situações onde a lavoura encontra-se em estádios avançados à recomendação do momento ideal de colheita, há consenso na diminuição da altura de colheita das plantas, visando, manter padrão de corte na regulagem da ensiladeira e melhoria na compactação da silagem pelo aumento do teor de umidade da silagem.

PROCEDIMENTO DE VEDAÇÃO DE SILOS DE ARMAZENAMENTO:

Mediante ao fechamento do silo, o enchimento deverá ser orientado de forma a se acumular massa ao longo da linha central, a fim de que se proceda um abaulamento do silo. A linha central do silo, após abaulamento, deverá possuir altura equivalente a 15% da largura do silo. Tal procedimento visa diminuir deteriorações e conseqüentes perdas de nutrientes na periferia do silo, devido ineficiência de compactação. Também recomenda-se, que com a chegada da última carga de material picado da lavoura ao silo, a partir de então, proceda-se pelo menos uma hora de compactação final com o trator para boa acomodação das partículas ensiladas na porção superior do silo, local onde maiores perdas são observadas por ocasião do desensilo.

O fechamento do silo finaliza com a vedação, utilizando-se de material plástico (polietileno), tanto para silos do tipo superfície ou trincheira. A durabilidade do polietileno é limitada e variável de acordo com sua fonte, espessura, coloração e tratamento para raios ultra-violeta, e mesmo assim, dependendo de sua exposição aos raios solares, o material pode tornar-se quebradiço e permeável em tempo não determinado.

A vedação do silo é fator essencial, impede a entrada de ar e

água, evitando ocorrência de fermentações indesejáveis e eventuais descartes de silagem após sua abertura. A conservação da massa ensilada deve-se ao meio anaeróbico, a acidez e a presença de anti-sépticos.

A Tabela 11 evidencia o impacto que o percentual de silagem de milho deteriorada exerce sobre a ingestão de matéria seca e a digestibilidade de nutrientes, reforçando assim a importância de um bom fechamento do silo de armazenamento.

Tabela 11. Efeito do percentual de silagem de milho deteriorada sobre a ingestão de matéria seca e a digestibilidade de nutrientes.

Variável	Silagem normal:silagem deteriorada (%)			
	100:0	75:25	50:50	25:75
	Consumo diário de matéria seca, kg/dia			
Matéria seca	7,95 a	7,35 a	6,94 bc	6,67 c
	Digestibilidade, %			
Matéria Orgânica	75,6 a	70,6 b	69,0 b	67,8 b
Proteína Bruta	74,6 a	70,5 a	68,0 b	62,8 c
Fibra em detergente neutro	63,2 a	56,0 b	52,5 b	52,3 b
Fibra em detergente ácido	56,1 a	46,2 b	41,3 b	40,5 b

Médias seguidas de letras diferentes na linha, para cada variável, diferem entre si ($P>0,05$) pelo Teste Tukey. Fonte: Bolsen (2006).

No processo de fabricação da silagem, a vedação do silo ainda possui alguns questionamentos, principalmente com relação aos diversos tipos de lonas plásticas existentes no mercado brasileiro, as quais apresentam preços e composições variadas, num mercado que não apresenta regulamentação ou normas para a produção destas lonas. As características mais importantes de uma lona para a vedação da silagem são: espessura, coloração e polímeros utilizados na confecção do filme. As tipologias dos filmes plásticos utilizados no Brasil para a cobertura de silagens apresentam o polietileno como principal polímero, entre as cores o cinza, o preto, o branco e a dupla face e espessuras diversas variando de 80 a 300 μm .

Daponte (1992) propôs no início dos anos noventa o uso de uma nova estrutura nos filmes plásticos utilizados na vedação das silagens, no entanto, as empresas não manifestaram interesse comercial por se tratar

de um material de alto custo. Contudo, em decorrência das mudanças na atividade pecuária, demandando cada vez mais eficiência nos processos de produção e conservação de alimentos, têm-se desenvolvido estratégias de vedação envolvendo o uso de filmes que reduzam a permeabilidade ao oxigênio como uma alternativa ao polietileno padrão (Borreani et al., 2007).

Segundo Bernardes (2006) atualmente existe no mercado brasileiro, lonas de vários tipos: a) lona preta, caracterizada como aquela produzida com polietileno de baixa densidade (reciclado ou misto), com pigmentação predominantemente na cor preta, espessura variável entre 80 e 300 μm e com diversificados aditivos em sua composição. Estas diferenças de espessura e aditivação interferem na sua aplicabilidade e durabilidade quando da indicação à conservação de silagens; b) lona dupla face, constituída por duas ou três camadas de filmes plásticos produzidos a partir de polietileno de baixa densidade, espessura superior a 150 μm e com baixa ou nenhuma participação de material reciclado em sua composição, a qual mostra-se mais indicada a conservação de silagens, por melhor suportar a fermentação do silo e as condições de exposição ao sol e a chuva. O lado branco ou cinza volta-se a face externa do silo, pois assim os raios solares são refletidos, impedido a acumulação de calor, determinando menor dilatação e conseqüente penetração de oxigênio a face interna do silo, o que permite melhor preservação camada superficial da silagem.

De maneira geral, a forma mais utilizada de vedação pelos produtores de silagem baseia-se na aplicação de uma única lona plástica sobre a mesma, sendo o custo do polietileno o principal fator determinante a tal procedimento, não importando-se com a procedência do material, o peso da bobina de polietileno, a micragem real e se o polietileno foi confeccionado a partir de material virgem e/ou reciclável. Uma vedação não adequada à silagem pode determinar altos níveis de perdas de nutrientes, pois o oxigênio passa a ser integrante da silagem, desencadeando constante multiplicação de microrganismos aeróbios e conseqüente deterioração aeróbia (Borreani et al., 2007), ressaltando que o problema se

torna ainda maior em silos horizontais que permitem grande superfície de exposição e de trocas gasosas com o ambiente (Dickerson, 1992).

Segundo Kuzin e Savoie (2001), as perdas nas áreas periféricas do silo são influenciadas principalmente pela espessura do polietileno, onde tanto quanto menor for a espessura e/ou permeabilidade da lona, maiores são as perdas ao longo da estocagem, pois as flutuações da temperatura (evidente entre o dia e a noite) determinam diferenças de pressão entre os gases contidos no interior do silo a aqueles da atmosfera, promovendo fluxos de troca contínua destes, do interior para o exterior e vice-versa.

A contribuição mais expressiva da etapa de vedação do silo está em evitar-se a penetração de ar do ambiente externo para o interior. Contudo, há que se considerar que é comum o filme de polietileno apresentar permeabilidade ao oxigênio, em torno de 4.000 cm^3 de O_2/m^2 durante 24 horas a temperatura de 23°C (espessura da lona de 45 μm) a qual tende a aumentar notavelmente com a elevação da temperatura ambiental, passando para 12.000 cm^3 de O_2/m^2 durante 24 horas a temperatura de 50°C (Siqueira et al., 2005). Isto significa que durante o período do verão, quando as silagens são mais propensas à deterioração aeróbia, este fato se torna mais crítico pelo aumento da permeabilidade nas lonas. O problema é particularmente evidente nas áreas periféricas do silo, onde se verifica movimento gasoso devido à diferença de temperatura e pressão. No estudo de Ashbell e Kashanci (1987) as perdas na superfície do silo foram de 76% nas faces laterais, próximas às paredes e menores ao centro (16%).

Os filmes de polietileno utilizados na cobertura apresentam permeabilidade ao oxigênio, a qual tende a aumentar notavelmente com a elevação da temperatura ambiental (Degano, 1999), o que significa que durante o período do verão as silagens podem se tornar mais propensas à deterioração aeróbia, devido ao aumento da permeabilidade das lonas, com o conseqüente movimento gasoso devido à diferença de temperatura e pressão.

Segundo Bernardes (2006), entre as moléculas plásticas utilizáveis na vedação de silos, a poliamida é um polímero interessante pela sua menor

permeabilidade ao O₂, cerca de 90 vezes inferior ao polietileno, pois segundo a American Society for Testing and Materials Standards (AMSTD 3985-81), a permeabilidade do polietileno ao O₂, à temperatura de 23°C e umidade relativa de 85%, é de 178.000 cm³/m²/24h/bar/μm de espessura, enquanto a poliamida apresenta 2.000 cm³/m²/24h/bar/μm de espessura, cujos valores, aumentam notavelmente quando a temperatura é elevada a 50°C (534.00 e 10.000, respectivamente). Ressalta-se ainda, que além do efeito direto da espessura sobre a sua permeabilidade da lona, a sua coloração apresenta efeito indireto, uma vez que a permeabilidade aos gases é altamente dependente da temperatura do plástico e dilatação do mesmo (Honig, 1991).

Dentro do exposto acima, conforme dados da Tabela 12, em um trabalho de pesquisa avaliando o impacto da confecção da silagem de milho em um sistema de vedação convencional com aplicação um polietileno tipo dupla face, de 110 μm (refletora) comparativamente a outro em sistema de dupla vedação com aplicação dois polietilenos, um do tipo dupla face e outro do tipo transparente, ambos de 110 μm (barreira/refletora), sobre as variáveis de consumo de matéria seca, ganho de peso médio diário e conversão alimentar de novilhos confinados com dietas contendo 47% de concentrado na base seca, verificou-se resposta favorável ao sistema de dupla vedação.

Tabela 12. Consumo de matéria seca expresso em kg/dia, ganho de peso médio diário e conversão alimentar de novilhos terminados em confinamento com silagem de milho em dois sistemas de vedação.

Parâmetros	Vedação convencional (Refletora)	Dupla vedação (Barreira/refletora)	Média
Consumo de MS, kg/dia	9,28 b	10,04a	9,66
Ganho de peso, kg/dia	1,565b	1,810a	1,687
Conversão alimentar	6,06a	5,77a	5,91

Médias, na linha, seguidas de letras minúsculas diferentes diferem entre si pelo teste "F" a 5%.

Os dados da Tabela 12 indicam que os animais alimentados por 105 dias em confinamento com silagem de milho sob sistema de dupla vedação tiveram maiores consumos de matéria seca (10,04 contra 9,28 kg/animal/dia) e ganhos de peso (1,810 contra 1,565 kg/dia), sem no entanto alterar a conversão alimentar (5,77 contra 6,06) comparativamente à dieta com silagem de milho com vedação convencional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHBELL, G.; WEINBERG, Z.G. Top silage losses in horizontal silos. *Canadian Journal of Engineering*, v.34, p.171-175, 1992.
- BERNARDES, T. F. *Controle da deterioração aeróbia de silagens*. 2006. 103f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.
- BOLSEN, K.K.; BOLSEN, R.E. 2006. *Commun silage pitfalls*. p.5-13. In: PROC. OF THE PENN STATE DAIRY NUTRITION WORKSHOP: <http://www.das.psu.edu/dirynutrition/education/workshop2006/>
- BORREANI, G.; TABACCO, E.; CAVALLARIN, L. A new oxygen barrier film reduces aerobic deterioration in farm-scale corn silage. *Journal of Dairy Science*, v.90, n.10, p.4701-4706, 2007.
- CAETANO, H. *Avaliação de onze cultivares de milho colhidos em duas Alturas de corte para produção de silagem*. 2001. 178f. (Tese de Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.
- DEMARQUILLY, C. Facteurs de variation de la valeur nutritive du maïs ensilage. *INRA: Production Animal*, França v. 7, n. 3, p. 177-189, 1994.
- DAPONTE, T. Coextruded films in silage. *Plasticulture*, v.90, p.35-44, 1992.
- DEGANO, L. Improvement of silage quality by innovative covering system. In: *THE INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 12th, 1999, Uppsala. Proceedings...* Uppsala, p. 296-297, 1999.

DICKERSON, J. T. **Rate and extent of top spoilage losses in horizontal silos.** Dissertation - Doctor of Philosophy, Kansas State University, Manhattan, 1992, 138p.

GOMES, M. de S. **Valor genético de linhagens de milho na produção e digestibilidade da silagem.** 2003. 135f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

HONIG, H. **Reducing losses during storage and unloading of silage.** In: PAHLOW, G; HONIG, H (Eds). Forage conservation towards 2000. 1.ed. Braunschweig: European Grassland Federation, p.116-128, 1991.

HUNT, C.W.; KEZAR, W.; HINMAN, D.D. et al. Effects of hybrid and ensiling and without a microbial inoculant on the nutritional characteristics of whole plant corn. **Journal of Animal Science**, v.71, n.1, p.38-43, 1992.

HUTJENS, M. Selecting corn silage varieties. Disponível em: <http://dairynet.outrreach.uiuc.edu/fulltest.cfm?section = 1 & document ID = 408> Acesso em 15/01/2006.

JOHNSON, L. M.; HARRISON, J.H.; DAVIDSON, D. J. et al. Corn silage management I: Effects of hybrid, maturity, and mechanical processing on chemical and physical characteristics. **Journal Dairy Scienc.** v.85, n.4, p.833-853, 2002.

KONONOFF, P.J.; HEINRICHS, A.J.; LEHMAN, H.A. The effect of corn silage particle size on eating behavior, chewing activities, and rumen fermentation in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.86, n.10, p.3343-3353, 2003.

KUZIN, V.; SAVOIE, P. Modeling air infiltration in bunker silos to optimize the cover. In: ANNUAL INTERNATIONAL MEETING SPONSORED. Sacramento: ASAE. 2001, 10p.

LAUER, J.G.; COORS, J.G.; FLANNERY, P.J. Forage yield and quality of corn cultivars developed in different areas. **Crop Science**, v.41, p.1449-1455, 2001.

LAUER, J. Corn silage and quality trade-offs when changing cutting height. **Agronomy Advice**, 1998. Disponível em: <http://corn.agronomy.wisc.edu/Publications/Advice, 1998/Cutting Height Yield. Acesso em: 15/02/2006.

LAVEZZO, W.; LAVEZZO, O.E.N.; CAMPOS NETO, O. Estádio de desenvolvimento do milho. Efeito sobre a produção, composição da planta e qualidade da silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.4, p.675-682, 1997.

LOPES, N.F.; MAESTRI, M. Crescimento, morfologia, partição de assimilados e produção de matéria seca do milho (*Zea mays* L.) cultivado em três densidades populacionais. **Revista Ceres**, v.28, n.157, p.268-288, 1981.

NEUMANN, M.; LUPATINI, G.C. **Sistemas de forrageamento e alternativas para intensificação da produção de carne bovina integrados à lavoura.** In: MELLO, N.A.; ASSMANN, T.S. ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL, 1., Pato Branco: CEFET-PR, p.217-243, 2002.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; COSTA, E. C. da et al. Silagens de diferentes híbridos de milho (*Zea mays*, L.) avaliados pelo desempenho de bezerros confinados. **Revista Brasileira da Agrociência**, Pelotas, v.9, n.3, p.263-268, 2003.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; BRONDANI, I.L. et al. Avaliação de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) e milho (*Zea mays*, L.) na produção do novilho superprecoce. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.3, n.3, p.438-452, 2004.

NEUMANN, M. **Efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho (*Zea mays* L.) sobre perdas, valor nutritivo de silagens e desempenho de novilhos confinados.**, 2006, 203f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.

NUSSIO, L.G.; MANZANO, R.P. Silagem de milho, In: Simpósio sobre Nutrição de Bovinos: Alimentação suplementar, 7. Piracicaba, 1999. **Anais...** Piracicaba, FEALQ, 1999. p.27-46.

NUSSIO, L.G.; ZOPOLLATO, M.; MOURA, J.C. Metodologia de avaliação e aditivos. WORKSHOP SOBRE MILHO PARA SILAGEM, 2. 2001, [Piracicaba, SP]. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. 127 p.

OLIVEIRA, M.R. **Efeito do estágio de maturação na qualidade de silagens de milho na resposta econômica de novilhos confinados.** Guarapuava, 2010, 125p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Centro Oeste, 2010.

PAZIANI, S.L.; DUARTE, A.P; NUSSIO, L.G. et al. Características agronômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.3, p.411-417, 2009.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. Como a planta de milho se desenvolve. Potafos: Arquivo Agrônomo, n.15, 2003, 20p. (Informações Agronômicas, n.103 - setembro/2003).

SILVA, L. F. P. Avaliação de características agronômicas e nutricionais de híbridos de milho para silagem. 1997. 98f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

SIQUEIRA, G.R; BERNARDES, T.F.; REIS, R.A. Instabilidade Aeróbia de Silagens: Efeitos e Possibilidades de Prevenção. In: REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; BERTIPAGLIA, L.M.A. (Eds). *Volumosos na Produção de Ruminantes*. 2 ed. Jaboticabal: Funep, p.25-60, 2005.

THOMAS, E.D.; MANDEBVU, P.; BALLARD, C.S. et al. Comparison of corn silage hybrids for yield, nutrient, composition, *in vitro* digestibility, and milk yield by dairy cows. *Journal Dairy Science*, v.84, p.2217-2226, 2001.

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

VILELA, H. H Cultivares de milho ensiladas em diferentes estádios de maturidade. 2006. 102f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade José do Rosário Vellano, Alfenas, 2006.

ZOPOLLATTO, M. Avaliação do efeito da maturidade de cultivares de milho (*Zea mays* L.) para silagem sobre a produtividade, composição morfológica e valor nutritivo da planta e seus componentes. 2007. 210f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2007.

RELAÇÃO CUSTO BENEFÍCIO NA PRODUÇÃO DE SILAGEM COM MILHO Bt¹

Geraldo Balieiro Neto²
 Roberto Botelho Ferraz Branco²
 Terezinha Monteiro dos Santos Cividanes²
 José Ramos Nogueira²
 Maria do Rosário Fernandes Felix³
 Luiz Carlos Roma Junior²
 Mauro Sartori Bueno²
 Evaldo Ferrari Junior²
 Rosana Possenti⁴
 Fernando Manuel de Campos Trindade Rei¹

INTRODUÇÃO

Eficiência e escala de produção são imprescindíveis para obtenção de retornos financeiros compensatórios na atividade pecuária. O aumento da produtividade demanda maior produção de energia digestível por área, a fim de suprir plenamente as exigências nutricionais dos animais ao longo do ano de forma menos dispendiosa.

O custo com alimentação dos animais se eleva no período seco do ano devido à redução no crescimento das plantas forrageiras. Segundo Magalhães *et al.* (2004) as despesas com alimentação atingem 64,9% da receita obtida com a venda do leite e no período seco a silagem e os grãos de milho (*Zea mays*), compõem a maior parte da ração animal. O milho representa a principal cultura armazenada em forma de silagem para utilização ao longo do período de estiagem, devido à possibilidade de boas produções com alto valor nutritivo.

O armazenamento de forragem na forma de silagem para

¹ Financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq
² Pesquisador Científico da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo - APTA/SAA. e-mail: geraldobalieiro@apta.sp.gov.br;
³ Prof. Dr. Auxiliar do Departamento de Fitotecnia do ICAAM / Universidade de Évora, Portugal.

alimentação dos animais no período da seca é um processo de custo elevado, cujo benefício relaciona-se diretamente com o volume e qualidade da massa produzida. As silagens de milho no Brasil possuem média qualidade e rendimento abaixo do potencial da planta no que diz respeito à produção de energia digestível por área. O alto custo da produção de silagem, muitas vezes decorre da baixa produtividade das culturas. Fatores como adubação e correção da acidez do solo, controle de invasoras e pragas, escolha da época certa para o corte, tamanho adequado de partículas, tempo de fechamento do silo, densidade alcançada com a compactação e vedação, tipo de silo e lona utilizada na vedação, controle de contaminação e manejo após abertura quando não executados corretamente, podem acarretar sérias perdas econômicas na produção de bovinos.

A utilização de cultivares modernos, mais produtivos, adaptados às condições locais e resistentes a pragas pode representar ganhos efetivos em produtividade desde que não ocorram fatores limitantes a manifestação do potencial produtivo dessas culturas.

A lagarta-do-cartucho, uma das principais pragas do milho no Brasil, distribui-se em todas as regiões de cultivo e pode reduzir a produção em até 38,7% (Williams & Davis 1990). O controle é convencionalmente realizado por produtos químicos e biológicos e sua necessidade condiciona-se ao nível de infestação.

No ano de 2007 a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança liberou a comercialização de híbridos geneticamente modificados resistentes a pragas. A tecnologia desenvolvida em híbridos de milho contendo o gene da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt), que expressa a proteína Cry1Ab, tornou os híbridos resistentes ao ataque da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), lagarta-da-espiga (*Helicoverpa zea*) e broca do colmo (*Diatraea saccharalis*) (Avisar et al., 2009), reduzindo o controle químico e os custos com a aplicação de defensivos.

Vários trabalhos comparando híbridos de milho transgênicos com suas contrapartes convencionais, demonstraram equivalência da composição química da silagem e produção e composição do leite (Faust & Miller, 1997; Folmer et al., 2002; Donkin et al., 2003; Calsamiglia et al., 2007;

Faust et al., 2007). De acordo com Wiedemann et al. (2006) é improvável que uma proteína Cry1Ab inteira e funcional seja encontrada no rúmen após 8 horas de incubação. Segundo Singhal et al. (2006) não foi possível detectar a proteína codificada pelos genes *cry1Ac* e *cry2Ab* no sangue ou no leite dos animais alimentados. Dessa forma, os alimentos derivados de animais recebendo forrageiras modificadas geneticamente são considerados tão seguros quanto àqueles derivados de animais alimentados com forragem convencional, (Flachowsky et al., 2005; Phipps et al., 2006).

O foco deste trabalho foi avaliar os benefícios econômicos do cultivo de híbridos de milho transgênicos destinados à confecção de silagem para alimentação animal utilizando como parâmetros a produção e qualidade da forragem. Para tanto foram observadas a produção agrônômica, características morfológicas, perdas fermentativas, perdas aeróbias, composição química, digestibilidade *in vivo*, desempenho animal e os custos, das sementes e com aplicação de inseticidas.

A decisão de qual híbrido ensilar é de grande importância no planejamento da atividade pecuária bovina e demanda avaliação técnica e econômica. O texto que segue tem como base os resultados de uma série de ensaios comparando a utilização dos híbridos de milho DKB 390 da Dekalb e AG 8088 da Agrocereis contendo o gene *cry1Ab* com suas respectivas contrapartes convencionais sem o gene Bt (isogênicos próximos). As pesquisas foram conduzidas no Pólo Centro Leste da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo - APTA/SAA e tiveram auxílio financeiro da FAPESP e CNPq.

INFESTAÇÃO POR PRAGAS E CONCENTRAÇÃO DA PROTEÍNA Cry1Ab

O resultado da comparação entre híbridos transgênicos e suas contrapartes convencionais ou isogênicos próximos, está diretamente relacionado ao nível de infestação por pragas e a resistência natural do híbrido convencional de origem. Neste trabalho a lavoura foi submetida a

cinco avaliações de infestação pela lagarta-do-cartucho e quatro avaliações de infestação pela lagarta-da-espiga, ambas em intervalos de 15 dias e em 25 plantas por tratamento.

A cada avaliação foram observadas a quantidade e o tamanho das lagartas e utilizada uma escala com notas de 0 a 5 para avaliação de danos, de acordo com Carvalho (1970), para avaliação da lagarta-do-cartucho, onde: 0 - plantas sem folhas danificadas; 1 - plantas com raspadura nas folhas; 2 - plantas apresentando furos nas folhas; 3 - plantas apresentando dano nas folhas e alguma lesão no cartucho; 4 - plantas apresentando cartucho destruído; 5 - plantas mortas. Para avaliação da lagarta-da-espiga foi utilizada a escala proposta por Widstrom (1967), com notas de 0 a 4, onde 0 - não existe inseto na espiga; 1 - o inseto penetrou na espiga comendo o estilo-estigma sem atingir a ponta do sabugo; 2 - o inseto penetrou até o sabugo, não se aprofundando mais que 1 cm; 3 - o inseto penetrou até o sabugo, não se aprofundando mais que 2 cm; 4 - o inseto penetrou até o sabugo, não se aprofundando mais que 3 cm.

Em média as incidências das lagartas-do-cartucho e das lagartas-da-espiga foram de 56% nos híbridos convencionais com uma aplicação de deltametrina a 2,8%, aos 40 dias após o plantio, e as incidências das mesmas nos híbridos transgênicos, sem aplicação de inseticida, foram de 16,4% e 35%, respectivamente.

O efeito da introdução do gene *Bt* sobre a redução da infestação por pragas menores que 15 mm foi mais expressivo no controle da lagarta-do-cartucho ($p < 0,001$) quando comparado ao controle da lagarta-da-espiga ($p = 0,054$) e houve redução de danos nas plantas provocados por ambas as lagartas ($p < 0,001$) (Tabelas 1 e 2) (Balieiro et al. 2010d).

A intoxicação provocada pela proteína Cry1Ab produzida pelo gene *Bt* ocorre nas células epiteliais do sistema digestivo das pragas e, portanto, a infestação inicial é necessária para que as lagartas consumam tecidos da planta transgênica e venham a se intoxicar. O fato da lagarta da espiga ter maior sobrevivência após a ingestão de tecidos da planta é coerente com a menor concentração da toxina *Bt* no grão quando comparada com a concentração da toxina *Bt* na folha (10 ug/g versus 0,5 ug/g de proteína

Cry1Ab) (Tabela 3).

A infestação de lagarta-do-cartucho menor que 15 mm no híbrido DKB 390 transgênico foi superior ao híbrido AG 8088 transgênico, aos 29 dias (0,36 vs 0,08) e aos 36 dias (0,28 vs 0,08) após o plantio, demonstrando que o híbrido AG 8088 foi mais responsivo à introdução do gene *Bt* que o DKB 390. Este resultado é coerente com a menor concentração de toxina *Bt* na folha do híbrido DKB 390 relativamente à concentração de toxina *Bt* na folha do híbrido AG 8088 (Tabela 3).

Tabela 1: Danos causados pela *Spodoptera frugiperda* em híbridos de milho contendo o gene *Bt* e em suas contrapartes sem o gene *Bt* com base na escala de danos de 0 a 5

Dias após o plantio	Híbrido	Híbridos convencionais				Híbridos transgênicos			
		Média	SE	Média	SE	Média	SE	Média	SE
15	DKB	1,76 ^a	±0,14			1,28 ^{b*}	±0,20		
	AG	2,08 ^a	±0,27			1,04 ^{b*}	±0,11		
	DKB x AG	1,76 ^a	±0,14	2,08 ^a	±0,27	1,28 ^a	±0,20	1,04 ^a	±0,11
22	DKB	2,52 ^a	±0,12			1,80 ^{b**}	±0,15		
	AG	2,28 ^a	±0,12			1,60 ^{b**}	±0,11		
	DKB x AG	2,52 ^a	±0,12	2,28 ^a	±0,12	1,80 ^a	±0,15	1,60 ^a	±0,11
29	DKB	2,44 ^a	±0,15			1,60 ^{b**}	±0,20		
	AG	2,68 ^a	±0,15			1,52 ^{b**}	±0,12		
	DKB x AG	2,44 ^a	±0,15	2,68 ^a	±0,15	1,60 ^a	±0,20	1,52 ^a	±0,12
36	DKB	2,68 ^a	±0,13			1,72 ^{b**}	±0,11		
	AG	2,84 ^a	±0,09			1,52 ^{b**}	±0,10		
	DKB x AG	2,68 ^a	±0,13	2,84 ^a	±0,09	1,72 ^a	±0,11	1,52 ^a	±0,10
42	DKB	2,92 ^a	±0,13			1,60 ^{b**}	±0,10		
	AG	2,80 ^a	±0,13			1,68 ^{b**}	±0,14		
	DKB x AG	2,92 ^a	±0,13	2,80 ^a	±0,13	1,60 ^a	±0,10	1,68 ^a	±0,14

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste de Mann-Whitman U; * $p < 0,05$; ** $p < 0,001$

Tabela 2 Danos causados pela *Helicoverpa zea* em híbridos de milho contendo o gene *Bt* e em suas contrapartes sem o gene *Bt* com base na escala de notas de 0 a 4.

Dias após o plantio	Híbrido	Híbridos convencionais				Híbridos transgênicos			
		Média	SE	Média	SE	Média	SE	Média	SE
57	DKB	2,32 ^a	±0,16			0,68 ^{b***}	±0,17		
	AG	1,84 ^a	±0,15			0,60 ^{b***}	±0,17		
	DKB x AG	2,32 ^a	±0,16	1,84 ^{b*}	±0,15	0,68 ^a	±0,17	0,60 ^a	±0,17
71	DKB	1,12 ^a	±0,13			0,56 ^{b*}	±0,10		
	AG	0,84 ^a	±0,14			0,72 ^a	±0,11		
	DKB x AG	1,12 ^a	±0,13	0,84 ^a	±0,14	0,56 ^a	±0,10	0,72 ^a	±0,11
78	DKB	1,40 ^a	±0,19			0,64 ^{b*}	±0,16		
	AG	0,96 ^a	±0,20			1,04 ^a	±0,17		
	DKB x AG	1,40 ^a	±0,19	0,96 ^a	±0,20	0,64 ^a	±0,16	1,04 ^a	±0,17
85	DKB	2,32 ^a	±0,17			1,00 ^{b***}	±0,19		
	AG	1,80 ^a	±0,16			1,40 ^a	±0,18		
	DKB x AG	2,32 ^a	±0,17	1,80 ^{b*}	±0,16	1,00 ^a	±0,19	1,40 ^a	±0,18

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste de Mann-Whitman U; *p<0,05; **p<0,001

Amostras da planta inteira coletadas no momento da ensilagem foram separadas em folha, colmo e grãos e imediatamente congeladas. No dia seguinte cada uma das partes foi encaminhada ao Instituto de Zootecnia de Nova Odessa/SP e submetidas ao processo de secagem por liofilização. As amostras liofilizadas foram moídas e analisadas quanto à concentração da proteína Cry1Ab no Laboratório de Virologia do Departamento de Fitotecnia da Universidade de Évora, Portugal. O método utilizado para detecção da proteína Cry1Ab em sementes e folhas foi o teste ELISA através do kit AP-003-CRBS da Enviroligix. A enzima conjugada ao anticorpo foi a peroxidase resultando em uma cor azul que se transforma em alaranjado, após adição da solução de paragem, lida a um comprimento de onda de 450 nm. Para o teste quantitativo, foi obtida uma curva de calibração diluindo-se a concentração de 50 g/kg de proteína Cry1Ab fornecido pela European Commission Joint Research Centre. Para transformar a porcentagem de OGM para ng/g de proteína Cry1Ab foi utilizada a equação obtida por Volpe et al. (2006) ($y = 2,06x + 0,01$, $R^2 = 97$). Os valores de leitura em espectrofotômetro das folhas

e colmos foram subtraídos dos valores de leitura das amostras não transgênicas de colmo e folhas de seus respectivos híbridos, utilizados como controles negativos. No caso do grão, como foi constatada a presença da proteína Cry1Ab nos híbridos convencionais descontou-se o valor de leitura do controle negativo.

Os valores das concentrações de proteína Cry1Ab nas folhas foram coerentes aos mencionados pela AGBIOS (2002) de 7,93 a 10,34 ug/g de tecido fresco e aos encontrados por Székács et al. (2010) de 4,82 a 10,05 ug/g de tecido fresco (Tabela 3). Os valores de concentração da proteína Cry1Ab nos grãos são condizentes aos valores encontrados por Sanders et al. (1998), entre 0,31 e 0,57 ug/g de tecido fresco. Os valores de concentração da proteína Cry1Ab no colmo estiveram acima do limite superior da amplitude encontrada por Nguyen & Jehle (2007) em colmos de 2,61 ug/g de tecido fresco (Tabela 3). Os híbridos de milho contendo o gene *cry1Ab* produzem as toxinas *Bt* em tecidos e em tempos de maneira específica (Abel & Adamczyl, 2004). De acordo com Nguyen & Jelh (2007) há ausência quase completa de informações da expressão da proteína Cry1Ab nos híbridos transgênicos contendo o gene *cry1Ab* em diferentes estádios de crescimento. O fenômeno de variação de produção da toxina *Bt* pelas plantas ainda não foi completamente esclarecido e o nível de exposição no campo permanece desconhecido.

Tabela 3 Concentração de proteína Cry1Ab em diferentes partes dos híbridos de milho AG 8088 e DKB 390 amostrados aos 85 dias após o plantio

	Folha (ug/g de tecido fresco)					
	Média	Std Desvio	Std Error	Mínimo	Máximo	Anova
AG 8088	8,764 ^a	0,254	0,084	8,34	9,16	p<0,0001
DKB 390	7,361 ^b	0,442	0,147	6,60	7,89	
	Colmo (ug/g de tecido fresco)					
	Média	Std Desvio	Std Error	Mínimo	Máximo	Anova
AG 8088	5,695 ^a	0,438	0,146	5,06	6,27	p=0,450
DKB 390	5,558 ^a	0,301	0,100	5,16	6,12	
	Grão (ug/g de tecido fresco)					
	Média	Std Desvio	Std Error	Mínimo	Máximo	Anova
AG 8088	0,326 ^b	0,068	0,022	0,23	0,42	P=0,039
DKB 390	0,419 ^a	0,103	0,034	0,31	0,59	

Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa
DKB 390 = híbrido de milho da Dekalb; AG 8088 = híbrido de milho da Agroceres
Std Desvio = desvio padrão; Std Error = erro padrão da média

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS, ESTRUTURAIS E PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA

O corte das lavouras foi realizado no momento em que os grãos encontravam-se no estágio de 1/3 a 2/3 da linha do leite. Os tratamentos foram colhidos com a mesma idade cronológica e após a colheita a planta foi separada em colmo, espiga, folha, material morto e pendão.

A variação das condições climáticas entre os anos de estudo associada às características dos híbridos como a velocidade de crescimento, ciclo vegetativo, exigência em nutrientes, resistência ao déficit hídrico e a pragas, promoveram diferentes produções agrônômicas entre o primeiro e segundo ano do trabalho.

No primeiro ano de pesquisa a produção de matéria seca dos híbridos transgênicos foi equivalente à suas respectivas contrapartes convencionais (Balieiro et al., 2010d) (Tabela 4). No segundo ano houve maior produção dos híbridos transgênicos (Tabelas 5). A altura da planta e da espiga no primeiro ano e altura da espiga no segundo ano foram superiores nos híbridos contendo o gene *cry1Ab* quando comparados com suas respectivas contrapartes convencionais sem o gene *cry1Ab* (Tabelas 4 e 5). Os híbridos contendo o gene *cry1Ab* tiveram maior quantidade e percentual de material morto quando comparados as suas respectivas contrapartes convencionais sem o gene *cry1Ab* (Tabelas 4 e 5). No segundo ano, as produções de colmo, folha, material morto e pendão dos híbridos contendo o gene *cry1Ab* foram superiores às suas contrapartes convencionais sem o gene *cry1Ab*, sem efeito quanto à produção de espigas, verificando-se menor relação espiga: colmo comparativamente às contrapartes convencionais sem o gene *cry1Ab* (Tabela 5).

O aumento na produção de matéria seca no segundo ano pode ser atribuído ao alongamento do colmo ou devido ao avanço na maturidade da planta. Como o ponto de colheita para ensilagem ocorre antes do momento de máxima produção de matéria seca, com a antecipação no enchimento dos grãos, os híbridos transgênicos podem ter acumulado mais matéria seca.

Tabela 4 Características morfológicas, estruturais e produtivas dos híbridos de milho DKB 390 e AG 8088 contendo o gene *cry1Ab* versus suas contrapartes convencionais sem o gene *cry1Ab*, primeiro ano.

	Efeito Principal		Interações				Probabilidade		
			DKB 390		AG 8088		CV	Bt	Interação
	não Bt	Bt	não Bt	Bt	não Bt	Bt			
n de Plantas/ha	59443	60332	57332	59110	61554	61554	4,45	NS	NS
Planta (t ms/ha)	12,27	13,26	11,23	12,75	13,32	13,77	12,47	NS	NS
Colmo (t ms/ha)	3,577 ^b	3,979 ^a	3,330	3,838	3,825	4,120	12,79	--	NS
Espiga (t ms/ha)	6,032	6,576	5,357	6,535	6,706	6,618	17,69	NS	NS
Folha (t ms/ha)	2,277	2,227	2,254	2,081	2,300	2,374	22,22	NS	NS
Morto (t ms/ha)	0,141 ^b	0,244 ^a	0,076	0,131	0,207	0,356	48,30	*	NS
Pendão (t ms/ha)	0,202 ^b	0,239 ^a	0,121	0,170	0,283	0,307	17,38	--	NS
Colmo (%)	29,24	30,05	29,77	30,20	28,71	29,91	4,52	NS	NS
Espiga (%)	49,22	49,63	48,11	51,30	50,34	47,97	12,04	NS	NS
Folha (%)	18,60	16,87	19,95	16,36	17,26	17,37	22,87	NS	NS
M. morto (%)	1,14 ^b	1,79 ^a	0,73	1,07	1,56	2,51	40,99	*	NS
Pendão (%)	1,61	1,80	1,10	1,36	2,12	2,25	17,95	NS	NS
h Planta (m)	1,89 ^b	2,03 ^a	1,74	1,91	2,05	2,16	4,34	**	NS
H Espiga (m)	0,93 ^b	1,05 ^a	0,94	1,11	0,91	1,00	7,27	**	NS

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%

não Bt = isogênicos próximos de DKB 390 ou AG 8088 que não contem o gene *cry1Ab* (contraparte convencional)

Probabilidade = resultado da análise de variância (NS = p>0,07; -- = p<0,07; *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001)

Bt = *Bacillus thuringiensis* (Bt) e Interação = Híbrido x OGM

DKB 390 = híbrido de milho da Dekalb; AG 8088 = híbrido de milho da Agrocerec

Manejo da lavoura: Adubação de 250 kg de 24-28-20 para todos os tratamentos e uma aplicação de deltametrina aos 40 dias após o plantio somente na lavoura convencional.

Em suma, comparando-se plantas com a mesma idade, os menores danos por pragas nos híbridos contendo o gene *cry1Ab*, colhidos para ensilagem com 30% de matéria seca, resultaram em alongamento do colmo, maior altura da planta e da espiga, maior quantidade de material morto e colmo e menor percentual de espigas na massa.

Tabela 5 Características morfológicas, estruturais e produtivas dos híbridos de milho DKB 390 e AG 8088 contendo o gene *cry1Ab* versus suas contrapartes convencionais sem o gene *cry1Ab*, segundo ano.

	Efeito Principal		Interações				CV	Probabilidade	
	não Bt	Bt	DKB 390		AG 8088			Bt	Interação
			não Bt	Bt	não Bt	Bt			
n de Plantas/ha	5,477 ^b	6,707 ^a	57332	70443	52221	63703	8,88	NS	NS
Planta (t ms/ha)	15,90 ^a	18,072 ^b	16,307	19,195	15,500	16,950	10,64	--	NS
Colmo (t ms/ha)	4,249 ^b	5,267 ^a	4,581	5,892	3,918	4,643	14,18	--	NS
Espiga (t ms/ha)	7,049	7,743	7,339	8,516	6,759	6,969	10,84	NS	NS
Folha (t ms/ha)	2,088 ^b	2,517 ^a	2,138	2,552	2,039	2,482	14,45	NS	NS
Morto (t ms/ha)	0,424 ^b	0,650 ^a	0,381	0,590	0,467	0,710	34,72	*	NS
Pendão(t ms/ha)	0,186 ^b	0,257 ^a	0,187	0,233	0,184	0,280	18,51	--	NS
Colmo (%)	30,57 ^a	29,90 ^a	31,33	33,10	29,81	26,71	11,14	NS	NS
Espiga (%)	50,49 ^a	39,41 ^a	50,03	47,64	50,94	31,19	22,83	NS	NS
Folha (%)	15,02 ^a	13,33 ^a	14,67	14,39	15,38	12,27	25,75	NS	NS
M. morto (%)	2,63 ^a	3,46 ^a	2,67	3,53	2,59	3,40	32,88	*	NS
Pendão (%)	1,27 ^b	1,66 ^a	1,30	1,32	1,25	2,00	13,86	NS	NS
h Planta (m)	1,98 ^a	1,91 ^a	1,99	2,08	1,97	1,73	12,55	**	NS
H Espiga (m)	1,12 ^b	1,53 ^a	1,18	1,30	1,05	1,76	21,46	**	NS
Espiga:colmo	1,67 ^a	1,46 ^b	1,60	1,43	1,74	1,48	7,59	**	NS

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%
 não Bt = isogênicos próximos de DKB 390 ou AG 8088 que não contem o gene *cry1Ab* (contraparte convencional)
 Probabilidade = resultado da análise de variância (NS = p>0,07; -- = p<0,07; *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001)
 Bt = *Bacillus thuringiensis* (Bt) e Interação = Híbrido x OGM
 DKB 390 = híbrido de milho da Dekalb; AG 8088 = híbrido de milho da Agroceres
 Manejo da lavoura: Adubação de 250 kg de 24-28-20 para todos os tratamentos e uma aplicação de deltametrina aos 40 dias após o plantio somente na lavoura convencional.

A colheita para ensilagem ocorre na fase reprodutiva da planta, momento em que o acúmulo de matéria seca deve-se ao crescimento da espiga, principalmente da fração de grãos, em detrimento da parte vegetativa. Um trabalho clássico de Giardini et al. (1976) demonstrou que no estágio "leitoso", os grãos representaram de 15 a 16% do peso seco total, no estágio "farináceo" cerca de 40% e na maturação fisiológica próximo a 50%. Nesta fase a planta se encontra em transformação tanto em quantidade como em qualidade, os carboidratos solúveis do colmo são transportados para espiga ocorrendo o enchimento dos grãos com acúmulo de matéria seca no peso seco total, promovendo rápida modificação dos componentes da planta.

Na ensilagem com híbridos contendo o gene *cry1Ab*, colhidos com 30% de matéria seca, com a mesma idade de seus isogênicos próximos, ocorrem dois efeitos aparentemente antagônicos quanto à qualidade nutritiva da planta e que podem resultar em maiores produções de matéria seca: a antecipação do enchimento dos grãos e maior participação do colmo na planta inteira devido ao seu alongamento durante a fase vegetativa. Com o avanço do estágio de maturação, o conteúdo celular da planta total aumenta devido à crescente participação de grãos ricos em amido, ocorrendo simultaneamente aumento dos carboidratos estruturais na fração vegetativa (colmo, folha e pendão) (Flachowsky et al., 1993). O crescimento ininterrupto e maior atividade metabólica dos híbridos contendo o gene *cry1Ab*, ao despendar menos energia para se defender das pragas, podem acelerar o transporte de carboidratos solúveis do colmo para os grãos, reduzindo a duração do intervalo entre grão leitoso e farináceo. Esta ocorrência encurta a janela de corte para ensilagem e faz com que o ponto de colheita influencie diretamente o efeito de redução dos danos por pragas nos híbridos contendo o gene *cry1Ab* sobre a qualidade da silagem, em função do ténue equilíbrio entre aumento do amido e perdas de digestibilidade da fração fibrosa.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA

As alterações na composição química dos híbridos contendo o gene *cry1Ab* e suas respectivas contrapartes convencionais sem o gene *cry1Ab* não se repetiram nos dois anos do trabalho. No primeiro ano as condições ambientais e a infestação por pragas prejudicaram a produção das lavouras em ambas as modalidades, Bt e não Bt. Nesta situação, quando a infestação e os danos foram altos, as diferenças na composição química podem variar de acordo com o momento da colheita e nível de infestação (Tabela 6), mas quando a infestação por pragas provoca danos menores, as composições químicas foram equivalentes (Tabela 7). As interações demonstraram que quando a infestação por pragas prejudica

o crescimento da planta as alterações na composição química são favoráveis aos híbridos transgênicos colhidos com menores teores de matéria seca (30%), mas podem ser desfavoráveis com maiores teores de matéria seca (33,5%), refletindo a dinâmica entre o enchimento dos grãos e teor de fibra no colmo (Tabelas 6). Os resultados do segundo estão de acordo com Calsamiglia et al. (2007), Faust et al. (2007), Faust (1999) e Faust e Spangler (2000) que encontraram composição química das modalidades de milho *Bt* e não *Bt*, equivalentes, (Tabela 7). Contudo, os trabalhos mencionados não referem o nível de infestação nem o manejo do controle de pragas adotado na lavoura convencional, os híbridos possuem características diferentes e a colheita foi realizada no momento em que as plantas possuíam entre 37 a 42% de matéria seca.

Tabela 6 Composição química de híbridos de milhos contendo o gene *cry1Ab* e de suas contrapartes convencionais sem o gene *cry1Ab*, primeiro ano

(% da MS)	Efeito Principal		Interações				CV	Probabilidade	
	não <i>Bt</i>	<i>Bt</i>	DKB 390		AG 8088			<i>Bt</i>	Interação
			não <i>Bt</i>	<i>Bt</i>	não <i>Bt</i>	<i>Bt</i>			
MS	30,86 ^b	31,62 ^a	29,18	29,80	32,55	33,45	1,17	***	NS
PB	6,46 ^b	7,40 ^a	6,66	7,52	6,26	7,27	2,64	***	NS
EE	2,08	2,19	2,20	2,21	1,97	2,16	6,09	NS	NS
FDN	55,11	48,59	55,11 ^a	40,15 ^b	55,10 ^a	57,02 ^a	5,36	***	***
NIDN	33,73	31,56	35,39 ^a	28,70 ^b	32,07 ^a	34,41 ^a	12,47	NS	*
FDA	27,92	28,50	27,94	28,26	27,90	28,75	3,23	NS	NS
NIDA	25,22	26,07	20,03	28,70	30,40	23,44	48,39	NS	NS
Lignina	3,67	3,72	3,47	3,69	3,88	3,75	9,33	NS	NS
Celulose	23,73	24,09	23,89	23,95	23,56	24,22	3,44	NS	NS
Hemicelulose	27,19	27,92	27,17	27,58	27,20	28,27	5,39	NS	NS
DIV	55,18 ^b	65,53 ^a	55,89	64,29	54,46	66,77	4,16	***	NS
CHO totais	88,16 ^a	86,79 ^b	87,67	86,58	88,64	86,99	0,40	***	NS
CNF	33,05 ^b	38,19 ^a	32,56 ^b	46,42 ^a	33,53 ^b	29,97 ^b	7,81	***	***
Minerais	3,28 ^b	3,61 ^a	3,45	3,67	3,11	3,56	4,34	***	NS
Ca	0,143 ^b	0,171 ^a	0,164 ^{ab}	0,164 ^{ab}	0,122 ^b	0,178 ^a	6,18	***	***
P	0,136 ^b	0,148 ^a	0,138	0,150	0,134	0,146	4,97	**	NS
K	0,879 ^b	0,923 ^a	1,004 ^a	1,002 ^a	0,754 ^c	0,844 ^b	3,85	*	*

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%
 não *Bt* = isogênicos próximos de DKB 390 ou AG 8088 que não contem o gene *cry1Ab* (contraparte convencional)
 Probabilidade = resultado da análise de variância (NS = p>0,07; -- = p<0,07; *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001)
Bt = *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) e Interação = Híbrido x OGM
 DKB 390 = híbrido de milho da Dekalb; AG 8088 = híbrido de milho da Agrocerec

No primeiro ano os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), digestibilidade *in vitro* (DIV), carboidratos não fibrosos (CNF), minerais e P dos híbridos contendo o gene *cry1Ab* foram superiores aos teores de suas contrapartes convencionais sem o gene *cry1Ab*. Efeitos de interação significativos mostraram menores teores de fibra em detergente neutro (FDN) e nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e maiores teores de CNF somente no DKB 390 contendo o gene *cry1Ab* e maiores teores de Ca e K somente no AG 8088 contendo o gene *cry1Ab* (colhido com 33,45% de MS) quando comparados com suas respectivas contrapartes convencionais sem o gene *cry1Ab* (Tabela 6). Entretanto, no segundo ano, houve redução dos teores de CNF nos híbridos DKB 390 contendo o gene *cry1Ab* quando comparados a sua contraparte convencional sem o gene *cry1Ab* (Tabela 7). No primeiro ano as piores condições climáticas fizeram o híbrido AG 8088 antecipar seu ciclo vegetativo e embora não tenham sido significativo, os teores de FDN, NIDN e CNF demonstraram perda de qualidade. No segundo ano, quando o AG 8088 contendo o gene *cry1Ab* foi colhido com 31,6% de MS ocorreu redução no teor de PB e maior teor de CNF, quando comparado à sua contraparte convencional sem o gene *cry1Ab* (Tabela 7). A perda de folhas com o avanço do estágio de maturação responde em parte pelo decréscimo do teor de proteína.

Tabela 7 Composição química de híbridos de milhos contendo o gene cry1Ab e de suas contrapartes convencionais sem o gene cry1Ab, segundo ano

(% da MS)	Efeito Principal		Interações				CV	Probabilidade	
	não Bt	Bt	DKB 390		AG 8088			Bt	Interação
			não Bt	Bt	não Bt	Bt			
MS	30,36	30,42	30,13	29,26	30,59	31,59	5,23	NS	NS
PB	7,28 ^a	6,57 ^b	6,89 ^{ab}	6,82 ^{ab}	7,68 ^a	6,32 ^b	8,33	*	--
EE	2,49 ^a	2,27 ^b	2,50	2,30	2,48	2,23	9,44	--	NS
FNDN	52,25	54,02	50,72	54,29	53,77	53,75	3,93	NS	NS
NIDN	12,34	13,03	12,20	12,04	12,48	14,02	14,67	NS	NS
FDA	27,82	28,70	27,93	29,07	27,72	28,33	5,35	NS	NS
NIDA	15,00	15,42	15,55	16,74	14,46	14,10	16,01	NS	NS
Lignina	4,11	4,31	3,75	4,20	4,46	4,42	9,63	NS	NS
Celulose	23,17	23,85	23,60	24,28	22,74	23,41	5,15	NS	NS
Hemicelulose	24,42	25,32	22,79	25,22	26,05	25,42	7,81	NS	NS
CHO totais	86,78 ^b	87,64 ^a	87,04	87,28	86,52	88,00	0,87	--	NS
CNF	34,52	33,61	36,31 ^a	32,97 ^b	32,74 ^b	34,24 ^a	6,69	NS	--
Minerais	3,44	3,51	3,57	3,59	3,32	3,44	7,95	NS	NS
Ca	0,146	0,158	0,150	0,165	0,142	0,152	14,58	NS	NS
P	0,175	0,168	0,175	0,175	0,175	0,165	5,15	NS	NS
K	0,876	0,842	0,885	0,875	0,867	0,810	8,99	NS	NS

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% não Bt = isogênicos próximos de DKB 390 ou AG 8088 que não contem o gene cry1Ab (contraparte convencional) Probabilidade = resultado da análise de variância (NS = p>0,07; -- = p<0,07; *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001) Bt = *Bacillus thuringiensis* (Bt) e Interação = Híbrido x OGM DKB 390 = híbrido de milho da Dekalb; AG 8088 = híbrido de milho da Agroceres

Os teores de CNF, no primeiro do DKB 390 e no segundo ano do AG 8088 ambos contendo o gene cry1Ab, foram superiores à suas respectivas contrapartes convencionais sem o gene cry1Ab. Embora ambos os híbridos sejam classificados como precoces as interações podem ter ocorrido devido ao fato do híbrido DKB 390 ser mais tardio que o AG 8088 e conseqüentemente, ter sido colhido com menor teor de matéria seca. Além disso, o DKB 390 tem o grão semiduro, enquanto o AG 8088 tem o grão duro. Os teores de carboidratos estruturais do colmo e carboidratos não estruturais dos grãos entre os híbridos variam de acordo com as condições ambientais e características de resistência, ciclo vegetativo e produção de cada híbrido. De acordo com Eberhart et al. (1995) a interação genótipo x ambiente representa expressiva fonte de variação em experimentos comparando híbridos de milho.

Faust et al. (2007) comparando híbridos contendo o gene cry1F não observaram diferenças na composição química da planta inteira, mas não foram relatados os níveis de infestação por insetos e as plantas transgênicas e convencionais foram colhidas com teor de matéria seca de 37,5% e 42,0%, respectivamente, o que pode ter nivelado as diferenças oriundas do maior enchimento dos grãos em estádios de menor maturidade. No trabalho de Faust et al. (2007) os teores de FDN e lignina do híbrido contendo o gene cry1F e de sua contraparte convencional sem o gene cry1F foram de 46,1 vs 38,0 e 5,35 vs 3,36, seguindo a mesma tendência de aumento da fração fibrosa observada na composição química do híbrido DKB 390 contendo o gene cry1Ab, no segundo ano (Tabela 7).

Uma das hipóteses de alteração no aproveitamento dos nutrientes de plantas transgênicas pelos animais estaria relacionada ao depósito de lignina na parede celular como mecanismo de defesa natural das plantas contra pragas (Ryals et al., 1994; Staskawicz et al., 1995), mas no momento de corte indicado para ensilagem, os resultados mostraram uma tendência inversa de aumento da fibra devido ao avanço na maturidade da planta transgênica, embora não tenham ocorrido diferenças significativas entre os teores de fibra no segundo ano (Tabela 7).

Com relação à composição química das folhas, colmos e espigas, os teores de minerais nos híbridos transgênicos indicam maior enchimento dos grãos e em particular o teor de P, devido à sua alta mobilidade na planta, contribuindo para elucidar as ocorrências de enchimento dos grãos. O percentual de P do híbrido AG 8088 contendo o gene cry1Ab foi inferior a sua contraparte convencional sem o gene cry1Ab na folha (1,58 vs 1,74) e no colmo (0,14 vs 0,26) e superior na espiga (1,76 vs 1,62), indicando a sua translocação para o enchimento dos grãos (Balieiro et al., 2010a). Embora o menor percentual de P no colmo dos híbridos contendo o gene cry1Ab (0,18 vs 0,24) e maior percentual na espiga dos mesmos (1,87 vs 1,64) indiquem translocação do nutriente do colmo para a espiga, a maior concentração na planta inteira no primeiro ano (tabela 6) não pode ser explicada pela translocação do nutriente do colmo para o grão. Não se sabe se a proteína Cry1Ab

atua no ambiente radicular influenciando a absorção de nutrientes. De acordo com Batista Junior et al. (2002), as plantas transgênicas podem liberar a toxina *Bt* da raiz quando se decompõem e inibir o crescimento de fungos fitopatogênicos. Essa eventual alteração na microbiota do solo pode alterar favoravelmente a absorção de nutrientes, mas não existem evidências científicas que comprovem essa ocorrência.

O híbrido DKB 390 contendo o gene *cry1Ab* teve menor percentual de PB (2,55 vs 3,12) e maior percentual de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) (35,81 vs 24,37) no colmo, entretanto houve maior percentual de CNF na espiga (66,19 vs 41,40) quando comparado a sua contraparte convencional sem o gene *cry1Ab*, em função do maior amadurecimento e enchimento dos grãos, compensando a perda de qualidade do colmo (Balieiro et al., 2010a). Estes efeitos não foram observados no híbrido AG 8088. Embora a digestibilidade *in vitro* da espiga do AG 8088 contendo o gene *cry1Ab* tenha sido superior à da espiga de sua contraparte convencional sem o gene *cry1Ab* (78,01 vs 51,39), devido ao maior enchimento dos grãos, o estágio fisiológico mais avançado do híbrido AG 8088 anulou os ganhos em digestibilidade com o enchimento dos grãos (Balieiro et al., 2010a). Os percentuais de proteína (12,15 vs 13,04) e de lignina (4,00 vs 3,73) das folhas dos híbridos contendo o gene *cry1Ab* foram inferiores e superiores aos híbridos convencionais sem o gene *cry1Ab*, respectivamente (Balieiro et al., 2010a). Os teores de K (15,60 vs 13,68) e a digestibilidade *in vitro* (48,53 vs 53,97) do colmo do AG 8088 contendo o gene *cry1Ab* foram superiores e inferiores a sua contraparte convencional sem o gene *cry1Ab*, respectivamente. Com o avanço no estágio de maturidade houve menor aproveitamento de constituintes fibrosos do colmo e maior produção de nutrientes altamente digestíveis na espiga. O balanço entre esses fatores e a proporção de cada uma dessas partes na planta definiram a qualidade dos nutrientes disponíveis para o armazenamento.

As composições químicas das silagens das lavouras do primeiro ano são apresentadas na Tabela 8. Os teores de MS, PB, EE, FDA, Ca e P da silagem dos híbridos contendo o gene *cry1Ab* foram superiores as suas

respectivas contrapartes convencionais sem o gene *cry1Ab*, assim como ocorrido com a composição química das plantas no momento do corte. Os teores de CHO totais das silagens de híbridos contendo o gene *cry1Ab* foram inferiores às silagens dos híbridos sem o gene *cry1Ab* devido à maior participação de PB, EE e minerais na massa ensilada. Se por um lado, nutrientes como EE e minerais indicam maior participação de grãos, contribuindo para melhor qualidade da silagem, por outro, o maior teor de FDA reduz a qualidade por ser negativamente relacionado à digestibilidade (Van Soest, 1978). O enchimento de grãos aumentou os teores de EE, Ca e P nas silagens de híbridos DKB 390 transgênicos, melhorando a qualidade da silagem. O maior teor de nitrogênio insolúvel em detergente ácido na silagem de AG 8088 transgênico, embora não tenha diferido estatisticamente, prejudicou a digestibilidade da fibra.

Tabela 8 Composição química das silagens de milhos contendo o gene *cry1Ab* e das silagens de suas contrapartes convencionais sem o gene *cry1Ab*

(% da MS)	Efeito Principal		Interações				CV	Probabilidade	
	não <i>Bt</i>	<i>Bt</i>	DKB 390		AG 8088			<i>Bt</i>	Interação
			não <i>Bt</i>	<i>Bt</i>	não <i>Bt</i>	<i>Bt</i>			
MS	27,64 ^b	28,25 ^a	28,37 ^a	28,37 ^a	26,91 ^b	28,12 ^a	1,61	*	*
CHO Totais	83,90 ^a	82,47 ^b	83,76	81,83	84,04	83,11	0,66	**	--
CNF	39,52	37,38	42,93	39,44	36,11	35,22	8,22	NS	NS
PB	8,42 ^b	9,25 ^a	8,67	9,70	8,17	8,81	3,54	***	NS
EE	3,49 ^b	3,99 ^a	3,53 ^b	4,27 ^a	3,46 ^b	3,70 ^a	7,65	**	--
FDN	44,38	45,09	40,83	42,39	47,93	47,79	7,54	NS	NS
FDA	20,00 ^b	21,34 ^a	18,78	19,74	21,23	22,95	7,88	--	NS
NIDA	1,67	1,77	1,45	1,39	1,89	2,14	15,51	NS	NS
Hemicelulose	24,37	25,29	22,05	22,65	26,70	27,93	16,17	NS	NS
Minerais	4,18 ^b	4,28 ^a	4,03	4,19	4,33	4,38	2,63	*	NS
Ca	0,171 ^b	0,192 ^a	0,168 ^b	0,198 ^a	0,174 ^{ab}	0,186 ^{ab}	2,61	***	**
P	0,181 ^b	0,199 ^a	0,180	0,202	0,182	0,196	8,96	*	NS
K	1,010	1,020	1,014	1,018	1,006	1,022	2,42	NS	NS

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%

não *Bt* = isogênicos próximos de DKB 390 ou AG 8088 que não contem o gene *cry1Ab* (contraparte convencional)

Probabilidade = resultado da análise de variância (NS = p>0,07; -- = p<0,07; *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001)

Bt = *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) e Interação = Híbrido x OGM.

DKB 390 = híbrido de milho da Dekalb; AG 8088 = híbrido de milho da Agrocerec

Embora as composições químicas dos híbridos de milhos contendo o gene *cry1Ab* e de suas contrapartes convencionais sem o gene *cry1Ab* sejam equivalentes em baixos níveis de infestação e danos por pragas, uma análise conjunta dos resultados de Calsamiglia et al. (2007), Donkin et al. (2003) e Faust et al. (2007) acrescidos aos resultados por hora relatados, permitem observar que quando os híbridos forem colhidos com menor teor de MS as alterações poderão favorecer a qualidade da silagem de milho contendo o gene *cry1Ab*, reduzindo os teores de fibra (FDN, FDA e lignina) (Faust et al., 2007). Por outro lado, quando os híbridos forem colhidos com teores de MS, semelhantes ou superiores aos de suas contrapartes convencionais, o teor de fibra dos híbridos geneticamente modificados pode aumentar (Calsamiglia et al. 2007; Donkin et al., 2003). Cabe considerar que Donkin et al. (2003) não usaram o isogênico mais próximo ao milho *Bt* (34F80BT vs 34E79 ambos da Pioneer), Calsamiglia et al. (2007) utilizaram híbridos isogênicos próximos e o milho *Bt* utilizado, além do gene *cry1Ab* continha também um gene introduzido no genoma da planta para lhe transferir resistência a herbicida (DK493 vs DK493RR/Bty) e no trabalho de Faust et al. (2007) foram testados milhos contendo o gene *cry1F* que promove resistência a insetos (*Ostrinia nubilalis*) (TC1507 vs sua contraparte convencional) (Tabela 9).

Tabela 9 Composição química das silagens de milhos geneticamente modificados

(% da MS)	Calsamiglia et al. (2007)		Donkin et al. (2003)		Faust et al. (2007)	
	não <i>Bt</i>	<i>Bt</i>	não <i>Bt</i>	<i>Bt</i>	não <i>Bt</i>	<i>Bt</i>
MS planta	39,5	40,1	± 40,0	± 40,0	42,0	37,5
MS silagem	36,6	38,5	41,0	43,0	45,0	42,2
FDN	38,1	41,8	41,5	43,2	45,2	43,9
FDA	18,5	20,7	25,2	25,2	29,4	27,7
Lignina	0,8	1,0	--	--	3,6	3,3
CNF	43,6	42,0	40,5	42,5	--	--
PB	8,9	8,2	7,9	7,8	8,6	8,8
EE	3,0	2,6	--	--	3,1	3,1
Ca	0,4	0,28	0,23	0,24	0,27	0,25
P	0,24	0,22	0,25	0,21	0,22	0,22
K	0,80	0,72	1,06	1,11	0,81	0,82

Adaptado de Calsamiglia et al. (2007), Donkin et al. (2003) e Faust et al. (2007).

CONSUMO E DIGESTIBILIDADE *in vivo*

O ensaio de digestibilidade *in vivo* foi realizado no Instituto de Zootecnia em Nova Odessa, SP. As silagens foram confeccionadas em tambores de 200 L em boas condições de compactação e vedação, com densidade de 600 kg/m³. As silagens de híbridos de milho contendo o gene *cry1Ab* ou de suas contrapartes convencionais sem o gene *cry1Ab* foram fornecidas para 20 carneiros machos e o consumo de matéria seca, ao redor de 2% do peso vivo, não diferiu (Tabela 10) (Balieiro et al., 2010c). A ausência de efeito sobre o consumo de matéria seca também foi observado por Calsamiglia et al. (2007), Donkin et al. (2003) e Faust et al. (2007).

Tabela 10. Consumo de matéria seca de silagens de milhos contendo o gene *cry1Ab* e das silagens de suas contrapartes convencionais sem o gene *cry1Ab*

Efeito Principal (%)	Interações						Probabilidade		
	DKB 390		AG 8088		CV	<i>Bt</i>	Interação		
	não <i>Bt</i>	<i>Bt</i>	não <i>Bt</i>	<i>Bt</i>					
g/kg de PV	19,86	20,33	19,98	19,69	19,75	20,97	11,44	NS	NS
% do PV	1,98	2,03	1,99	1,96	1,97	2,09	11,50	NS	NS
% do PV ^(0,75)	9,39	9,57	9,44	9,34	9,35	9,79	8,66	NS	NS

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste Tukey a 5%
 não *Bt* = isogênicos próximos de DKB 390 ou AG 8088 que não contem o gene *cry1Ab* (contraparte convencional)
 Probabilidade = resultado da análise de variância (NS = p>0,07; -- = p<0,07; *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001)
Bt = *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) e Interação = Híbrido x OGM.
 DKB 390 = híbrido de milho da Dekalb; AG 8088 = híbrido de milho da Agroceres

Os resultados obtidos indicaram uma interação significativa entre o efeito da introdução do gene *Bt* e híbridos (Dekalb e Agroceres) sobre a digestibilidade dos nutrientes (Tabela 11). Na idade com que foram colhidos e sob as condições ambientais em que os híbridos foram cultivados a introdução do gene *Bt* foi benéfica a qualidade da silagem do DKB 390, mas prejudicou a qualidade da silagem de AG 8088. Esta ocorrência esteve associada à maturidade da planta de forma que a planta mais tardia foi beneficiada e a mais precoce prejudicada pela introdução do gene *Bt*. As plantas transgênicas crescem mais

rapidamente que as convencionais em função dos menores danos por pragas e as conseqüências desse efeito variam com o ponto de colheita. Além disso, o ciclo vegetativo parece ter sido antecipado no primeiro ano devido a condições de estresse hídrico.

Quando o milho mais tardio (DKB 390) foi colhido com 30% de matéria seca o maior enchimento dos grãos nos híbridos transgênicos prevaleceu a outras ocorrências contribuindo para melhor qualidade da silagem. O amido presente no grão é mais estável na silagem que os carboidratos solúveis do colmo e é altamente digestível. Por outro lado, quando o milho mais precoce (AG 8088) foi colhido com 33,5% de matéria seca, a perda de digestibilidade da fração fibrosa não foi compensada pela maior participação dos grãos, reduzindo a qualidade da silagem.

Tabela 11 Digestibilidade dos nutrientes e nutrientes digestíveis totais das silagens de milhos contendo o gene *cry1Ab* e das silagens de suas contrapartes convencionais sem o gene *cry1Ab*

Efeito Principal (%)	Interações						CV	Probabilidade	
	DKB 390		AG 8088		Bt	Interação		Bt	Interação
	não Bt	Bt	não Bt	Bt					
Matéria seca	59,65	59,21	61,74 ^b	64,01 ^a	56,68 ^c	55,30 ^c	8,50	NS	*
Mat. orgânica	68,47 ^a	66,95 ^b	69,99 ^a	70,19 ^a	66,94 ^b	63,71 ^c	6,50	*	**
PB	46,64 ^b	49,11 ^a	48,81 ^b	53,96 ^a	44,47 ^c	44,26 ^c	15,24	*	*
EE	82,70 ^b	84,11 ^a	81,47 ^c	85,46 ^a	83,92 ^b	82,76 ^{bc}	3,10	***	***
CNF	88,83 ^a	86,33 ^b	91,06 ^a	87,40 ^b	86,60 ^{bc}	85,26 ^c	3,80	***	*
CHO totais	63,15	61,91	64,84 ^a	66,20 ^a	61,45 ^b	57,61 ^c	8,05	NS	**
FDA	29,33 ^b	35,38 ^a	27,16 ^b	40,32 ^a	31,51 ^b	30,44 ^b	30,03	***	***
FDN	39,60	41,66	36,66 ^b	46,24 ^a	42,54 ^a	37,09 ^b	19,14	--	***
Hemicelulose	48,29	48,77	44,35 ^b	49,48 ^{ab}	52,23 ^a	48,07 ^{ab}	22,98	NS	**
K	67,61 ^b	75,23 ^a	70,68 ^b	76,38 ^a	64,54 ^b	74,08 ^a	8,18	***	*
NDT	62,96	63,15	64,96 ^b	67,59 ^a	60,95 ^b	58,71 ^b	7,09	NS	***

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%
 não Bt = isogênicos próximos de DKB 390 ou AG 8088 que não contem o gene *cry1Ab* (contraparte convencional)
 Probabilidade = resultado da análise de variância (NS = p>0,07; -- = p<0,07; *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001)
 Bt = *Bacillus thuringiensis* (Bt) e Interação = Híbrido x OGM
 DKB 390 = híbrido de milho da Dekalb; AG 8088 = híbrido de milho da Agrocerees

As digestibilidades *in vivo* da MS, PB, EE, FDA e FDN do híbrido DKB 390 contendo o gene *cry1Ab* foram superiores as de sua contraparte convencional sem o gene *cry1Ab*. As digestibilidades *in vivo*

da FDN, matéria orgânica e CHOs totais do híbrido AG 8088 contendo o gene *cry1Ab* foram inferiores as de sua contraparte convencional sem o gene *cry1Ab* (Tabela 11) (Balieiro et al., 2010a). O cálculo dos nutrientes digestíveis totais (NDT) foi realizado utilizando a seguinte equação: NDT = PB digestível + EE digestível (2,25) + FDN digestível + CNF digestível (NRC, 2001). A produção de NDT por hectare foi de 7,29 t/ha e 8,61 t/ha nos híbridos DKB 390, convencional e transgênico, e de 8,11 t/ha e 8,08 t/ha nos híbridos AG 8088, convencional e transgênico, respectivamente. Embora não tenha ocorrido diferença estatisticamente significativa na produção de MS no primeiro ano do experimento, a maior produção de MS do AG 8088 contendo o gene *cry1Ab*, não proporcionou maior produção de energia digestível por área.

PROTOZOÁRIOS NO RÚMEN

Durante o ensaio de digestibilidade com carneiros foram realizadas duas coletas de líquido ruminal, após 14 e 22 dias de adaptação a dieta, através de sonda esofágica nasal, 40 minutos antes da primeira refeição. Houve efeito de interação significativo entre os híbridos (DKB 390 e AG 8088) e modalidades dos híbridos (contendo o gene *cry1Ab* ou sem o gene *cry1Ab*) sobre a população de protozoários no rúmen (Tabela 12). Ocorreu redução significativa na população de protozoários ruminais no rúmen de animais alimentados com silagem do híbrido de milho DKB 390 contendo o gene *cry1Ab* quando comparado com a população de protozoários nos animais alimentados com silagem do híbrido DKB 390 convencional sem o gene *cry1Ab*, não ocorrendo efeito nas silagens produzidas com os híbridos AG 8088. De acordo com Ikwuegbu e Sutton (1982) há um efeito de toxicidade da gordura dietética para protozoários e bactérias gram-positivas e, portanto, este efeito foi atribuído ao maior teor de EE observado na silagem do híbrido DKB 390 contendo o gene *cry1Ab* quando comparado à silagem de DKB 390 convencional sem o gene *cry1Ab* (4,27 vs 3,53).

Os protozoários podem utilizar a maioria dos carboidratos para crescimento e esse processo dá origem a hidrogênio. O hidrogênio produzido pelos protozoários ciliados é utilizado por *Archae* metanogênicas que vivem em simbiose com os protozoários e são responsáveis pela formação de metano. Dessa forma, os protozoários podem ser responsáveis por até 37% da metanogênese (Williams & Coleman, 1997) e sua eliminação resulta em redução da produção de metano no rúmen. Balieiro et al. (2009) observaram que a população de protozoários ciliados no rúmen foi positivamente correlacionada com a produção de metano ruminal e Demeyer (1995) mencionam que a gordura dietética pode otimizar a utilização de energia digestível devido à redução de perdas pela produção de gás metano. De fato, Balieiro et al. (2007) observaram que a redução na população de protozoários devido ao aumento de gordura na dieta foi acompanhada por mudança no padrão de fermentação com aumento na proporção de ácido propiônico, podendo aumentar a retenção de energia para ganho de peso de bovinos.

A concentração da proteína Cry1Ab na planta total foi maior no híbrido AG 8088 Bt quando comparada à concentração do híbrido DKB 390 Bt e, portanto, conclui-se que não houve efeito de toxidez da proteína Cry1Ab aos protozoários ruminais, pois caso houvesse, tal efeito deveria ser constatado também nos animais alimentados com a silagem do híbrido AG 8088 contendo o gene *cry1Ab*, o que não ocorreu.

Tabela 12 População de protozoários ciliados no rúmen de carneiros alimentados com silagens milhos contendo o gene *cry1Ab* e das silagens de suas contrapartes convencionais sem o gene *cry1Ab*

	Efeito Principal		Interações				CV	Probabilidade	
	não Bt	Bt	DKB 390		AG 8088			Bt	Interação
			não Bt	Bt	não Bt	Bt			
Coleta após 14 de adaptação dos animais a dieta (10 ⁷ /ml)									
Entodinium	24,97	23,42	25,72 ^a	22,02 ^b	24,21 ^a	24,83 ^a	4,64	**	***
Diplodinium	1,64	1,49	1,91 ^a	1,46 ^b	1,37 ^b	1,51 ^b	9,23	*	***
Epidinium	1,50	1,29	1,52 ^a	1,15 ^b	1,48 ^a	1,43 ^{ab}	11,20	*	*
Isotricha	1,36 ^a	1,24 ^b	1,27	1,03	1,46	1,44	9,80	*	NS
Dasytricha	1,49	1,24	1,35 ^b	0,85 ^c	1,63 ^a	1,62 ^a	7,64	***	***
Ostracodinium	0,62	0,58	0,62	0,55	0,63	0,61	10,86	NS	NS
Total	31,60	29,27	32,41 ^a	27,08 ^b	30,80 ^a	31,46 ^a	3,97	**	***
Coleta após ensaio de digestibilidade aparente 22 dias de adaptação (10 ⁷ /ml)									
Entodinium	24,94	23,35	26,13 ^a	21,62 ^b	23,75 ^{ab}	25,08 ^a	5,33	*	***
Diplodinium	1,67	1,62	2,05 ^a	1,60 ^b	1,29 ^c	1,64 ^b	7,81	NS	***
Epidinium	1,47	1,24	1,50 ^a	1,08 ^b	1,44 ^a	1,41 ^{ab}	12,75	*	*
Isotricha	1,34	1,24	1,17	0,95	1,52	1,54	10,19	NS	--
Dasytricha	1,47	1,32	1,34 ^b	0,92 ^c	1,60 ^a	1,73 ^a	9,81	*	***
Ostracodinium	0,58	0,59	0,59 ^{ab}	0,53 ^b	0,57 ^{ab}	0,65 ^a	8,36	NS	**
Total	31,50	29,38	32,80 ^a	26,71 ^b	30,20 ^a	32,06 ^a	5,14	*	***

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%
 não Bt = isogênicos próximos de DKB 390 ou AG 8088 que não contem o gene *cry1Ab* (contraparte convencional)
 Probabilidade = resultado da análise de variância (NS = p>0,07; - = p<0,07; *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001)
 Bt = *Bacillus thuringiensis* (Bt) e Interação = Híbrido x OGM
 DKB 390 = híbrido de milho da Dekalb; AG 8088 = híbrido de milho da Agroceres

POPULAÇÃO DE FUNGOS E LEVEDURAS

O tipo de silo influenciou sobremaneira o efeito da introdução do gene Bt na qualidade da silagem uma vez que a contagem de leveduras excedeu o ponto crítico de 100.000 ufc/g nos híbridos convencionais. Enquanto no ensaio de digestibilidade *in vivo* foram utilizados tambores de 200 l como silo, com boa compactação e vedação, atingindo-se a densidade de 600 kg/m³, para avaliar o ganho de peso de 24 novilhas foi necessário ensilar a forragem próxima ao confinamento em grandes quantidades, utilizando-se silos tipo bag.

A compactação no final do processo de fermentação tem influência do tamanho de partícula, teor de umidade no momento

de corte e formação de efluentes que drenam nutrientes e reduzem a densidade do silo. Os híbridos foram colhidos com 30% de matéria seca e a proporção de partículas da silagem com tamanho entre 0,1 a 1,9 cm foi de 97,5%, avaliado com o Penn State de acordo com a metodologia proposta por Heinrichs (1996) e em consonância com os procedimentos sugeridos pela American Dairy Science Association (1970). A densidade final foi ligeiramente maior para silagens de milho Bt e todas foram baixas, entre 450 e 510 kg/m³, quando comparadas com as densidades alcançadas em silos tipo trincheira (650 kg/m³).

O milho possui as características necessárias para fermentação adequada e boa preservação dos nutrientes, mas a anaerobiose é uma condição indispensável. As condições de baixa densidade e maior presença de ar no silo tipo bag resultaram em desenvolvimento de fungos filamentosos e leveduras envolvendo perda de nutrientes. Nestas condições os híbridos transgênicos incrementaram a preservação de nutrientes devido à menor população de leveduras e fungos filamentosos na silagem (Tabela 13).

Embora alguns trabalhos corroborem com este resultado, a ação antifúngica da proteína Cry1Ab é controversa. Calsamiglia et al. (2007) ao abrir silos do tipo bag com silagem de milho contendo o gene cry1Ab ou com seu isogênico mais próximo sem o gene cry1Ab observaram que o teste para aflatoxina B1, B2, G1 e G2 foram todos negativos. Como as aflatoxinas são produzidas principalmente pelos fungos *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*, talvez os mesmos não sejam sensíveis à toxina Bt. Balieiro et al. (2010b), utilizando baldes de plástico de 7 litros como silos experimentais, não observaram diferença entre a população de fungos em silagens de híbridos contendo o gene cry1Ab e suas contrapartes convencionais sem o gene cry1Ab após cinco dias de exposição aeróbia.

Por outro lado, Bakan et al. (2002) observaram que a biomassa de fungos em grãos de milho Bt foi de 4 a 18 vezes menores que os isogênicos próximos não Bt. No trabalho de Bakan et al. (2002) a concentração da fumonisina B1 nos grãos de milho Bt foi de 0,05 a

0,3 ppm e no isogênico próximo não Bt foi de 0,4 a 9 ppm. Os autores concluíram que o uso do milho Bt é uma forma de reduzir a contaminação do milho por espécies de *Fusarium*. Batista Junior et al. (2002) observaram que a proteína Cry1Ab de *Bacillus thuringiensis* reduziu o crescimento de três fungos: *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*, *Fusarium solani* f. sp. *glycines* e *Colletotrichum* sp., mas não teve efeito no crescimento de *Fusarium oxysporum*.

A ação antifúngica da toxina Cry1Ab parece ser específica para determinados fungos e a entrada de ar no silo é um fator necessário para que esses efeitos se evidenciem. A influência da toxina Bt sobre os fungos na ensilagem pode se iniciar na lavoura. Na superfície das folhas da planta, predominam bactérias e fungos aeróbios que são conduzidos para o interior do silo. Quando a planta é cortada, picada e compactada, há uma mudança da atmosfera aeróbia para anaeróbia e somente as bactérias e leveduras capazes de se multiplicar neste ambiente sem oxigênio sobreviverão (*Escherichia*, *Klebsiella*, *Bacillus*, *Streptomyces*, *Lactobacillus* e *Pediococcus*) e outras permanecerão em estado de latência aguardando o contato com o ar para voltar a se proliferar.

Enquanto um silo em condições de anaerobiose reduz a população de leveduras capazes de utilizar o lactado para 15% e os outros 85% são espécies do gênero *Saccharomyces*, também capazes de fermentar, mas não de consumir o lactato, a presença de ar num silo que não tenha sido bem vedado, ou compactado, permite o crescimento de leveduras dos gêneros *Cândida* (*Cândida krusei*, *C. Lambica*) e *Hansenula* (nomeadamente *Hansenula anomala*) que utilizam o lactato (Lacaz & Munari, 1992). Nessas circunstâncias, dependendo das condições de umidade, pH e disponibilidade de nutrientes, as leveduras crescem como bactérias e fermentam carboidratos solúveis e ácidos orgânicos, transformando nutrientes em água, gás e calor. O ácido lático transformado em álcool aumenta a perda de energia que poderia ser convertida em desempenho animal e a água produzida pela atividade microbiana aumenta os efluentes, carreando ácidos

orgânicos, nutrientes e reduzindo o teor de matéria seca das silagens (Tabela 13). O maior teor de ácido acético e redução da produção de álcool ocorrem devido à redução na população de leveduras.

Tendo em vista que mesmo em situações de ensilagem com adequado teor de matéria seca, tamanho de partícula, compactação, vedação e rapidez para o fechamento do silo pode ocorrer contato da silagem com oxigênio, antes do fechamento e na abertura do silo, o efeito antifúngico do milho *Bt* pode ser benéfico, contribuindo para a melhor qualidade da silagem.

O maior teor de ácido acético, sem alterar o teor de ácido láctico, e menores teores de álcool em silagens de milho *Bt*, foram reflexos e contribuíram para uma menor população de fungos e leveduras. Esses efeitos aumentaram a estabilidade aeróbia, uma vez que o ácido acético tem propriedades antifúngicas, resultando em menores perdas e maior fornecimento de energia aos animais.

Além da grande influência que os fungos exercem sobre a qualidade da silagem, também desempenham importante papel na digestão e no ecossistema do trato digestório de ruminantes (Kamra, 2005). A principal espécie encontrada em bovinos é *Neocallimastix variabilis* (Grenet et al., 1989) sendo também isolada no trato digestivo dos animais a espécie *Anaeromyces elegans* (Ho et al., 1993). A população de fungos no rúmen chega a representar 8% da biomassa microbiana ruminal em animais alimentados com dietas ricas em fibras e estão envolvidos na degradação da parede celular lignificada (Akin, 1987). Recentes experimentos têm mostrado que ao remover os fungos do conteúdo ruminal, ocorre significativa redução na produção de gás e degradação da fibra em dietas fibrosas e, portanto, influenciam a eficiência de utilização de energia pelos animais. Se por um lado, são marcantes os benefícios da ação de fungos no rúmen, por outro, não são menores os prejuízos de sua ação deletéria na silagem.

Apesar dos *Bacillus thuringiensis* serem exaustivamente estudados e utilizados como agentes de controle biológico de pragas há mais de 30 anos (Valadares-Inglis et al., 1998) e inúmeras espécies

do gênero *Bacillus* terem demonstrado atividade antifúngica (Kim et al. 1997; Podile & Laxmi, 1998), não havia sido relatado até o momento, que plantas contendo o gene *Bt* seriam eficientes contra espécies de leveduras e fungos filamentosos que consomem ácidos orgânicos e carboidratos solúveis das silagens. A comparação da frequência das diferentes espécies de fungos no solo, silagem e ecossistema ruminal em função da presença da toxina *Bt* não tem sido respaldada pela literatura científica.

Tabela 13 Composição química de silagens de milho *Bt* versus isogênicos próximos sem o gene *cry1Ab* produzidas em silo tipo bag

	DKB 390		AG 8088	
	não <i>Bt</i>	<i>Bt</i>	não <i>Bt</i>	<i>Bt</i>
	Composição bromatológica (%)			
Matéria seca	23,12	23,89	26,90	26,03
Proteína bruta	8,34	8,95	8,26	8,23
Extrato etéreo	2,23	2,49	2,23	2,50
CNF	21,87	27,58	26,49	29,03
CHO totais	84,05	84,31	85,53	85,34
FDA	38,89	35,07	35,77	33,42
NIDA	8,29	5,79	7,43	6,58
FDN	62,18	56,74	59,05	56,32
NIDN	9,95	8,78	11,47	9,25
Hemicelulose	23,29	21,67	23,28	22,90
	População de fungos (UFC/g)			
Fungo Filamentoso	533.333	6.666	150.000	17.000
Levedura	1.066.666	8.666	1.113.333	17.000
	Ácidos orgânicos (% da MS)			
Acetato	4,43	5,73	2,68	3,26
Lactato	6,34	4,05	3,83	5,80
Álcool	3,70	1,75	3,63	1,32
Butirato	0,00	0,00	0,01	0,00
Propionato	0,23	0,37	0,27	0,14

CNF = carboidratos não fibrosos

UFC/g = unidade formadora de colônia por grama de silagem

PERDAS FERMENTATIVAS

Os teores dos ácidos orgânicos totais, acético e propiônico foram superiores nas silagens de milhos contendo o gene *cry1Ab* (Tabela 14). Este efeito promove maior estabilidade da silagem, menor perda e maior fornecimento de energia aos animais, uma vez que, além de preservar nutrientes da silagem, os ácidos orgânicos integram o conjunto de nutrientes fornecidos aos animais através da silagem.

A perda total de matéria seca e a recuperação de matéria seca após cinco dias de exposição ao ar foram obtidas de acordo com Bernardes et al. (2007). As perdas durante o processo fermentativo estiveram acima da normalidade esperada para silagens de milho (em torno de 3 a 8 %) e não houve diferenças significativas.

Foram constatadas menores perdas por efluentes e produção de gás nos híbridos geneticamente modificados. A antecipação do amadurecimento, teor de MS e maior formação de amido nos grãos, carboidrato mais estável que os solúveis no silo, podem contribuir para redução de perdas por efluentes. Além disso, substâncias que inibam ou promovam o crescimento microbiano podem influenciar a produção de gás e efluentes na silagem, e dessa forma o efeito supressor da toxina *Bt* sobre fungos resultaram em menor produção de gás (Tabela 14). Embora no trabalho de Faust et al. (2007) as perdas não tenham sido observadas, o aumento no teor de FDN na silagem do híbrido convencional em relação à forragem fresca indica maiores perdas de carboidratos solúveis durante o armazenamento (46,1 vs 43,9 com milho *Bt* e 38,0 vs 45,2 com milho convencional).

Tabela 14 Perdas fermentativas nas silagens de milhos contendo o gene *cry1Ab* e das silagens de suas contrapartes convencionais sem o gene *cry1Ab*

	Efeito Principal		Interações				CV	Probabilidade	
	não <i>Bt</i>	<i>Bt</i>	DKB 390		AG 8088			<i>Bt</i>	Interação
			não <i>Bt</i>	<i>Bt</i>	não <i>Bt</i>	<i>Bt</i>			
Perdas fermentativas									
Efluente (kg/t)	7,03 ^a	5,02 ^b	6,76	4,08	7,31	5,96	24,06	*	NS
Gás (%MS)	7,06 ^a	6,13 ^b	7,28	5,96	6,85	6,31	14,28	--	NS
Perda MS (%)	10,08	9,43	9,72	8,97	10,43	9,88	11,93	NS	NS
Ácidos orgânicos na abertura (mMol/ml)									
Acetato	41,65 ^b	54,41 ^a	47,72	55,75	35,58	53,08	15,41	*	NS
Propionato	31,54 ^b	45,11 ^a	37,02 ^{ab}	41,19 ^{ab}	26,05 ^b	49,03 ^a	15,70	**	*
Butirato	5,99	7,32	6,23	7,88	5,76	6,75	26,70	NS	NS
Ácidos Totais	74,8 ^b	106,8 ^a	90,97 ^a	104,8 ^a	58,73 ^b	108,8 ^a	10,40	***	*
Ácidos orgânicos e perdas após 5 dias (mMol/ml)									
Perda MS (%)	12,31	13,90	13,60	16,03	11,01	11,78	33,45	NS	NS
Acetato	46,99	41,88	46,38	38,55	47,60	45,20	15,88	NS	NS
Propionato	38,13	35,98	37,81	37,63	38,45	34,33	10,41	NS	NS
Butirato	3,57	3,48	3,41	3,47	3,74	3,49	46,91	NS	NS
Ácidos Totais	69,02	75,62	73,87	79,66	64,16	71,59	19,02	NS	NS

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste Tukey a 5%
 não *Bt* = isogênicos próximos de DKB 390 ou AG 8088 que não contem o gene *cry1Ab* (contraparte convencional)
 Probabilidade = resultado da análise de variância (NS = p>0,07; -- = p<0,07; *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001)
Bt = *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) e Interação = Híbrido x OGM
 DKB 390 = híbrido de milho da Dekalb; AG 8088 = híbrido de milho da Agrocerec

Os teores de ácidos orgânicos das silagens foram nivelados após 5 dias em exposição aeróbia de forma que as silagens que continham maiores teores perderam mais ácidos orgânicos (Tabela 14). De acordo com Jobim et al. (2007) a atividade dos microrganismos que decompõem a silagem será mais intensa, quanto melhor a qualidade da silagem, em função dos maiores teores de carboidratos solúveis e de ácido lático residuais.

ESTABILIDADE AERÓBIA

A avaliação da estabilidade aeróbia foi realizada na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP, em câmara climática a 25 ± 1°C, sendo as temperaturas verificadas a cada 5 minutos durante 5 dias, por termômetros inseridos no centro da massa de forragem. Os parâmetros de avaliação da estabilidade aeróbia foram calculados conforme proposto por O'Kiely et al. (1999) e apresentados em número de

dias para elevação da temperatura da silagem em 2°C em relação a temperatura ambiente, número de dias para atingir a temperatura máxima, temperatura máxima e soma das médias diárias de temperatura nas silagens expostas ao ar de 0 a 5 dias (Tabela 15). O pH das silagens, do dia da abertura ao quinto dia de exposição aeróbia, foi determinado segundo Kung Jr. et al. (1984) (Tabela 16).

Embora após 5 dias de exposição os ácidos orgânicos tenham sido nivelados, as silagens transgênicas tiveram maior estabilidade aeróbia até 48 horas (Balieiro et al., 2010b). Isto ocorreu provavelmente devido ao maior teor de acetato que tem efeito antifúngico e ao efeito antifúngico da toxina Bt retardando o consumo de ácidos orgânicos como o lático, que mantém o pH baixo. Entre 32 e 48 horas após abertura do silo as silagens de milho Bt mantiveram menores valores de pH por mais tempo, devido a maior quantidade de ácidos orgânicos naquele momento que, por sua vez, é resultado do menor consumo dos mesmos por fungos (Tabela 16). Silagens transgênicas demoraram mais para atingir 2°C acima da temperatura ambiente após abertura do silo, demonstrando menor geração de calor por atividades microbianas indesejáveis e maior estabilidade aeróbia (Tabela 15).

Tabela 15 Variáveis de temperatura associadas à estabilidade aeróbia de silagens de milhos contendo o gene cry1Ab e das silagens de suas contrapartes convencionais sem o gene cry1Ab

	Efeito Principal		Interações				Probabilidade		
	não Bt	Bt	DKB 390		AG 8088		CV	Bt	Interação
			não Bt	Bt	não Bt	Bt			
T máx (°C)	43,42	41,05	43,85	41,63	42,99	40,47	6,50	NS	NS
h T máxima	28,25	32,18	27,29 ^{bc}	26,80 ^c	29,20 ^b	37,57 ^a	15,89	NS	—
h T>2°C	18,97 ^b	27,16 ^a	17,33	22,93	20,62	31,39	14,18	**	NS
ADITE-3	14,96	15,07	15,08	16,96	14,85	13,18	23,31	NS	NS
ADITE-5	27,09	33,65	27,32	38,21	26,87	29,09	24,57	NS	NS
TX	1,54 ^a	1,34 ^b	1,61	1,58	1,47	1,11	13,58	—	NS

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste Tukey a 5%
 não Bt = isogênicos próximos de DKB 390 ou AG 8088 que não contem o gene cry1Ab (contraparte convencional)
 Probabilidade = resultado da análise de variância (NS = p>0,07; -- = p<0,07; *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001)
 Bt = *Bacillus thuringiensis* (Bt) e Interação = Híbrido x OGM
 DKB 390 = híbrido de milho da Dekalb; AG 8088 = híbrido de milho da Agrocerees
 T máxima = temperatura máxima atingida pela silagem após exposição ao ar;
 h T máxima = tempo em horas para a silagem atingir a temperatura máxima;
 h T>2°C = tempo em h para elevação da temperatura da silagem em 2°C em relação à temperatura ambiente;
 ADITE-3 e ADITE-5 = somatório das diferenças de temperatura das silagens e do ambiente;
 TX = taxa de aquecimento (T máx / h T máx, em oC/h).

Tabela 16 Valores de pH de silagens de milhos contendo o gene cry1Ab e das silagens de suas contrapartes convencionais sem o gene cry1Ab

Horas após abertura	Efeito Principal		Interações				CV	Probabilidade	
	não Bt	Bt	DKB 390		AG 8088			Bt	Interação
			não Bt	Bt	não Bt	Bt			
8,5	3,72	3,75	3,76	3,76	3,69	3,74	1,60	NS	NS
24,0	3,72	3,74	3,76	3,76	3,68	3,73	1,84	NS	NS
32,5	3,90 ^b	3,73 ^b	4,06	3,75	3,73	3,71	6,84	NS	NS
48,0	5,49 ^a	4,82 ^b	5,62	5,22	5,36	4,42	15,15	—	NS
56,5	5,54	5,27	5,67	5,81	5,41	4,72	12,91	NS	NS
72,0	5,94	6,05	6,05	6,47	5,84	5,62	9,59	NS	NS
80,5	6,06	6,31	6,08	6,67	6,04	5,96	10,10	NS	NS
96,0	6,46	6,75	6,49	7,01	6,44	6,49	8,88	NS	NS
104,5	6,53	6,82	6,59	6,93	6,48	6,71	8,92	NS	NS
120,0	6,62	6,84	6,68	6,80	6,56	6,88	7,61	NS	NS

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%
 não Bt = isogênicos próximos de DKB 390 ou AG 8088 que não contem o gene cry1Ab (contraparte convencional)
 Probabilidade = resultado da análise de variância (NS = p>0,07; -- = p<0,07; *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001)
 Bt = *Bacillus thuringiensis* (Bt) e Interação = Híbrido x OGM
 DKB 390 = híbrido de milho da Dekalb; AG 8088 = híbrido de milho da Agrocerees

CONSUMO E DESEMPENHO ANIMAL

As composições químicas das silagens produzidas em silos tipo bag fornecidas aos animais foram apresentadas na Tabela 13. Para avaliação do desempenho animal a silagem de milho foi o único volumoso fornecido, sendo todas as silagens acrescidas de 35 g de sal mineral e 700 g de farelo de soja, a fim de atender às exigências minerais e protéicas de novilhas Jersey em crescimento de acordo com o NRC (1989). Num período de alimentação de 90 dias após 14 dias de adaptação à dieta, não houve efeito dos tipos de silagens sobre a ingestão de matéria seca, mas a conversão alimentar foi melhor com a utilização de híbridos transgênicos (Tabela 17).

O resultado de melhor desempenho em ganho de peso é contraditório às avaliações de desempenho em produção de leite observado por vários autores (Faust & Miller, 1997; Folmèr et al., 2002; Donkin et al., 2003; Calsamiglia et al., 2007, Faust et al., 2007). Ao

compararmos resultados de desempenho animal, devemos considerar que as dietas avaliadas por Calsamiglia et al. (2007) continham 45% de silagem, por Donkin et al. (2003) continham de 42 a 60% e por Faust et al. (2007) continham 30% de silagem de milho. Dessa forma as proporções de feno de alfafa e ingredientes concentrados na dieta podem diluir eventuais efeitos da silagem de milho. Cabe lembrar que mesmo que sejam utilizados grãos de milho Bt na ração concentrada, a concentração de toxina Bt no grão é muito menor que na forragem inteira. Outro fator que pode influenciar a resposta é o teor de matéria seca do milho para ensilagem. No trabalho de Faust et al. (2007) os teores de matéria seca no momento da colheita do híbrido transgênico e convencional foram de 37 e 42%, respectivamente, no trabalho de Calsamiglia et al. (2007) foram de 39,5 e 40,1 e de Donkin et al. (2003) em torno de 40%. Além disso, fatores como o tipo de silo, características dos híbridos utilizados, produção de toxina Bt pela planta, condições ambientais, controle de pragas e potencial produtivo dos animais também influenciam os resultados.

Contudo, Calsamiglia et al. (2007), alimentando bovinos com silagens de milho contendo a proteína Cry1Ab, observaram aumento nos teores de proteína, lactose e sólidos não gordurosos no leite, quando comparados com a silagem controle, atribuindo o efeito a uma relação inversa entre a produção e a composição do leite. De acordo com Vercesi et al. (2009) alguns autores observaram ligeira melhoria na taxa de conversão alimentar para animais alimentados com milho resistente a insetos, sendo que MacKenzie & McLean (2002) atribuíram tal efeito a uma redução de micotoxinas anti-nutritivas resultantes do ataque de insetos. A redução de micotoxinas indica redução na população de fungos uma vez que são os mesmos quem as produzem.

Neste trabalho a melhor conversão alimentar apresentada na Tabela 17 pode ser atribuída a uma conjunção de fatores, tais como: maiores teores de carboidratos não fibrosos e EE, maior enchimento dos grãos, redução das porções fibrosas FDA, FDN, NIDA e NIDN (Tabela 13) e menores perdas de nutrientes durante a ensilagem com

menor produção de álcool (Tabela 13), efluentes e gás (Tabela 14) e após abertura do silo pela maior estabilidade aeróbia (Tabelas 15 e 16).

Tabela 17 Consumo e ganho de peso de novilhas Jersey alimentadas com silagens de milhos Bt ou com silagens de seus isogênicos próximos sem o gene cry1Ab

	Efeito Principal		Interações				CV	Probabilidade	
	não Bt	Bt	DKB 390		AG 8088			Bt	Interação
			não Bt	Bt	não Bt	Bt			
CMS kg/dia	3,36	3,31	3,42	3,17	3,29	3,46	12,47	NS	NS
CMS % PV	2,458	2,366	2,47	2,26	2,44	2,46	6,64	NS	NS
g/kg de PV	24,58	23,66	24,76	22,63	24,40	24,68	6,63	NS	NS
g/kg PV ^{0,75}	84,01	81,31	84,85	77,72	83,16	84,90	7,647	NS	NS
Ganho g/dia	0,533	0,700	0,544	0,723	0,521	0,678	30,58	NS	NS
Ganho total	14,930	19,625	15,25	20,25	14,61	19,00	30,55	NS	NS
Conversão	6,376 ^a	4,804 ^b	6,547	4,340	6,205	5,269	27,22	—	NS

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste Tukey a 5%
 não Bt = isogênicos próximos de DKB 390 ou AG 8088 que não contem o gene cry1Ab (contraparte convencional)
 Probabilidade = resultado da análise de variância (NS = p>0,07; -- = p<0,07; *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001)
 Bt = *Bacillus thuringiensis* (Bt) e Interação = Híbrido x OGM
 DKB 390 = híbrido de milho da Dekalb; AG 8088 = híbrido de milho da Agroceres
 CMS = consumo de matéria seca; ganho = ganho de peso; conversão = conversão alimentar

ANÁLISE ECONÔMICA

A análise econômica teve como objetivo comparar as silagens e, portanto, não houve necessidade de contabilizar custos em comum para todas elas. Os cálculos foram realizados para um hectare de lavoura de milho considerando-se os valores das sementes transgênicas ou convencionais, acrescidos dos custos com inseticida, mão-de-obra e hora trator/ha. O gasto com a mão-de-obra para aplicação do inseticida foi de R\$ 18,00 a diária, como a pulverização de um hectare foi feita em 0,8 h, o custo ficou em R\$ 1,80/ha. O custo da hora trator foi de R\$ 35,00 por hora, com o tempo de pulverização de 0,8 h/ha, o custo foi de R\$ 28,00/ha.

Em seguida, descontou-se da produção de massa da lavoura a perda durante o processo fermentativo sendo obtida a quantidade de silagem disponível para alimentação dos animais (Tabela 18). Com a

quantidade total de silagem dividida por 150 dias, período seco em que há necessidade de suplementação volumosa, e posteriormente dividida pelo consumo das novilhas para cada silagem, foi obtido o número de novilhas que seriam alimentadas no período de 150 dias pela produção de um ha de milho (animais/ha 150 dias). O ganho de peso vivo em g/dia foi multiplicado pelo número de animais e por 150 dias para obtenção do ganho de peso total em kg/ha (GPV Total kg/ha). O custo da semente transgênica ou convencional acrescido dos custos com a aplicação do inseticida, mão-de-obra e hora trator/ha foi dividido pelo ganho de peso vivo total obtendo-se o custo por kg de peso vivo ganho (R\$/kg de PV). Considerando todos os demais custos semelhantes, observou-se menor custo por kg de peso vivo ganho utilizando-se silagem com milho Bt (Tabela 18).

Os benefícios obtidos com o maior ganho de peso ocorrem no sistema de produção como um todo, a curto e longo prazo, de acordo com a finalidade da exploração. Para as novilhas leiteiras a antecipação da idade ao primeiro parto e da vida produtiva do animal causaria impacto econômico em termos de produção de leite e bezerras para reposição. Uma análise da relação entre custo e benefício da utilização das silagens com milho Bt em curto prazo, utilizando como exemplo a venda dos animais no final do período seco pelo preço da arroba do boi, é apresentada na Tabela 18. Para tanto, a diferença entre o ganho de peso total por hectare entre os híbridos convencionais e transgênicos foi dividida por 30 transformando o incremento em kg de peso vivo para arroba, considerando-se um rendimento de carcaça de 50%, e posteriormente, multiplicou-se por R\$ 86,00, que era o preço da arroba na época. O valor encontrado representa a vantagem econômica da silagem com milho Bt em relação à silagem convencional nas circunstâncias em que o trabalho foi conduzido (Tabela 18).

Tabela 18. Custo benefício na produção de silagem com milho Bt

	DKB 390		AG 8088	
	não Bt	Bt	não Bt	Bt
R\$ semente/ha	247,43	333,44	234,00	316,76
Deltametrina/ha	25,20	-	25,20	-
Mão-de-obra	1,80	-	1,80	-
Hora-trator/ha	28,00	-	28,00	-
Total	302,43	333,44	289,00	316,76
Produção lavoura (t/ha)	11,23	12,75	13,32	13,77
Recuperação de MS (%)	90,27	91,02	89,56	90,11
Produção silagem (t/ha)	10,13	11,60	11,92	12,40
Consumo (kg/dia)	3,42	3,17	3,29	3,46
Animais/ha 150 dias	19,74	24,39	24,15	23,89
GPV g/dia	544	723	521	678
GPV Total kg/ha	1.611	2.645	1.887	2.429
R\$ kg/GPV	0,187	0,126	0,153	0,130
Diferença R\$/ha (@=R\$86,00)		+R\$ 2.964,13		+R\$ 1.553,73

CONSIDERAÇÕES ADICIONAIS

O efeito antifúngico da toxina Bt na silagem abre novas perspectivas para a solução de problemas na exploração agropecuária e traz novas abordagens de estudos quanto a possíveis problemas de natureza ecológica. Seria interessante que os resíduos vegetais das plantas, após o planto direto, pudessem ter também ação contra fungos fitopatogênicos no solo, uma vez que o cristal protéico se liga rapidamente aos minerais de argila do solo e fica protegido da degradação microbiana (Tapp e Stotzky, 1995), permanecendo ativo por até 234 dias (Saxena et al., 1999). Segundo Batista Junior et al. (2002) quando as plantas transgênicas se decompõem podem liberar a toxina Bt da raiz, do pólen e das partes vegetativas. Por outro lado, há necessidade de avaliar o efeito da toxina Bt sobre microrganismos integrantes de grupos funcionais do solo, tais como fungos filamentosos saprófitos e simbióticos. Uma atividade antifúngica sobre os micorrízicos e contra as bactérias do gênero *Rhizobium*, por exemplo, causaria grande impacto na ciclagem de nutrientes no solo e na nutrição das plantas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A maioria dos efeitos da introdução do gene *cry1Ab* foi atribuída à redução nos danos provocados pelas lagartas e, assim, variam de acordo com o nível de infestação e controle de lagartas, resistência natural do híbrido, duração de ciclo, exigências da cultura etc. Por outro lado, a redução na produção de gás e efluentes, alteração dos teores de ácidos orgânicos e principalmente redução na população de leveduras não parecem associadas aos danos por pragas. Dessa forma, os efeitos da introdução do gene *cry1Ab* sobre o crescimento da planta, produção e participação de grãos na massa podem ser nivelados com a colheita mais tardia dos híbridos convencionais ou com maior número de pulverizações com inseticidas na lavoura, enquanto os efeitos da introdução do gene *cry1Ab* sobre os ácidos orgânicos e leveduras podem ocorrer mesmo com menores danos por pragas nas plantas convencionais. Essas ocorrências, embora possam variar com o tipo de silo, independem do nível de infestação por pragas e representam uma importante ferramenta para reduzir perdas de matéria seca, melhorar a qualidade da silagem e obter maior retorno econômico com a atividade pecuária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEL C.A., ADAMCZYK J.J. Jr. Relative concentration of *CryIA* in maize leaves and cotton bolls with diverse chlorophyll content and corresponding larval development of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) and southwestern corn borer (Lepidoptera: Crambidae) on maize whorl leaf profiles. *Journal of Economic Entomology*, v.97, p.1737-1744, 2004.

AGBIOS (2002) MON 810 Safety assessment of YieldGard insect-protected event MON810. Published by agbios.com as Product Safety Description <http://agbios.com/docroot/decdocs/02-269-010.pdf>

AKIN, D.E. Association of rumen fungi with various forage grasses. *Animal Feed Science and Technology*, v.16, p. 273-285, 1987.

AMERICAN DAIRY SCIENCE ASSOCIATION. A report: committee on classification of particle size in feedstuffs. *Journal of Dairy Science*, Savoy, v.53, n.5, p.689-690, 1970.

AVISAR, D. et al. The *Bacillus thuringiensis* delta-endotoxin *Cry1C* as a potential bioinsecticide in plants. *Plant Science*, v.176, p.315-324, 2009.

AZÉKÁCS, A. et al. Detection of *Cry1Ab* toxin in the lives of MON 810 transgenic maize. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. v.396, p.2203-2211, 2010.

BAKAN, B. et al. Fungal growth and *fusarium* mycotoxin content in isogenic traditional maize and genetically modified maize grown in France and Spain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 50, p. 728-731, 2002.

BALIEIRO, G.N. et al. Monensin and protein supplements on methane production and rumen protozoa in bovine fed low quality forage. *South African Journal of Animal Science*, v.39, p. 280-283, 2009.

BALIEIRO, G.N., MELLOTTI, L. Produção de ácidos graxos voláteis e contagem de protozoários ruminais em bovinos suplementados com gordura. *Braz. Journal Vet. Res Anim. Sci.*, v.44, n.2, p.115-121, 2007.

BALIEIRO, G.N. et al. Composição da espiga e folha e nutrientes digestíveis totais de híbridos de milho contendo o gene *cry1Ab* versus seus isogênicos sem o gene *cry1Ab*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47, 2010, Salvador - BA. *Anais...* Salvador, 2010a. (CD ROM).

BALIEIRO, G.N. et al. Estabilidade aeróbia de silagens de híbridos de milho contendo o gene *cry1Ab* versus seus isogênicos sem o gene *cry1Ab*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47, 2010, Salvador - BA. *Anais...* Salvador, 2010b. (CD ROM).

BALIEIRO, G.N. et al. Voluntary intake and apparent digestibility of lambs fed silage from maize hybrids with the *cry1Ab* trait versus its nonbiotech counterpart. In: INTERNATIONAL CONFERENCE 'ADAPTING ANIMAL PRODUCTION TO CHANGES FOR A GROWING HUMAN POPULATION', 2010, Lleida, Spain. *Proceedings...*Lleida: Universitat de Lleida e Iowa State University, 2010c, p.3. <http://www.aap2010.udl.cat/>.

BALIEIRO, G.N. et al. Infestation, production and morphologic characteristic of corn hybrid containing the gene cry1Ab. In: International Conference 'Adapting Animal Production to Changes for a Growing Human Population', 2010, Lleida. *Proceedings...*Lleida, Spain: Universitat de Lleida e Iowa State University, 2010d, p.11. <http://www.aap2010.udl.cat/>.

BALIEIRO, G.N. et al. Composition of the whole plant and silage from maize hybrids with the cry1Ab trait versus its nonbiotech counterpart. In: ANNUAL MEETING OF THE EUROPEAN ASSOCIATION FOR ANIMAL PRODUCTION, 61, 2010, Greece. *Proceedings...* Heraklion, Crete Island, Greece: Wageningen Academic Publishers, 2010e, p.363.

BALIEIRO, G.N. et al. Effects of cry1ab gene on rumen protozoa in lambs. In: ANNUAL MEETING OF THE EUROPEAN ASSOCIATION FOR ANIMAL PRODUCTION, 61, 2010, Greece. *Proceedings...* Heraklion, Crete Island, Greece: Wageningen Academic Publishers, 2010f, p.75.

BATISTA JUNIOR, C.B. et al. Efeito fungistático de *Bacillus thuringiensis* e de outras bactérias sobre alguns fungos fitopatogênicos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 38, n.8, p.1189-1194, 2002.

BERNARDES, T.F. et al. Estabilidade aeróbia da ração total e das silagens de capim-Marandu submetidas a inclusão de aditivos bacterianos e químico. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.4, 2007.

CALSAMIGLIA, S. et al. Effects of corn silage derived from genetically modified variety containing two transgenes on feed intake, milk production, and composition, and the absence of detectable transgenic deoxyribonucleic acid in milk in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, v.90, p.4718-4723, 2007.

CARVALHO, R. P. L. (1970). Danos, flutuação da população, controle e comportamento de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) e suscetibilidade de diferentes genótipos de milho, em condições de campo. Tese de Doutorado, ESALQ/USP Piracicaba, SP.

DEMEYER, D. I.; VAN NEVEL, C. J. Transformations and effects of lipids in the rumen: Three decades of research at gent university. *Archive Animal Nutrition*, v.48, p. 119-134, 1995.

DONKIN, S.S. et al. Effects of feeding silage and grain from glyphosate-tolerant or insectprotected corn hybrids on feed intake, ruminal digestion, and milk production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v.86, n.5, p.1780-1788, 2003.

EBERHART, H. F. An empirical law describing heterogeneity in the yields of agricultural crops. *Journal Agricultural Science*, Camberra, n.28, p.1-23, 1995.

FAUST, M., MILLER L.. 1997. Study finds no Bt in milk. Iowa State University Integrated Crop Manage. Newsl./ IC-478, Special Livestock Edition, Ames, IA, pp 6-7.

FAUST, M. A., S. M. SPANGLER. Nutritive value of silages from MON810 Bt and non-Bt near-isogenic corn hybrids. *Journal of Dairy Science*, v.83, p.1184. (Abstr.), 2000.

FAUST, M. A. 1999. Research update on Bt corn silage. In: Four State Applied Nutr. Manage. Conf. Midwest Plan Service, Ames, IA, p157-164.

FAUST, M. et al. Performance of lactating dairy cows fed silage and grain from a maize hybrid with the cry1F trait versus its nonbiotech counterpart. *Journal of Dairy Science*, v.90, n.12, p.5706-5713, 2007.

FLACHOWSKY, G. et al. Fibre analysis and in sacco degradability of plant fractions of two corn varieties harvest and various times. *Animal Feed Science and Techonology*, v.43, p.41-50, 1993.

FLACHOWSKY, G.; CHESSON, A.; AULRICH, K. Animal nutrition with feeds from genetically modified plants. *Archives of Animal Nutrition*, v.59, p.1-40, 2005.

FOLMER, J.D. et al. Utilization of Bt corn residues by grazing beef steers and Bt corn silage and grain by growing beef cattle and lactating dairy cows. *Journal Animal Science*, v.80, p.1352-1361, 2002.

GIARDINI, A. et al. Effect of maize silage harvest stage on yield, plant composition and fermentation losses. *Animal Feed Science and Techonology*. v.1, p.313-326, 1976.

GRENET, E. et al. Kinetics study of the degradation of wheat straw and maize stem by pure cultures of anaerobic fungi observed by scanning eletron microscopy. *Asian-Australasian Journal Animal Science*, v.2, p.456-457, 1989.

- HEINRICH, J. Evaluating particle size of forages and TMRs using the Penn State Particle size separator. Penn State: College of Agricultural Sciences at Penn State University, 1996.
- HO, Y.W. et al. *Anaeromyces*, an earlier name for *Ruminomyces*. *Mycotaxon*, v. 47, p.283-293, 1993.
- IKWUEGBU, O. A.; SUTTON, J. D. The effect of varying the amount of linseed oil supplementation on rumen metabolism in sheep. *Br. J. Nutr.* 48: 365, 1982.
- JOBIM, C.C., et al. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, suplemento especial, p.101-119, 2007.
- KAMRA, D.N. Rumen microbial ecosystem. *Current Science*, v.89, p.125-135, 2005.
- KIM, D.; COOK, R. J.; WELLER, D. M. *Bacillus* sp. L324-92 for biological control of three root diseases of wheat grown with reduced tillage. *Journal of Phytopathology*, Berlin, v.87, p.551-558, 1997.
- KUNG Jr. L. et al. Added ammonia or microbial inocula for fermentation and nitrogenous compounds of alfafa ensiled at various percents of dry matter. *Journal of Dairy Science*, v.67, p.299-306, 1984.
- LACAZ, R.L., MUNARI, D.P. 1992. Microbiologia da Silagem. In: *Microbiologia Zootécnica*, Roca, 314p.
- MACKENZIE, D.; MCLEAN, M. Who's afraid of GM feed? *Feed Mix*, v.10, n.3, p.16-19, 2002.
- MAGALHÃES, A.L.R. et al. Cana-de-açúcar em substituição a silagem de milho em dietas para vacas em lactação: desempenho e viabilidade econômica. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.5, p.1292-1302, 2004.
- NGUYEN, T.H., JEHLE, J.A. Quantitative analysis of the seasonal and tissue-specific expression of Cry1Ab in transgenic maize MON 810. *Journal of Plant Diseases and Protection*, v.114, p.82-87, 2007.
- NRC, 1989. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. National Academy of Science, ed. National Academy Press, Washington, DC.

- NRC, 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. National Academy of Science, 7th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.
- O'KIELY, P. et al. Maximizing output of beef within cost efficient, environmentally compatible forage conservation systems. Dunsany: Grange Research Centre. 1999, 64p. (*Beef Productions Series*, 10).
- PHIPPS, R. H.; EINSPANIER, R.; FAUST, M.A. Safety of meat, milk and eggs from animals fed crops derived from modern biotechnology. *Council for Agricultural Science and Technology* (CAST), Issue paper 34, CAST, Ames, IA, 2006.
- PODILE, A. R., LAXMI, V. D. V. Seed bacterization with *Bacillus subtilis* AF 1 increases phenylalanine ammonia-lyase and reduces the incidence of fusarial wilt in pigeonpea. *Journal of Phytopathology*, Berlin, v. 146, p. 255-259, 1998.
- RYALS, J.; UKNES, S.; WARD, E. Systemic acquired resistance. *Plant Physiology*, v.104, p.1109-1112, 1994.
- SANDERS, P. R. et al. Safety assessment of insect-protected corn. In: THOMAS, J. A. *Biotechnology and Safety Assessment*. 2 ed. Taylor and Francis, 1998. p. 241-256
- SAXENA, D.; FLORES, S.; STOTZKY, G. Transgenic plants: Insecticidal toxin in root exudates from Bt corn. *Nature*, London, v.402, p.480, 1999.
- SINGHAL, K. K. et al. Effect of feeding cottonseed produced from Bollard II cotton on feed intake, milk production, and milk composition in lactating crossbred cows. *Proceedings... ASIAN-AUSTRALASIAN JOURNAL ANIMAL SCIENCE CONGRESS*, X11, Pusan, Korea: Korean Soc. Anim. Prod., Seoul, Korea, 2006, p.757.
- STASKAWICZ, B. et al. Molecular genetics of plant disease resistance. *Science*, v.268, p.661-667, 1995.
- TAPP, H., STOTZKY, G. Insecticidal activity of the toxins from *Bacillus thuringiensis* subspecies *kurstaki* and *tenebrionis* adsorbed and bound on pure and soil clays. *Applied and Environmental Microbiology*, Washington, v.61, p.1786-1790, 1995.
- VALADARES-INGLIS, M. C.; SOUZA, M. T. de; SHILER, W. *Engenharia genética de microrganismos agentes de controle biológico*. In: MELO, I. S. de; AZEVEDO, J. L. de (Ed.). *Controle biológico*. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 1998. v.1, p.208-217.

Van SOEST. Preharvest factors influencing quality of conserved forage. *Journal of Animal Science*, v.47, n.3, 1978.

VERCESI, A.E.; RAVAGNANI, F.G.; DICIERI, L. Uso de ingredientes provenientes de OGM em rações e seu impacto na produção de alimentos de origem animal para humanos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, 2009.

VOLPE, G. et al. Development of an immunomagnetic electrochemical sensor for detection of BT-CRY1AB/CRY1AC proteins in genetically modified corn samples. *Analytical Letters*, v.39, p.1599-1609, 2006.

WIDSTROM, N. W. An evaluation of methods for measuring corn earworm injury. *Journal of Economic Entomology*, v.60, p.791-794, 1967.

WIEDEMANN, S. et al. In situ studies on the time-dependent degradation of recombinant corn DNA and protein in the bovine rumen. *Journal Animal Science*, v.84, p.135-144, 2006.

WILLIAMS, A. G., COLEMAN, G. S., 1997. The rumen protozoa. In: Hobson, P. N.; Stewart, C. S. (Eds.). *The rumen microbial ecosystem*. London: Blackie Academic, v.2, p.73-139.

WILLIAMS, W. P., DAVIS, F. M. Response of corn to artificial infestation with fall armyworm and southwestern corn borer larvae. *Southwest. Entomol.* v.15, p.163-166, 1990.

FLUXO DE NUTRIENTES EM ECOSISTEMAS DE PRODUÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS

Thomas Newton Martin¹
Paulo Sérgio Pavinato²
Marciela Rodrigues da Silva³
Sidney Ortiz⁴
Patrícia Bertoneceli⁴

1. RESUMO

A produção de silagem visando quantidade e qualidade depende de diversos fatores, dentre eles estão as questões ligadas a nutrição das plantas. Logicamente, a disponibilização dos fatores do meio, principalmente nutrientes, deve relacionar-se com a parte econômica. Porém, nesse texto, será abordado as questões relacionadas à máxima eficiência técnica da utilização dos diferentes nutrientes na produção de silagem. Desta forma, o presente texto possui o objetivo de apresentar a dinâmica dos nutrientes para a produção de silagem de milho, bem como a exportação desses nutrientes com a produção de silagem. Inicialmente o texto apresenta os três principais macronutrientes (N-P-K), indicando a participação de cada um nos processos fisiológicos e produtivos da planta. Além disso, serão abordados alguns itens que se relacionam ao manejo dos nutrientes para maximizar a produtividade, indicando assim as melhores épocas de aplicação e quantidades. Posteriormente, é apresentada a extração dos nutrientes enfatizando a produção de silagem. Por fim, será apresentado um estudo teórico da produção e extração de nitrogênio para as condições do Sudoeste do Paraná. Com o entendimento das interações entre os

¹ Prof. Dr. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos. E-mail: martin@utfpr.edu.br. Bolsista produtividade CNPq.
² Prof. Dr. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos. E-mail: pavinato@utfpr.edu.br. Mestranda do curso de pós graduação em agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco. Bolsista CNPq.
³ Estudantes do Curso de Zootecnia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos. Bolsista CNPq.

nutrientes, atuação de cada um e seu correto manejo é possível ampliar a produção de silagem, bem como manter a sustentabilidade do sistema produtivo. Além disso, estudos envolvendo simulação de cenários para a produção de silagem e exportação de nutrientes, são importantes e devem ser ampliados para melhorar o entendimento do processo de utilização da nutrição das plantas.

2. NITROGÊNIO NA PLANTA

O nitrogênio (N) é elemento essencial para as plantas, sendo constituinte das mais importantes biomoléculas e inúmeras enzimas, tais como amidos, ácidos nucléicos, nucleotídeos, ATP, NADH, NADPH, clorofila e proteínas (Taiz & Zeiger, 2004), afetando a formação de raízes, a fotossíntese, a produção e translocação de fotoassimilados, taxa de crescimento foliar e produção de matéria seca. O metabolismo do N em relação ao crescimento e rendimento da planta pode ser associado à manutenção da capacidade fotossintética, em particular pela participação do N na molécula de clorofila e pelo estímulo ao crescimento e desenvolvimento de drenos reprodutivos. Além de fazer parte da estrutura de proteínas e outros compostos orgânicos, o N pode estar presente, na planta, como elemento regulatório de reações de síntese, ou ainda ser armazenado no vacúolo, atuando no equilíbrio de cargas e na absorção de cátions e ânions (Kerbaui, 2004). Este nutriente está associado dentre outras funções na planta, com o crescimento vegetativo, afetando as taxas de iniciação e expansão foliar (Schröder et al., 2000), o tamanho final e a intensidade de senescência das folhas (Busato et al., 2008). É componente quantitativo da fitomassa e ocupa a quarta posição após o carbono, o oxigênio e o hidrogênio na matéria seca das plantas. Interfere positivamente no crescimento radicular e, desta forma, permite que as raízes explorem maior quantidade de solo, melhorando a absorção de água e nutrientes (Larcher, 2000).

A demanda de N pelas plantas varia de acordo com a espécie, sendo que a maioria dos ecossistemas agrários apresenta um expressivo

ganho na produtividade após serem fertilizados com N. A assimilação desse nutriente é um processo essencial que controla o crescimento e desenvolvimento e rendimento das plantas. O nitrogênio pode ser absorvido pelas plantas nas formas iônicas NO_3^- e NH_4^+ . A rota de assimilação do nitrato em plantas superiores envolve duas fases seqüenciais, a conversão do nitrato à nitrito, mediada pela enzima nitrato redutase, cuja atividade depende dos carboidratos produzidos no processo fotossintético e do contínuo fornecimento de NO_3^- para as folhas, e a conversão do nitrito a amônia pela enzima nitrito redutase. A amônia é então assimilada nos aminoácidos glutamina e glutamato, responsáveis por translocar nitrogênio orgânico de fontes para drenos (Lam et al., 1996).

A capacidade fotossintética dos vegetais, e o posterior acúmulo e distribuição de massa seca e de N, estão fortemente relacionados aos fatores ambientais e à disponibilidade de nutrientes (Ntanos & Koutroubas, 2002). No entanto, esses fenômenos são também influenciados por fatores internos da planta, como as diferenças na arquitetura e na fisiologia, que são características dependentes do genótipo, e também do estágio de desenvolvimento vegetal (Hasegawa & Horie, 1996).

Sendo uma gramínea, o milho é muito exigente em fertilizantes, especialmente os nitrogenados. A produtividade da cultura do milho depende, entre outros fatores, da eficiência de canalização de carbono (C) e nitrogênio para o grão (e/ou fitomassa para a produção de silagem) e da transformação desses elementos em compostos de reserva. A escassez de N afeta diretamente a capacidade fotossintética das plantas, evidenciando a enorme importância que tem esse elemento no processo produtivo. Contudo, o acúmulo de biomassa e rendimento das culturas é grandemente determinado pela assimilação de C e N. O carbono que não é consumido pela respiração aumenta o teor de matéria seca da planta e pode ser destinado para o crescimento ou reserva. O nitrogênio, por conseguinte, atua sobre o tempo de duração da folha, sua deficiência prejudica o movimento estomático e uma oferta excessiva causa aumento na respiração, ocasionando um menor rendimento fotossintético (Larcher, 2000).

Em plantas de milho há uma intensa absorção de N nas fases iniciais

de desenvolvimento, compreendendo os estádios fenológicos de cinco a seis folhas, onde um aporte significativo de N proporciona um maior índice de área foliar e maior número de grãos por espiga, culminando na manifestação do potencial genético da planta (Coelho, 2006). De acordo com Duete et al. (2008), o suprimento insuficiente a partir do estádio com quatro a cinco folhas pode afetar negativamente o rendimento de grãos, reduzindo a diferenciação do número de óvulos nos primórdios da espiga e o número de espigas por planta.

Dessa forma, o aproveitamento do N pelo milho depende dentre outros fatores da capacidade de absorção e da remobilização em cada estádio do desenvolvimento da planta. Com isso, a forma de manejo exerce grande influência na eficiência de utilização deste nutriente. Por isso, a adubação nitrogenada deve ser realizada em época e quantidade adequada, reduzindo dessa forma, a agressão ao meio ambiente, ocasionada eventualmente pela lixiviação do excesso de nitrato, e eliminando os custos com adubação em quantidade excedente às necessidades da cultura.

2.1 Adubação nitrogenada para produção de silagem de milho

Como características da cultura do milho utilizada para silagem estão: (i) produção de grande quantidade de massa seca por unidade de área, podendo chegar a 21 t/ha (Zopollatto, 2007); (ii) boa qualidade energética variando de 66 a 71% de nutrientes digestíveis totais (NDT) (Ball et al., 2007; Fontanelli et al., 2009), (iii) bons padrões de fermentação, além de apresentar elevado valor nutritivo (proteína bruta = 7-9%; Fibra detergente ácida - 23-30%; fibra detergente neutra - 48-58%, nitrogênio digestível total - 66-71% e valor relativo da forragem - 105-138%; Ball et al., 2007; Fontanelli et al., 2009), sendo uma das forrageiras mais usadas para confecção de silagem.

Na produção de silagem ocorre remoção, total ou parcial da parte vegetativa, promovendo alta extração e exportação de nutrientes e, conseqüentemente, problemas de fertilidade serão mais intensos e se manifestarão mais rapidamente em relação às áreas de produção de grãos.

Isso ocorrerá principalmente se uma mesma área for utilizada para produção de silagem durante anos consecutivos sem um sistema de manejo de solo e adubação adequados. O conhecimento da quantidade total de nitrogênio absorvido permite estimar as proporções que serão exportadas por meio da colheita dos grãos e pela remoção da parte vegetativa.

Nesse sentido, a remoção da biomassa do milho extrai grande parte dos nutrientes, sendo a eficiência da adubação nitrogenada influenciada por diversos fatores como pH do solo, teor de matéria orgânica, conteúdo de água no solo, temperatura, fonte de nitrogênio e a forma de parcelamento da adubação nitrogenada. Em trabalho desenvolvido por Melo et al. (1999), na região de sul de Minas Gerais, os autores constataram que as formas de parcelamento da adubação nitrogenada não interferiram na qualidade da silagem produzida, mas o aproveitamento do N foi diretamente influenciado pela dose e época de fornecimento. Isso demonstra que o importante é realizar a adubação nitrogenada na quantidade e na época ideal para a cultura.

A concentração de N na parte aérea (grão + palhada) do milho, para altas produções é de 1,18% e 1,06%, respectivamente (Coelho, 2006). Para cálculo da quantidade de N a ser aplicada para silagem, recomenda-se o valor de 1 a 1,2% de N na planta como adequado. Assim, para a produtividade de 16 t de massa seca ha⁻¹ (em torno de 8 t de grãos ha⁻¹) a planta retira do solo em torno de 200 kg de N ha⁻¹. Outro parâmetro necessário para avaliar a necessidade de adubação nitrogenada é a quantidade de N que o solo é capaz de fornecer para a cultura. Os solos tropicais disponibilizam, em média, cerca de 60 a 80 kg de N ha⁻¹ (Coelho et al., 1991; Coelho, 2006), quantidade suficiente para produzir de 6 a 8 t de massa seca ha⁻¹ (3 a 4 t de grãos ha⁻¹).

Um terceiro parâmetro a estimar é a eficiência de aproveitamento dos fertilizantes nitrogenados pelas plantas, ou seja, a quantidade de N na planta proveniente dos fertilizantes. Resultados de pesquisa realizada com ¹⁵N (Coelho et al., 2006), indicam que, em média, 50 a 60% do N aplicado, na forma de uréia, foram aproveitados pelas plantas. Sendo de 60%, seria necessária uma adubação da ordem de 200 kg de N ha⁻¹, que corresponde

444 kg de uréia ha⁻¹ para essa produção de 16 t de massa seca ha⁻¹. Deve-se ressaltar que solos cultivados com leguminosas exigem menor adubação nitrogenada, pois apresentam maiores quantidades de nitrogênio.

Em relação a épocas de aplicação de N para o milho silagem, as recomendações são as mesmas que para a produção de grãos, ou seja, uma dose em semeadura (até 40 kg ha⁻¹) e o restante em cobertura, podendo ser em uma, duas ou até três aplicações, conforme a dose recomendada. Quanto às doses a serem aplicadas, para silagem a quantidade deverá ser maior que para grãos, para compensar a exportação na parte vegetativa da planta, pois em torno de 70% é translocado para o grão e os outros 30% do N ficam na parte vegetativa. Então, como valor médio, deve ser acrescido esta proporção (30%) na dose recomendada para a produção de grãos para compensar a maior exportação na silagem. Lembrando sempre que rotação de culturas é essencial e deve ser feita além de não utilizar a mesma área por anos consecutivos para produção de silagem, devido a não manutenção de cobertura e suscetibilidade a erosão desses solos.

A aplicação da modelagem para prever a resposta em produção de massa seca do milho para silagem, como já comentado, pode ser uma ferramenta muito útil para se definir a dose de N a ser aplicada à cultura. A simulação por meio de modelagem permite prever a produtividade da cultura do milho relacionando com a necessidade de adubação nitrogenada em função da absorção desse elemento e extração da área pela colheita.

De acordo com estudo realizado por Duarte et al. (2003), relacionando o acúmulo de matéria seca e nutrientes em cultivares de milho, o nitrogênio é o elemento que está presente em maior quantidade na parte aérea da cultura, com valores próximos de 204 kg ha⁻¹ de N para um acúmulo de matéria seca de 16.210 kg ha⁻¹. Da mesma forma, Von Pinho et al. (2009), analisando a extração de macronutrientes em duas cultivares de milho, observaram um acúmulo de N na ordem de 401 e 327 kg ha⁻¹, para uma produção de 13,5-14,6 t ha de grãos e 32,9-29,6 de MS, sendo necessários 27,7 e 11,4 kg de N por tonelada de grãos e MS produzida, respectivamente. Broch; Ranno (2007) avaliando a extração e exportação de nitrogênio pelo milho para cada tonelada de grãos produzida e a proporção exportada em

relação ao total extraído observou uma absorção de 24,9 e uma exportação de 15,8 kg t⁻¹ de grão, ou seja, 63% do nitrogênio extraído pela planta durante o ciclo é removida da lavoura com a colheita dos grãos e o restante permanece na porção vegetativa da planta, aumentando a remoção de nutrientes quando esta se destina a confecção de silagem.

3. Fósforo

O fósforo (P) é um dos elementos essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas, estando presente em componentes estruturais das células, como nos ácidos nucleicos e fosfolípidios das membranas celulares e também em componentes metabólicos móveis armazenadores de energia, como o ATP. A absorção de fósforo pelas plantas ocorre essencialmente via sistema radicular, estando na dependência da capacidade de fornecimento pelo solo, que muitas vezes é um limitador para um bom suprimento, agindo no sentido de competir com as plantas pelo P disponível na solução (Anghinoni & Bissani, 2004).

O fósforo no solo possui grande habilidade para formar compostos de alta energia de ligação com os colóides da fração argila, conferindo-lhe alta estabilidade na fase sólida (Novais & Smyth, 1999). Assim, mesmo que os teores totais de P no solo sejam altos (ex. 700-800 mg dm⁻³) em relação ao necessário para as plantas, apenas uma pequena fração deste tem baixa energia de ligação que possibilita estar disponível para as plantas (ex. 5-20 mg dm⁻³). Por isso, o uso de plantas de cobertura como ciclodoras de nutrientes e potenciais liberadoras de P é uma alternativa para melhorar o aproveitamento deste nutriente nas frações que já estão presentes no solo, mas não em formas disponíveis para as plantas.

A Figura 1 ilustra como se distribuem as frações de P no solo, sendo estas frações muito dependentes da ciclagem de nutrientes na matéria seca dos resíduos, que com a atuação dos microrganismos do solo, será decomposta e poderá liberar boa parte do P novamente para a solução, de onde a planta absorve o mesmo. Nesta figura, as setas direcionadas para a solução do solo são consideradas fontes de P às plantas, enquanto que as

setas direcionadas contrariamente a solução do solo são drenos de P, ou seja, estão deixando o P indisponível no solo e competindo com a planta por este nutriente.

As frações de P inorgânico, expressas na Figura 1, são os principais drenos de P da solução do solo, ao passo que a principal fonte para áreas cultivadas é a aplicação de fertilizantes. O dreno de P da solução ocorre devido aos solos brasileiros apresentarem alto grau de intemperismo, com alto teor de óxidos, os quais são os grandes responsáveis pela adsorção de P nos argilominerais do solo, formando a fração de P inorgânico de alta energia, expresso na figura quando este nutriente é adsorvido nos óxidos de Fe e Al, e nos minerais secundários do solo. O conteúdo total de P, fração disponível e distribuição das demais frações são variáveis em função principalmente do material de origem e do manejo adotado para o solo. As frações orgânicas de P são dependentes da quantidade de resíduos depositado no solo e da quantidade de MO presente no mesmo, sendo a liberação dependente da intensidade de atuação da biomassa microbiana do solo.

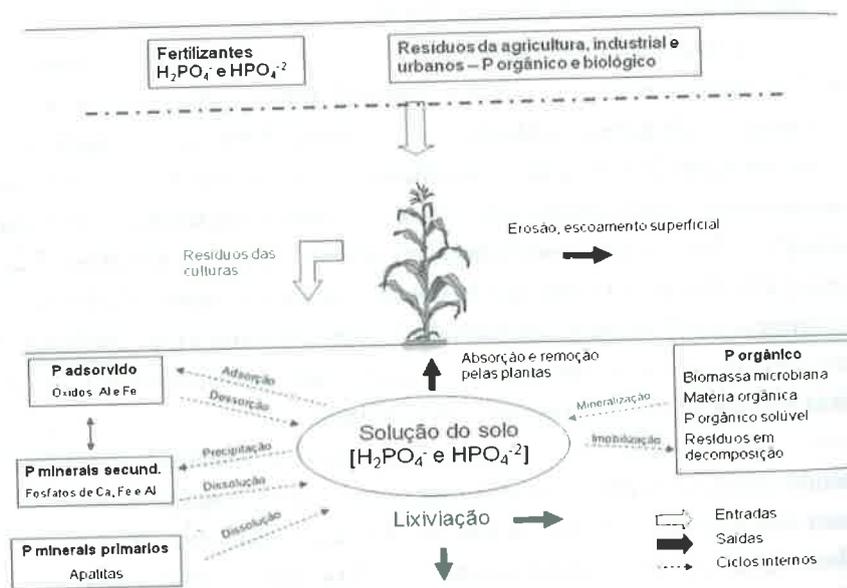


Figura 1. Modelo conceitual do ciclo do P no solo (Adaptado de PIERZYNSKI; McDOWELL; SIMS, 2005).

O sistema de semeadura direta altera a dinâmica do fósforo no solo. Neste sistema o nutriente, além de se acumular nas camadas superficiais, tem seus níveis elevados na forma orgânica, seja pela ausência de mobilização, seja pela produção de ácidos orgânicos que competem pelos sítios de retenção do fósforo (Rheinheimer, 2000). A fração orgânica do P pode ser um importante reservatório deste nutriente nos solos. Assim, o melhor entendimento do comportamento desta forma de P no solo, de acordo com a decomposição dos resíduos orgânicos, pode resultar em melhor manejo do sistema, visando um melhor aproveitamento do fertilizante e diminuindo as adições deste nutriente. Portanto, o tipo e quantidade de resíduos depositados no solo e a velocidade de decomposição do mesmo podem ter interferência direta na disponibilidade de P para culturas como o milho, a soja, etc., além de influenciar na disponibilidade de outros nutrientes, como o N.

As plantas de cobertura são cultivadas visando principalmente à proteção do solo contra erosão e perda de nutrientes. A cobertura vegetal, mantida permanentemente sobre a superfície do solo, em fase vegetativa ou na forma de resíduo é, efetivamente, o manejo mais recomendado para a proteção e conservação do solo (Alvarenga et al., 1995). O cultivo de plantas de cobertura antecedendo a cultura do milho pode resultar em aumento de produtividade, seja pela utilização de espécies leguminosas, que reduzem a necessidade de adubação nitrogenada (Amado et al., 2002), ou pelo cultivo de gramíneas, com maior relação C/N, que devido à sua decomposição mais lenta, proporciona um período mais prolongado de cobertura do solo (Ceretta et al., 2002), além de afetarem a ciclagem e a disponibilidade de outros nutrientes às plantas.

As plantas de cobertura podem também ter um contribuição importante para a disponibilização de P para culturas posteriores. Existem algumas espécies de plantas de cobertura que excretam ácidos orgânicos, os quais competem por sítios de adsorção no solo, deixando o P mais disponível, como é o caso do guandú, tremoço, entre outras. Na Figura 2 estão ilustradas algumas espécies de cobertura com potencial

de uso no Sul do Brasil para o período de inverno, em um experimento que está sendo conduzido em Dois Vizinhos, PR, em Nitossolo Vermelho distroférico típico (EMBRAPA, 2006) com P Mehlich-1 de 6,13 e 4,74 mg dm⁻³ nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, respectivamente. A cobertura do solo com a palhada residual após o manejo das espécies de cobertura é um importante fator quando se considera a proteção do solo (Figura 2b), no momento da semeadura do milho, colocando em evidência a necessidade de plantas de cobertura com alta produção de massa seca.



Figura 1. Modelo conceitual do ciclo do P no solo (Adaptado de PIERZYNSKI; McDOWELL; SIMS, 2005).

Na Tabela 1 estão expressos os resultados obtidos no primeiro ano de uso destas espécies de cobertura, com uso de fosfato solúvel e fosfato natural na produtividade de grãos do milho (recomendação de 135 kg ha⁻¹ com base no P solúvel dos fertilizantes). Para este primeiro ano avaliado não foram significativos os efeitos das plantas de cobertura na produtividade, apenas sendo observada maior produtividade média com o uso dos fertilizantes. No entanto é importante enfatizar que o efeito sobre o rendimento das culturas é esperado ao longo dos anos de cultivo, sendo cumulativo pelo efeito gradual de cada ciclo de cultivo.

Tabela 1. Produtividade grãos de milho em função de plantas de cobertura anterior e fontes de fertilizante fosfatado. Dois Vizinhos, PR, 2009/10.

Espécie de cobertura	Fonte de fertilizante fosfatado			Média
	Sem P	Super Simples	Fosfato Natural	
Testemunha	7020,8	7372,4	8739,6	7710,9 ^{ns}
Ervilhaca	7658,9	9234,4	8728,6	8540,6
Tremoço branco	7789,1	9130,2	9468,8	8796,0
Nabo forrageiro	7515,6	7528,7	8947,9	7997,4
Azevém	6871,1	8375,0	7710,9	7652,3
Aveia preta	6877,0	8934,9	9195,3	8335,7
Trevo	6994,8	8453,1	9312,5	8253,5
Média	7246,7 b	8432,7 a	8871,9 a	

^{ns} Não significativo. Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste Tukey a 5%.

Na literatura brasileira são encontradas diversas publicações abordando o efeito das plantas de cobertura na disponibilidade de P e na produtividade do milho, mas pouquíssimas informações se têm sobre o efeito dessas plantas no sistema solo como um todo, podendo muitas dessas mudanças não ser percebidas, pois o foco principal das pesquisas é outro. Por isso, a avaliação da disponibilidade de P após os cultivos, tanto de plantas de cobertura com para produção de grãos, pode ser um caminho eficiente para melhorar o aproveitamento de P e de outros nutrientes no solo. Isso justifica porque a maioria dos solos brasileiros apresenta alto teor de P total, com possibilidade de ser disponibilizado às culturas, dependendo do manejo utilizado e das reações físico-químicas que ocorrem no solo como consequência desse manejo.

Um dos aspectos importantes a se discutir, é a forma de aplicação da adubação fosfatada, pois se sabe que a adubação a lanço permite maior contato do fertilizante com o solo, evidenciando elevada adsorção do P, o que reduz o aproveitamento do elemento pela planta. Por outro lado, a aplicação localizada diminui a adsorção e, como consequência, pequena porção do sistema radicular entra em contato com o P proveniente do adubo (Prado & Fernandes, 2001). A aplicação no sulco de semeadura é preconizada nos boletins de recomendação de várias regiões do Brasil, como a forma mais eficiente de fornecer este

nutriente para a cultura, com o melhor aproveitamento pelas plantas do P aplicado.

Manter um bom nível de P disponível no solo, ou seja, nas classes de interpretação alto ou muito alto, e manejar a adubação para suprir a necessidade das culturas e as possíveis perdas no solo, é uma forma de manter o potencial produtivo. Mas a forma de aplicação deverá ser sempre na linha de semeadura quando se trabalha com fertilizantes fosfatados solúveis. Isso fica evidente quando considera-se os resultados de Prado & Fernandes (2001), obtidos em um Latossolo Vermelho de Minas Gerais com 5 mg kg⁻¹ de P Mehlich-1 (Figura 3), onde as formas de aplicação na linha foram muito mais eficientes que a aplicação a lanço. Além disso, quando o fertilizante fosfatado foi aplicado na linha, em sulco duplo, houve melhor resposta do milho em produção de grãos, provavelmente pela maior área de contato das raízes com este nutriente, em função de melhor distribuição do fertilizante na área de exploração radicular.

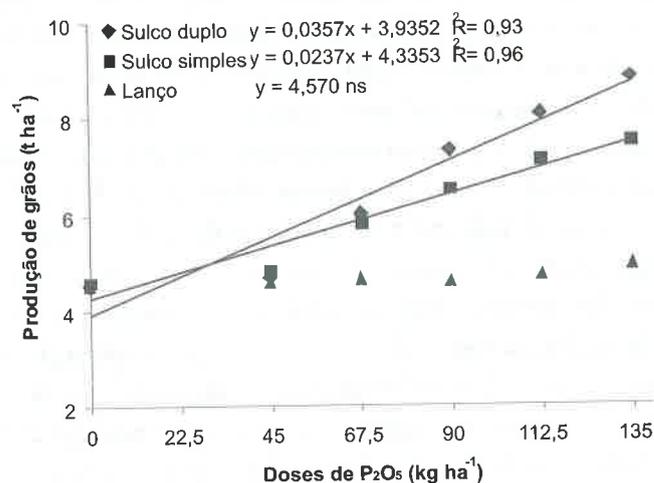


Figura 3. Efeito das doses e formas de aplicação de fertilizante fosfatado na produtividade de grãos da cultura do milho (Adaptado de Prado; Fernandes; Roque, 2001).

É importante enfatizar que a adubação fosfatada deve seguir as recomendações dos boletins técnicos para cada região e para cada cultura e que o produtor deve ter consciência de que a quantidade aplicada normalmente está acima da necessidade da cultura, devido às potenciais retenções deste nutriente no solo, pois a eficiência de absorção do P fertilizante situa-se em torno de 30% no primeiro cultivo. Um bom manejo do solo, com manutenção de palhada e uso de plantas de cobertura pode ser uma forma eficiente de aumentar o aproveitamento do fósforo aplicado via fertilizante, tanto o aplicado na cultura em questão como aquele P usado nas culturas anteriores e que ficou adsorvido no solo por reações químicas, com solubilização potencial.

O fósforo é um nutriente cujo manejo merece atenção especial tanto na cultura do milho, como nas culturas subseqüentes, por ser um dos nutrientes mais exportados, especialmente via grãos. Para cada tonelada de grãos produzida são extraídos 9,8 kg de P₂O₅ e exportada 8,7 kg de P₂O₅, ou seja, 89 % do total absorvido é removido via grãos. De acordo com Von Pinho (2009) o acúmulo total de fósforo para uma produção de 13,5-14,6 t de grãos ha⁻¹ e 32,9-29,6 t ha⁻¹ de MS em dois híbridos de milho avaliados foi de 92 e 76 kg ha⁻¹, respectivamente, sendo o terceiro nutriente mais exportado pela cultura do milho.

4 POTÁSSIO

4.1 Potássio na planta

O potássio (K) é considerado um macronutriente para as plantas, pois é exigido em altas quantidades pelas mesmas, similarmente ao nitrogênio. Embora não faça parte da estrutura química de compostos da planta, esse nutriente tem funções reguladoras muito importantes nas células. Está ligado ao processo fotossintético em vários níveis, participa da síntese do ATP, aumenta a taxa de assimilação de CO₂, regula o uso eficiente da água, controla a abertura e o fechamento estomático, a taxa de transpiração e a difusão do CO₂ atmosférico (Taiz

& Zeiger, 2004). Atua na ativação enzimática, na formação de amido e na síntese de proteínas, além disso, participa do transporte de sacarose e fotoassimilados para os grãos, promove maior resistência ao colmo e, conseqüentemente, redução do acamamento (Kerbauy, 2004). Também apresenta alta mobilidade seja dentro da célula, no tecido vegetal, no xilema ou no floema, e forma ligações com moléculas orgânicas de fácil reversibilidade (Rosolem et al., 2006).

Em plantas de milho as respostas positivas ao potássio são caracterizadas visualmente pela precocidade do aparecimento da inflorescência feminina, uniformidade de maturação, resistência do colmo, maior massa de grãos e redução do acamamento. O suprimento inadequado de potássio pode ocasionar severo índice de aborto de grãos no topo da espiga, resultando em baixas produtividades (Bull & Cantarela, 1993).

O potássio minimiza o efeito da deficiência hídrica sobre a produtividade das culturas, atuando como um importante regulador osmótico pela influência que exerce na prevenção da perda de água. Resultados de pesquisa com plantas de milho têm apontado efeito de variações nas doses de potássio e nos níveis de estresse hídrico sobre o ajustamento osmótico e crescimento das plantas de milho, evidenciando que estas podem se beneficiar do ajuste osmótico em condições de seca moderada quando bem supridas em potássio (Vilela & Büll, 1999).

Em solos com teores muito baixos de potássio tem-se observado aumentos de produção em função da aplicação desse nutriente com doses de até 120 kg de K_2O ha^{-1} (Coelho, 2002). Estima-se que a necessidade de potássio para a produção de 5 t ha^{-1} de grãos de milho está em torno de 106 kg de K_2O ha^{-1} (Bull & Cantarela, 1993). Estudos relacionando a adubação potássica com a saturação por bases, evidenciaram aumento na produção de grãos de milho até a quantidade de 60 mg kg^{-1} de K disponível no solo (Andreotti et al., 2001).

Avaliando o efeito da adição de K e da adubação NPK nos componentes de produção da cultura do milho Viégas & Freire (1961), verificaram que a massa das plantas (folhas e colmo), atingiu em média

5.672 kg ha^{-1} no tratamento com adição de potássio (NPK) e 3.892 kg ha^{-1} no tratamento fertilizado com nitrogênio e fósforo apenas (NP). No mesmo período as produções de grãos foram de 2.743 e 3.791 kg ha^{-1} , respectivamente. O efeito do potássio alcançou um incremento de 38% na produção de grãos e 46% na produção de colmos e folhas. Embora estes resultados sejam bastante antigos, expressam a importância do K como fator importante no acúmulo de massa seca e na produtividade das culturas.

4.2 Potássio no solo

O potássio pode estar presente no solo, na forma indisponível, adsorvido ou fazendo parte dos minerais, sendo liberado lentamente para as culturas, ou disponível, na solução do solo ou retido na forma trocável na CTC da matéria orgânica e argilominerais do solo. O suprimento de K para as plantas provém da solução e dos sítios de troca dos colóides do solo, que estão em equilíbrio com o K não trocável e com o K estrutural dos minerais (Rosolem et al., 2006). O potássio na fase sólida é constituinte da estrutura de minerais primários (feldspatos e micas) e de minerais secundários (ilitas, argilominerais interestratificados, vermiculitas) ou encontra-se adsorvido na superfície de argilominerais e de compostos orgânicos. Ao longo do processo de intemperização, o potássio é liberado da estrutura dos minerais primários para a solução do solo. Portanto, em solos tropicais, altamente intemperizados (ex. Latossolos), os feldspatos potássicos já podem ter sido completamente dissolvidos. Ao passo que em solos menos desenvolvidos ou de regiões temperadas, estes podem ser uma importante fonte de nutriente para as plantas (Wendling, 2005).

A resposta do milho à adubação potássica varia de acordo com as características do solo, a saturação da CTC e da solução por Ca e Mg, o nível inicial disponível deste elemento, a produtividade esperada, a faixa de aplicação do adubo e o material genético estudado (Andreotti et al., 2001). No sistema de plantio direto, o K é aplicado basicamente

na sementeira ou a lanço, na superfície do solo. A eficiência desses dois sistemas de aplicação tem se mostrado semelhante quando o solo apresenta teores elevados (alto ou muito alto) de potássio (Pavinato, 2004). No entanto, quando o solo apresenta teores abaixo do considerado crítico, aumenta a probabilidade de resposta das culturas quando a aplicação é em linha, criando uma zona de alta concentração do elemento próximo à raiz (Wendling, 2005).

De maneira geral, em solos deficientes, a exigência em fertilizantes potássicos é maior por ocasião da sementeira do milho, favorecendo maior desenvolvimento inicial das plantas. Porém, em anos com ocorrência de déficit hídrico após a sementeira, a aplicação de dose alta de potássio no sulco pode prejudicar a germinação das sementes, pelo efeito da salinização. Quando o solo for arenoso ou a recomendação exceder 80 kg ha⁻¹ de K₂O, deve-se aplicar metade da dose na sementeira e o restante em cobertura, no máximo até 30 dias após a sementeira (Coelho, 2002). Nessa mesma linha, as recomendações para RS e SC ressaltam que o limite para não haver problema com salinização na linha de sementeira é de 60 kg ha⁻¹ de K₂O (CQFS, RS/SC, 2004). Portanto, pensando em recomendação aos produtores para a adubação potássica se poderia trabalhar com até a dose limite para aplicação em sementeira (60 kg ha⁻¹ de K₂O) e o restante da dose em cobertura, juntamente com a primeira dose de N (25-35 dias após a sementeira).

No sistema de produção em sementeira direta a quantidade de potássio presente nos resíduos de plantas de cobertura fornece ao solo quantidades consideráveis desse nutriente para as culturas subseqüentes. O potássio disponibilizado pelos resíduos culturais, assim como aquele aplicado via adubação, pode estar sujeito a perdas por lixiviação em função da quantidade de chuvas, da dose do nutriente aplicado e da textura do solo. Rosolem (2006), avaliando a lixiviação de potássio da palhada de plantas, em consequência da aplicação de chuva simulada e da adubação potássica sobre palha de milheto, na superfície do solo, observou que a palhada revelou-se fonte importante de K, o qual é

lixiviado até 4 cm de profundidade por chuvas superiores a 30 mm. A lixiviação de K no perfil do solo mostrou-se proporcional à chuva aplicada, entretanto uma chuva de 50 mm não carregou o nutriente para profundidades superiores a 8 cm.

A cultura do milho para produção de grãos extrai em média 83 a 157 kg de potássio ha⁻¹ em diferentes níveis de produtividade, variando de 3,65 a 10,15 t ha⁻¹ (Tabela 2) (Coelho, 2006). No entanto, quando se pretende produzir silagem, a exportação desse nutriente é ainda mais expressiva, com valores de até 259 kg ha⁻¹ de K sendo retirado da lavoura pela massa da silagem, o que resulta em um desgaste mais rápido do solo quanto a esse nutriente.

A absorção de potássio pela planta de milho ocorre nos estágios iniciais de crescimento, quando a planta acumula 50% de matéria seca aos 60 a 70 dias (Bull & Cantarella, 1993). O pico de absorção e acúmulo de MS do milho inicia na fase vegetativa e se prolonga até o desenvolvimento reprodutivo. O potássio apresenta seu pico de absorção e acúmulo exatamente nesta época, onde a maior concentração é encontrada nos colmos (Karlen et al., 1987). Dessa forma, a exigência em potássio é muito maior quando a cultura se destina a produção de silagem, pois grande parte desse nutriente está presente nas folhas e no colmo das plantas de milho e a colheita para silagem remove cerca de três vezes mais potássio do campo do que na safra de grãos. Segundo Coelho & França (1995), a cultura do milho para produção de silagem extrai em média de 69 a 259 kg de potássio/ha em diferentes níveis de produtividade de MS, variando de 11.60 a 18.65 t/ha. Nussio (1995) relatou que para produção de 12 t MS/ha a extração de potássio foi correspondente a 126 kg/ha. Von Pinho (2009) observou uma extração de potássio de 314 kg ha⁻¹, para uma produtividade de 13,5-14,6 t ha⁻¹ de grãos e 32,9-29,6 t ha⁻¹ de MS, para os dois híbridos de milho, respectivamente.

Jaremtchuk et al. (2006), avaliando a extração de potássio pelas plantas de milho colhidas para silagem em duas alturas de corte verificou que a extração de K oscilou entre 52,95 e 74,05 e entre 47,53 e 59,06 kg ha⁻¹ para altura de 20 e 40 cm respectivamente, evidenciando que com

a elevação da altura de corte de 20 para 40 cm retornaria para o solo em média 19,15% do potássio que é extraído. Pois, conforme já discutido, o K é um elemento constituinte de células, permanecendo em grande parte na palha da cultura, e quando a mesma é também colhida (silagem ou feno), a extração do sistema solo/planta é muito grande. Com isso, deve-se ficar atento para a recomendação de K para o milho silagem, pois a dose deverá ser bem maior que para grãos, uma vez que a exportação será mais elevada. De modo geral, as recomendações de adubação e calagem, visando à manutenção de altas produtividades, exigem um monitoramento periódico da fertilidade do solo, através da análise química, para evitar o seu empobrecimento e/ou o desbalanço de nutrientes (Coelho, 2006).

Tabela 2. Extração média de nutrientes pela cultura do milho destinada à produção de grãos e silagem em diferentes níveis de produtividades.

Tipo de exportação	Produtividade t ha ⁻¹	Nutrientes extraídos ¹				
		N	P	K	Ca	Mg
Grãos	3,65	77	9	83	10	10
	5,80	100	19	95	17	17
	7,87	167	33	113	27	25
	9,17	187	34	143	30	28
	10,15	217	42	157	32	33
Silagem (matéria seca)	11,60	115	15	69	35	26
	15,31	181	21	213	41	28
	17,13	230	23	271	52	31
	18,65	231	26	259	58	32

¹ Para converter P em P₂O₅; K em K₂O; Ca em CaO e Mg em MgO, multiplicar por 2,29; 1,2; 1,39 e 1,66; respectivamente. Modificado de Coelho e França (1995) citado por Coelho (2006).

5 PREDIÇÃO DA PRODUÇÃO DE MILHO POR TÉCNICAS DE MODELAGEM

Dentre os estudos realizados na cultura do milho, diversos autores

apresentam modelos importantes que auxiliam na construção de outros modelos, bem como o desenvolvimento regional. Na cultura do milho, alguns estudos avaliam o efeito da população de plantas sobre a produção de grãos de milho (Dourado Neto et al., 2003), estimam as produtividades potencial e deplecionadas para a cultura do milho no Rio Grande do Sul (Bonnecarrère et al., 2007), estimativa da área foliar na cultura do milho (Manfron et al., 2003), estimativa da matéria seca da parte aérea e produtividade de grãos de milho (Dourado Neto et al., 2005), estimam a produtividade de grãos de milho deplecionada com base no balanço hídrico no solo (Dourado Neto et al., 2004), dentre outros. Porém são raros os casos em que existe a estimativa de produtividades potenciais e deplecionadas para a cultura do milho para a produção de silagem, e que relacionem isso a extração e a necessidade de adubação nitrogenada.

Para os estudos que relacionam a modelagem e a obtenção das quantidades de nitrogênio necessárias para o desenvolvimento de uma cultura Dourado Neto & Detomini (2005), apresentam um modelo que considera a rebrota de pastagens submetido aos sistemas de desfolha intermitente.

5.1 Adubação nitrogenada para produção de grãos de milho

O milho é o principal cereal produzido no Brasil, cultivado em cerca de 14 milhões de hectares, com produção estimada para safra 2008/2009 de aproximadamente 50,11 milhões de toneladas de grãos e produtividade média de 3,6 toneladas por hectare (CONAB, 2009)¹. Entre os fatores que interferem para a baixa produtividade, destaca-se o baixo

¹ Estudos de simulação de produtividades potenciais no "Corn Belt" indicaram produtividades de 31,4 t.ha⁻¹. Já dados reais de produção indicam que na mesma região (Iowa) obteve-se 29,7 t.ha⁻¹ e as maiores produtividades da cultura no Brasil são de 16,8 t.ha⁻¹ (obtida pelo agricultor, Geraldo N. Lacerda, no município de Virginópolis, MG, em 1994) (Coelho et al., 2004). Destaca-se que na safra de 1977/1978 em Salto do Lontra (PR) o agricultor Salézio Weber obteve produtividade de 7.812 kg.ha⁻¹ e na safra de 1979/1980 em Dois Vizinhos (PR) Estanislau Meurer obteve produtividade de 10.685 kg.ha⁻¹ (Coelho et al., 2003), sendo considerados os recordes de produtividade daqueles anos.

investimento e o manejo incorreto da adubação com nitrogênio (N), nutriente absorvido em maior quantidade pelo milho. Sendo que o N é o nutriente que mais influencia na resposta em produtividade de grãos e um dos componentes que mais oneram no custo de produção da cultura (Amado et al., 2002; Silva et al., 2005). No Estado do Paraná, o milho é uma das culturas mais utilizadas no cultivo de verão, sendo o Estado com maior produção nacional deste cereal, com 21% da área total nacional com essa cultura.

Um dos principais problemas do atual sistema de recomendação da adubação nitrogenada, é que a determinação da quantidade de N a ser aplicada no milho é definida antes da semeadura, não ocorrendo o monitoramento deste elemento após a emergência. A variabilidade das condições meteorológicas e de solo, associada aos múltiplos processos que interferem na complexa dinâmica do N no solo (lixiviação, volatilização, imobilização-mobilização, nitrificação, desnitrificação, mineralização) e na sua relação com a planta, podem ocasionar grandes modificações na disponibilidade e na necessidade deste nutriente ao longo do ciclo da planta. A estimativa da quantidade de N necessária para o suprimento nutricional pode ser realizada através de modelos matemáticos que presumem a absorção e exportação de N pelo milho tornando-se uma alternativa para melhorar o aproveitamento deste nutriente em função das condições de solo e clima da região.

Como mencionado, existe uma série de variáveis que condicionam as transformações do N no solo, que são mediadas por microrganismos, e dependem das condições edafoclimáticas, principalmente do tipo de solo, da precipitação pluviométrica e da temperatura (Lara Cabezas et al., 2004). Além disso, as características dos resíduos vegetais da cultura de cobertura antecessora ao milho, irão afetar bastante na imobilização do N da solução, tanto o aplicado via fertilizante como aquele proveniente da MO do solo, pois restos culturais com alta relação C/N têm alto potencial em reter este nutriente para posterior decomposição e mineralização, disponibilizando futuramente às plantas (Amado et al., 2002).

Devido às potenciais perdas do N levantadas anteriormente, as recomendações atuais quanto à época de aplicação são baseadas no período de maior exigência pela cultura. Como o milho exige grandes quantidades de N, e essa exigência é maximizada nos estágios iniciais de crescimento, é recomendado se aplicar uma dose na semeadura, para suprir a necessidade inicial (não maior que 40 kg de N ha⁻¹), e o restante em cobertura. Essa cobertura deverá ser realizada em uma única aplicação, quando a plantas estiver com 4-5 folhas completamente expostas, se a dose for de até 80 kg de N ha⁻¹, ou em dois, ou até três parcelamentos para doses maiores, sendo a primeira dose na fase mencionada anteriormente, a segunda quando as plantas estiverem com 7-8 folhas expostas e, se houver a terceira, quando as plantas estiverem com 10-11 folhas expostas. Sempre levando em conta a recomendação de não aplicar nas horas mais quentes do dia e quando o solo estiver muito seco, especialmente se a aplicação for realizada a lanço, sem incorporação.

A recomendação de adubação nitrogenada para o milho para alta produtividade é baseada na expectativa de produção e no teor de MO no solo. As doses que obtiveram melhores resultados em vários trabalhos de pesquisa em solos argilosos foram entre 120 e 160 kg de N ha⁻¹ (Duete et al., 2008; Pavinato et al., 2008; Silva et al., 2006; Amaral Filho et al., 2005; Souza et al., 2003). Essas doses estão dentro da faixa recomendada para alta produtividade pelos boletins de recomendação (CQFS RS/SC, 2004).

O Paraná ainda não tem um boletim de recomendação oficial para adubação e calagem do solo, sendo utilizados os boletins dos Estados de São Paulo e do Rio Grande do Sul e Santa Catarina como bases para a recomendação para as culturas. Segundo as recomendações oficiais para o RS/SC (CQFS RS/SC, 2004), as doses de N devem ser maiores quando a cultura antecessora for gramínea, devido a possível imobilização. Já quando a cultura antecessora for uma leguminosa, é possível aplicar doses menores de N, uma vez que os resíduos destas leguminosas possuem baixa relação C/N, o que acarreta em mineralização líquida no solo, aumentando a quantidade de N disponível para a cultura posterior.

A eficiência de utilização do nitrogênio proveniente dos fertilizantes também é um ponto importante a ser considerado na adubação nitrogenada. Vários autores têm mostrado que o aproveitamento pelo milho do fertilizante raramente supera 50% quando se objetiva a produção de grãos (Figueiredo et al., 2008; Duete et al., 2008; Urquiaga, 2000), dependendo da forma de aplicação e do parcelamento dessa adubação. Fernandes et al. (2008) apresentam que o milho cultivado na safra 2003/2004 aproveitou 11 e 18% (parte aérea, exceto grãos) e 34 e 47% (grãos) do N aplicado para os tratamentos 30-90 e 60-60 kg de N ha⁻¹ em semeadura e cobertura, respectivamente. Isso implica que grande parte do N é exportada pelos grãos, e o restante do aplicado via fertilizante fica no solo ou é perdido por lixiviação, volatilização, denitrificação ou erosão. Silva et al. (2006) verificaram haver melhor aproveitamento do N quando aplicado em menores doses, uma vez que a conversão em produtividade é melhor nessas doses (Figura 1). No entanto, deve-se ressaltar que boa parte do N das plantas é proveniente do solo (matéria orgânica), e que menores doses promovem menor produção de grãos, mas proporcionalmente produzem mais para cada kg de N aplicado via fertilizante.

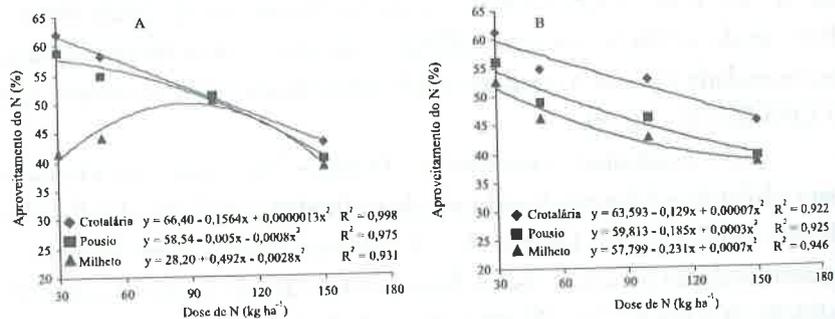


Figura 4. Aproveitamento do N do fertilizante pelo milho, em função de doses de N, aplicadas nos estádios quatro e oito folhas, e de sistemas de cobertura do solo, nos anos agrícolas 2001/2002 (A) 2002/2003 (B). Fonte: Silva et al. (2006).

Por outro lado, Duete et al. (2008) descrevem que a participação do N proveniente do fertilizante não é a maior parte na planta, pois em todas as doses e parcelamentos estudados, a maior proporção foi de N proveniente do solo (Tabela 3). Embora os autores mencionem que pode haver uma substituição do N do solo pelo aplicado via fertilizante, o que significaria que parte do N que se estimou primeiramente estar vindo do solo, poderia ser do adicionado via fertilizante, mas passou para as frações do solo e depois ficou disponível e foi absorvido para a planta. Os autores também mencionam que parte desse N aplicado via fertilizante poderia ser perdido por lixiviação ou volatilização, especialmente nas maiores doses.

Tabela 3. Doses de nitrogênio (D), quantidade de N acumulada, quantidade de N na planta de milho proveniente do fertilizante (QNPPF), aproveitamento pelo milho do N do fertilizante (AP) e quantidade de N no milho nativo do solo (QNPNS), em função de parcelamento de diferentes doses de nitrogênio.

D	Dias após a semeadura				N acumulado		QNPPF		AP		QNPNS		
	0	20	40	60	80	Grão	Palha	Grão	Palha	Grão	Palha		
					Kg ha ⁻¹		%		%		Kg ha ⁻¹		
0						70,3d*	33,6c					70,36d	33,6c
55	15		40			99,5c	33,9c	17,8e	7,2cd	32,5b	13,2b	81,7b	26,7e
55	15	20	20			108,4bc	37,9c	15,5e	5,6d	28,2c	10,2c	92,8*	32,3c
95	15		80			97,5c	33,2c	28,6c	12,8c	30,1bc	13,4b	68,9d	20,4f
95	15	40	40			106,0bc	35,1c	23,0d	9,7c	24,2d	10,2c	83,0b	25,4e
135	15	60	60			142,6*	58,2*	48,6*	22,1*	36,0a	16,4a	94,0a	36,1b
135	15	40	40	40		109,5b	36,9c	30,3c	10,2c	20,7c	7,6d	79,2c	26,7e
175	15	40	60	60		117,6b	45,7b	36,4b	16,6b	20,8c	9,5c	81,2bc	29,1d
175	15	40	40	40	40	135,4a	57,8*	41,7b	18,8ab	23,8b	10,7c	93,7a	39,0a

* médias seguidas por letras diferentes diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. (Modificado de Duete et al., 2008).

O uso de modelos matemáticos para prever o potencial de resposta da cultura do milho à adubação nitrogenada seria uma forma de prever a resposta da cultura às condições de solo e clima de uma determinada região. Tendo os valores de estimativa potencial e as previsões climáticas para o ano agrícola seguinte, se poderia prever o uso mais eficiente de fertilizantes para obtenção de melhor retorno econômico com esta cultura. Por isso, a elaboração de um modelo que

se adapte bem à região, seria uma forma de maximizar o uso de fertilizantes nitrogenados para a cultura do milho.

5.2 Adubação nitrogenada para produção de silagem de milho

O milho é uma das forragens mais usadas para confecção de silagem, pois é uma cultura que produz grande quantidade de massa seca, além de possuir boa qualidade energética e protéica. Quando o milho é colhido para silagem, além dos grãos, a parte vegetativa também é removida, havendo conseqüentemente alta extração e exportação de nutrientes. Assim, problemas de fertilidade do solo se manifestarão mais cedo na produção de silagem do que na produção de grãos, principalmente se a primeira for obtida de uma mesma área por vários anos consecutivos e se não for adotado um sistema de manejo de solo e adubações adequadas.

Embora seja importante que todos os nutrientes extraídos sejam repostos ao solo, o elemento que mais limita a produção e qualidade da silagem de milho é o nitrogênio. Para uma maior eficiência da adubação nitrogenada, diversos fatores devem ser considerados, como pH do solo, teor de matéria orgânica, água, temperatura, fonte de nitrogênio e a forma de parcelamento da adubação nitrogenada. Em trabalho desenvolvido por Melo et al. (1999) na região de sul de Minas Gerais, os autores constataram que as formas de parcelamento da adubação nitrogenada não interferiram na qualidade da silagem produzida, mas o aproveitamento do N foi diretamente influenciado pela dose e época de fornecimento. Isso mostra que o importante é fornecer o mesmo na quantidade e nas épocas ideais para a cultura, o que vale também para a produção de grãos, conforme citado anteriormente.

A produtividade esperada de silagem em uma área pode ser estimada com certa margem de segurança quando se conhece a tecnologia usada pelo agricultor. Nesta avaliação, deve-se levar em conta o manejo de solo e água, cultivares adaptadas e práticas culturais utilizadas pelos agricultores, para com isso se prever um bom retorno

do investimento em fertilizantes nitrogenados.

A concentração de N na parte aérea (grão + palhada) do milho, para altas produções é de 1,18% e 1,06%, respectivamente (Coelho, 2006). Para cálculo da quantidade de N a ser aplicada para silagem, recomenda-se o valor de 1 a 1,2% de N na planta como adequado. Assim, para a produtividade de 16 t de massa seca ha⁻¹ (em torno de 8 t de grãos ha⁻¹) a planta retira do solo em torno de 200 kg de N ha⁻¹ (Tabela 2). Outro parâmetro necessário é a quantidade de N que o solo é capaz de fornecer para a cultura. Em termos médios, os solos tropicais fornecem cerca de 60 a 80 kg de N ha⁻¹ (Coelho et al., 1991; Coelho, 2006), quantidade suficiente para produzir de 6 a 8 t de massa seca ha⁻¹ (3 a 4 t de grãos ha⁻¹).

Um terceiro parâmetro a estimar é a eficiência de aproveitamento dos fertilizantes nitrogenados pelas plantas, isto é, a quantidade de N na planta proveniente dos fertilizantes. Dados da pesquisa realizada com ¹⁵N (Coelho et al., 1991), indicam que, em média, 50 a 60% do N aplicado como uréia foram aproveitados pelas plantas. Sendo de 60%, seria necessária uma adubação da ordem de 200 kg de N ha⁻¹, que corresponde 444 kg de uréia ha⁻¹ para essa produção das 16 t de massa seca ha⁻¹ (Tabela 2). Deve-se ressaltar que solos cultivados com leguminosas e solos de áreas recém desbravadas são mais ricos em N, exigindo menor adubação nitrogenada.

Em relação a épocas de aplicação de N para o milho silagem, as recomendações são as mesmas que para a produção de grãos, ou seja, uma dose em semeadura (até 40 kg ha⁻¹) e o restante em cobertura, podendo ser em uma, duas ou até três aplicações, conforme a dose recomendada. Quanto a doses a serem aplicadas, para silagem a quantidade deverá ser maior que para grãos, para compensar a exportação na parte vegetativa da planta, pois em torno de 70% é translocado para o grão e os outros 30% do N ficam na parte vegetativa. Então, como valor médio, deve ser acrescido esta proporção (30%) na dose recomendada para a produção de grãos para compensar a maior exportação na silagem. Lembrando sempre que é essencial se fazer

rotação de culturas e não utilizar a mesma área por anos consecutivos para produção de silagem, devido a não manutenção de cobertura e suscetibilidade a erosão desses solos.

6 METODOLOGIA DE ESTUDO

A simulação das produtividades, teve como base uma lavoura comercial de milho localizada no município de Dois Vizinhos (Paraná, Brasil), situada na altitude média de 520 m, latitude de 25°44" Sul e longitude de 53°04" Oeste. O clima predominante é do tipo subtropical úmido mesotérmico (Cfa), segundo a classificação de Köppen (Maack, 1968) e a região compõe fisiograficamente o Terceiro Planalto Paranaense. O solo pertence à Unidade de mapeamento Nitossolo Vermelho Distroférrico úmbrico, textura argilosa fase floresta subtropical perenifólia, relevo ondulado (Bhering et al., 2008). Utilizaram-se dados diários referentes aos elementos climáticos (temperatura e precipitação) que foram obtidos por intermédio do Sistema Meteorológico do Paraná (Simepar, 2009), para os meses de outubro de 2008 a maio de 2009.

Os cenários criados para a simulação do crescimento e desenvolvimento da cultura foram os seguintes: genótipos de milho de três ciclos de desenvolvimento²: super precoce (805 °C dia⁻¹), precoce (860,05 °C dia⁻¹) e normal (1045 °C dia⁻¹), sendo testados em cinco épocas de semeadura. Utilizaram-se três épocas para a safra normal, com germinação no 1º dia dos meses de outubro, novembro e dezembro, e também duas épocas na safrinha, com germinação no 1º dia dos meses de janeiro e fevereiro, conforme recomendações da cultura (IAPAR, 2009). A estimação da adubação nitrogenada foi realizada para as 15 combinações possíveis (ciclo x época de germinação) em duas condições de desenvolvimento da cultura (produtividade potencial e produtividade deplecionada). Na condição de **produtividade potencial**, considerou-se não haver estresse de ordem hídrica, com valores de temperatura reais ocorridos em 2009, e manejo nutricional de pragas, doenças e

plantas daninhas seria de modo que os mesmos não interferissem no desenvolvimento da cultura. Além disso, utilizou-se a insolação máxima diária (igual ao fotoperíodo). Na condição de **produtividade deplecionada**, considerou-se a temperatura e precipitação ocorridas no local de estudo. A partir desses dados realizou-se a redução da produtividade potencial por meio do balanço hídrico (conforme apresentado nos prágrafos seguintes). Os dados referentes à precipitação no local foram obtidos junto a Cooperativa Agrícola Mista Duovizinhense Ltda, no período de (janeiro de 1971 a dezembro de 2006). Também considerou-se que a precipitação ocorreria somente à noite, permitindo que a insolação (número de horas de luz) fosse máxima (igual ao fotoperíodo).

6.1 Obtenção da radiação fotossinteticamente ativa (q) a partir da insolação

A estimativa da radiação fotossinteticamente ativa foi obtida por intermédio dos valores de insolação diária (h d⁻¹), sendo a sua estimativa obtida por intermédio das equações abaixo. A declinação solar (δ , radianos) depende somente da posição relativa entre a Terra e o Sol, podendo ser calculada conforme a equação apresentada por Pereira et al. (2002).

$$\delta_j = 23,45 \cdot \text{sen} \left[\left(\frac{360}{365} \right) (J - 80) \right] \quad (1)$$

em que J é o número de ordem do dia do ano (dia Juliano).

O cálculo do ângulo horário do nascer do solo (H_j) é dado por:

$$H_j = a \cos(-\text{tg}(\Phi) \cdot \text{tg}(\delta_j)) \quad (2)$$

em que Φ é a latitude do local e δ_j é a declinação solar.

O fotoperíodo (N, h d⁻¹) refere-se ao intervalo entre o nascer e

o pôr do sol em um determinado dia, também chamado de duração do dia, calculado pela seguinte equação:

$$N_j = \frac{2.H_j}{15} \quad (3)$$

A irradiância solar extraterrestre diária que atinge uma superfície horizontal no topo da atmosfera (Q_o , MJ m⁻² d⁻¹), é função da latitude e da declinação solar.

$$Q_o_j = 37,6 \cdot \left[1 + 0,033 \cdot \cos\left(NDA_j \cdot \frac{360}{365}\right) \right] \cdot \left[\left(\frac{\pi}{180}\right) H_j \cdot \sin\Phi \cdot \sin\delta_j + \cos\Phi \cdot \cos\delta_j \cdot \sin H_j \right] \quad (4)$$

A estimativa da irradiância solar global diária (Qg_j , MJ.m⁻².d⁻¹) é função da Qo_j , da absorção e da difusão atmosférica e da insolação, e pode ser calculada da seguinte forma:

$$Qg_j = Qo_j \cdot \left[0,29 \cdot \cos\Phi + 0,52 \cdot \frac{n_j}{N_j} \right] \quad (5)$$

em que n_j é a insolação no dia juliano j .

A radiação fotossinteticamente ativa (q_j , cal cm⁻² min⁻¹)³ foi estimada por intermédio da equação apresentada por Assunção (1994).

$$q_j = \frac{Qg_j}{N_j \cdot 60} \cdot \left(0,5 - 0,1 \cdot \frac{n_j}{N_j} \right) \quad (6)$$

6.2 Estimação da assimilação de dióxido de carbono (ADC)

A assimilação de dióxido de carbono foi apresentada por Heemst (1986) em plantas C4, que propõe seguinte modelo para assimilação de CO₂:

³ 1MJ equivale a 238.662,345287 Calorias. Fonte: <http://www.ipem.sp.gov.br/> (2009).

$$Adc_j = a \cdot e^{-\frac{1}{2} \left\{ \frac{1}{c} \left[\ln\left(\frac{q}{b}\right) \right]^2 + \frac{1}{f} \left[\ln\frac{Tm}{d} \right]^2 \right\}} \quad (7)$$

em que Adc_j se refere à assimilação de CO₂ (μL.cm⁻².h⁻¹), q à radiação solar absorvida (cal.cm⁻².min⁻¹, 0 < q ≤ 0,4), Tm à temperatura média diária (°C, 15 ≤ T ≤ 35), e a , b , c , d , f aos parâmetros empíricos determinados através de análise de regressão múltipla ($a = 262,9636617$ μL.cm⁻².h⁻¹; $b = 0,468547664$ cal.cm⁻².min⁻¹; $c = 1,230198161$; $d = 33,54420813$ °C; $f = 0,538660895$).

Considerando-se a massa bruta de carboidrato produzida como sendo o valor médio diário (C), estimado a partir do número de graus-dia, da emergência ao florescimento (GDf , °C dia) e da duração da fase reprodutiva, conhecendo-se o fotoperíodo médio do ciclo (H) e o índice de área foliar diário (IAF , m² m⁻²), obtido a partir do IAF nas diferentes fases, pode-se estimar a produtividade de carboidrato total (MCH_2O , kg ha⁻¹ C⁻¹), por meio das seguintes equações:

$$IAF_j = \alpha_0 \cdot Dr_j^3 + \alpha_1 \cdot Dr_j^2 + \alpha_2 \cdot Dr_j \quad (8)$$

$$FC_{IAF_j} = b_0 \cdot Po + b_1 \quad (9)$$

$$IAFC_j = IAF_j \cdot FC_{IAF_j} \quad (10)$$

em que α_0 , α_1 e α_2 se referem aos parâmetros empíricos determinados por intermédio de análise de regressão, sendo $\alpha_0 = -27,139$ m².m⁻²; $\alpha_1 = 25,999$ m².m⁻² e $\alpha_2 = 3,1745$ m².m⁻². O fator de correção do IAF (FC_{IAF}) em que b_0 é equivalente a 0,1176, b_1 é equivalente a 0,2915 e Po é número de plantas por metro linear (seis). O IAF , o fator de correção (FC_{IAF}) para a densidade de plantas (Po , plantas.m⁻²), e o IAF corrigido (IAF_{cj}), bem como os parâmetros empíricos foram propostos por Figueredo Junior et al. (2005).

$$M_{CH_2O} = \frac{36,585 \cdot P \cdot ACD_j \cdot IAF_j \cdot C \cdot N_j}{T + 273} \quad (11)$$

em que P se refere à pressão atmosférica local (valor utilizado igual a 953 mmHg) e T, à temperatura do ar (°C);

O ciclo da cultura foi obtido por meio do número de graus dias para o florescimento do genótipo (GD_f):

$$C = \frac{GD_f}{T - T_b} + D_{fr} \quad (12)$$

em que T_b se refere à temperatura basal (10°C) da cultura (Villa Nova et al., 1972), D_{fr}, à duração da fase reprodutiva (dias) que no caso de milho para grão foi de 65 dias e do milho para silagem foi de 45 dias e T equivale a temperatura média diária.

$$C = \frac{GD_f}{T - T_b} + D_{fr} \quad (13)$$

A transformação da massa bruta de carboidrato total final (MCH₂O) em massa de matéria seca dos diferentes órgãos (grãos, folhas, colmo e raízes) deve ser realizada segundo alguns estudos teóricos. Com base no conceito de Wit (1982) e a partir de dados experimentais apresentados por Doorenbos & Kassam (1994), calibrados para ampla faixa de condições climáticas, as correções necessárias para estimar a produtividade potencial da cultura de milho foram realizadas. A correção para respiração de manutenção e crescimento corresponde à matéria seca consumida nos referidos processos ao longo do desenvolvimento. Tal correção depende da temperatura média do ar (T, °C), expressa por:

$$CR_{mc} = \gamma_0 + \gamma_1 T + \gamma_2 T m \quad (14)$$

em que γ_0 , γ_1 e γ_2 se referem aos parâmetros empíricos determinados em análise de regressão ($\gamma_0 = -0,545$; $\gamma_1 = 0,0786$; $\gamma_2 = -0,0013$), segundo Doorenbos & Kassam (1994) e utilizada por Figueredo Junior (2004). A partir daí foi realizada a correção para interceptação luminosa, baseando-se na Lei de Beer-Bouguer-Lambert (Ometto, 1981), sendo possível estimar a interceptação da radiação solar por uma comunidade

de plantas, com a correção da radiação solar média absorvida, obtida em função do índice de área foliar médio da cultura durante o ciclo:

$$CR_s = 1 - e^{-kIAF_j} \quad (15)$$

$$k_j = d_0 + d_1 \sqrt{IAFcr_j} \quad (16)$$

em que k se refere ao coeficiente de extinção da radiação, e d₀ e d₁ aos parâmetros empíricos determinados em análise de regressão (d₀ = 0,27697; d₁ = -0,06097), segundo Doorenbos & Kassam (1994) e utilizada por Figueredo Junior (2004).

A partição de fitomassa destinado para a formação de raízes (Aloc_{raiz}) é obtida por:

$$Aloc_raiz = ar_0 + Dr_j * ar_1 + ar_2 * Dr_j^2 \quad (17)$$

Em que ar₀ = 0,378042696; ar₁ = -0,95480297 e ar₂ = 0,580822954, segundo Figueredo Júnior (2004).

A partição de fitomassa aérea é dado por:

$$Aloc_part_aerea = 1 - Aloc_raiz \quad (18)$$

A produtividade potencial diária (PP_p, kg ha⁻¹) foi dada por:

$$PP = \frac{MCH_2O \cdot CR_{mc} \cdot CR_s \cdot Aloc_part_aerea}{1 - u} \quad (19)$$

Em que u se refere à umidade do grão após a secagem, utilizando-se 13%.

A produção diária bruta de carboidratos será deplecionada em função da temperatura e por intermédio da quantidade real de água disponível no solo às plantas. Primeiramente deve-se simular os dias chuvosos e a quantidade de chuva que ocorre em cada um deles. Deve-se simular um número com distribuição uniforme. Se o número gerado for menor ou igual à probabilidade do dia em questão, então considera-

se que o dia seja chuvoso, caso contrário a chuva é igual a zero. Além disso, devem ser considerados os valores mínimos e máximos ocorridos na série histórica do local.

Na literatura (Allen et al., 1998; Pereira et al., 1997) são citados alguns métodos para o cálculo da evapotranspiração potencial (Etp, mm.d⁻¹), dentre eles, Thornthwaite (1948), o Tanque Classe A (FAO 56), Penman-Monteith (FAO 56), Hargreaves & Samani (1985). A utilização de determinada metodologia está relacionada à disponibilidade das informações meteorológicas. No presente caso, utilizou-se a metodologia proposta em Thornthwaite (1948) para calcular a evapotranspiração potencial, sendo:

$$ETp_i = 16 \left(10 \frac{T_i}{I} \right)^a \cdot \frac{n_i}{N_i} \cdot \frac{ND_i}{30} \quad (20)$$

em que, I e a são os parâmetros da equação (e serão estimados na seqüência), n é a insolação (h.d⁻¹), N é o comprimento do dia (h.d⁻¹), ND é o número de dias do período em questão e T_m é a temperatura média do i -ésimo período.

$$I = \sum_{m=1}^{12} (0,2.T_m)^{1,514} \quad (21)$$

$$a = 6,75 \times 10^{-7} I^3 - 7,71 \times 10^{-5} I^2 + 1,7912 \times 10^{-2} I + 0,49239 \quad (22)$$

A evapotranspiração da cultura é apresentada por Doorenbos & Kassam (1979), sendo definida como:

$$ETc_i = Kc_i \cdot ETp_i \quad (23)$$

em que, Kc é o coeficiente de cultura e ETp é a evapotranspiração potencial.

Os valores do coeficiente de cultura são definidos por Doorenbos & Kassam (1979), onde variam em função do desenvolvimento relativo, na seguinte forma: Se $Dr < 0,24$ então $Kc =$

0,4; se o $Dr \geq 0,24$ e $Dr < 0,5$ então $Kc = 0,8$; se o $Dr \leq 0,5$ e o $Dr < 0,61$ então $Kc = 1,15$; se o $Dr \geq 0,61$ e $Dr < 0,74$ então o $Kc = 0,8$; e se o $Dr \geq 0,74$ então $Kc = 0,5$.

O balanço hídrico normal segue a seqüência apresentada por Thornthwaite & Mather (1955). Deve-se, primeiramente, determinar os valores de negativos acumulados (L_i) e do armazenamento (Arm) (simultaneamente) da seguinte forma: Se a precipitação do dia menos a evapotranspiração potencial forem menor que zero, primeiramente deve ser calculado o negativo acumulado, ou seja, os valores acumulados de precipitação menos evapotranspiração e, posteriormente, calcula-se o valor de armazenamento:

$$Arm_i = CAD \cdot e^{\left| \frac{L_i}{CAD} \right|} \quad (24)$$

em que, CAD é a capacidade de água disponível.

Porém, se $(P-ETp) \geq 0$, calcula-se primeiro o ARM [$ARM = ARM$ anterior + $(P-ETp)$] e, posteriormente, calcula-se o L_i :

$$L_i = -CAD \cdot \ln \left(\frac{Arm_i}{CAD} \right) \quad (25)$$

Nessa condição, o L_i deve ser determinado caso haja um próximo período com $(P-ETp)$ inferior a 0.

Em seguida, deve-se calcular a alteração no armazenamento, que será o armazenamento atual menos o armazenamento anterior. Com isso, pode-se calcular a evapotranspiração real (Etr):

$$\begin{aligned} \text{Se}(P-ETp) < 0 & \quad ETr = P + |Alt| \\ \text{Se}(P-ETp) \geq 0 & \quad ETr = ETp \end{aligned} \quad (26)$$

O coeficiente de sensibilidade da cultura à deficiência hídrica, para a cultura de soja, foi modificado dos valores apresentados Doorenbos & Kassam (1979), e a partir daí pode-se utilizar as relações entre evapotranspiração real e máxima para determinar a produtividade

deplecionada (PD, kg ha⁻¹) da cultura, em função da produtividade potencial (PP, kg ha⁻¹).

$$PD = PP \left[1 - Ky_i \left(1 - \left(\frac{ET_i}{ET_c} \right) \right) \right] \quad (27)$$

Quando o $Dr \leq 0,24$ então Ky valerá 0,2; quando o Dr estiver entre 0,24 e $\leq 0,4$ o Ky valerá 0,4; quando o Dr estiver entre 0,4 e $\leq 0,8$ o Ky será 0,6; quando o Dr estiver entre 0,48 e $\leq 0,61$ o Ky será 0,8; quando o Dr estiver entre 0,61 e $\leq 0,9$ o Ky será 0,9; e quando o Dr for superior a 0,9 o Ky igual a 1.

6.4 Estimação da quantidade de nitrogênio

A partir da produtividade potencial e deplecionada em cada um dos cenários simulados anteriormente, estimou-se a quantidade de nitrogênio necessário para as referidas produtividades. Os parâmetros utilizados estão descritos na Tabela 3 abaixo.

Tabela 3. Parâmetros utilizados para estimação da quantidade necessária de nitrogênio para a produção de grãos e produção de silagem.

Parâmetros	Grão	Silagem	Fonte
Índice de Colheita	0,50	0,90	Doorenbos & Kassam (1994), Lima (1995), Gadioli (1999), Barros (1998), Sá (2001).
Teor de Proteína	0,12	0,12	Oliveira et al., 2007
Teor de Nitrogênio na Proteína	0,17	0,17	Dourado Neto & Detomini (2005)
Teor de Nitrogênio em Outras Partes	0,01	0,01	Dourado Neto & Detomini (2005)
Nitrogênio do Solo	0,60	0,60	Figueiredo et al., 2008; Duete et al., 2008; Urquiaga, 2000), Fernandes et al. (2008)
Eficiência da Utilização do Nitrogênio	0,42	0,57	Figueiredo et al., 2008; Duete et al., 2008; Urquiaga, 2000), Fernandes et al. (2008)

Com base nos parâmetros citados anteriormente, estimou-se a quantidade de nitrogênio necessária para a produção de grãos e silagem

(Dourado Neto, 2005)⁴ e Dourado Neto & Detomini (2005).

$$QN = \frac{PE}{IC.EF} [TPG.TNP.IC + (1 - IC)TNOP](1 - NS) \quad (28)$$

Em que, PE refere-se à produtividade esperada (grãos ou silagem), IC ao índice de colheita, TPG ao teor de proteína no grão, TNP ao teor de nitrogênio na proteína, TNOP ao teor de nitrogênio em outras partes, NS ao nitrogênio proveniente de outras partes e EF a eficiência de utilização de nitrogênio pelas plantas.

6.5 Considerações gerais

Com base no modelo proposto, verificou-se que a produção de grãos potencial (Tabela 4), pode variar de 8.581 kg ha⁻¹ até 16.867 kg ha⁻¹, e a produção deplecionada pode variar de 3.853 kg ha⁻¹ até 10.803 kg ha⁻¹. A produtividade potencial nessa magnitude já foi observada por outros autores (Bonnecarrère et al., 2007; Dourado Neto et al., 2004) com dados de outras regiões. No caso da produtividade deplecionada, valores próximos aos simulados já foram obtidos na região e próximos a região de estudo (Coelho et al., 2003; Coelho et al., 2004). Essas produtividades foram obtidas em ciclos condizentes com os que ocorrem a campo. Além disso, o índice de área foliar teve seus valores máximos variando de cinco a seis, estando dentro dos intervalos propostos pela literatura (Manfron et al., 2003).

Quanto a produção de silagem, verifica-se que o potencial de produção de fitomassa seca é de até 30.000 kg ha⁻¹ e esse potencial vai sendo reduzido conforme se atrasa a época de semeadura, bem como quando se utilizam genótipos com o ciclo mais precoce, assim como observado para a produção de grãos. A produção deplecionada de silagem atinge o máximo de 18.765 kg ha⁻¹ (Tabela 4).

⁴ Anotações realizadas na disciplina de Modelagem na Agricultura ministrada pelo professor Durval Dourado Neto e cursada pelo primeiro autor em 2008, com algumas adaptações.

Em linhas gerais, a melhor época para a produção de silagem é no início do período recomendado para a cultura do milho, independentemente de ser para produção de silagem ou grãos, utilizando-se ciclos mais longos. Evidentemente que essa decisão deve levar em conta o planejamento agrícola da propriedade e não pode ser recomendada a todas as situações, além disso, deve-se verificar o destino da produção e a produtividade almejada.

A variação da fitomassa de raízes, grãos, parte aérea e total para cinco datas de germinação do genótipo normal, em termos de fitomassa seca e fresca, podem ser observadas na Figura 1, para o grupo Precoce. Por meio da Figura 1, é possível observar que ao se atrasando a época de semeadura existe uma redução da produtividade das diversas partes componentes da cultura do milho (grão e silagem). Além disso, as variações climáticas são responsáveis por reduções significativas na produção de matéria seca e fresca, em alguns casos ultrapassando 50% do potencial produtivo. Como o coeficiente de redução da produtividade de grãos é obtido pelo balanço hídrico com os valores médios de precipitação, existe possibilidade de verificar-se reduções ainda mais acentuadas em anos atípicos de seca, ou ainda, produções reais melhores que as estimadas nesse modelo.

A quantidade estimada de nitrogênio necessário para a cultura do milho, para obtenção da produtividade potencial, está elevada, variando desde 248,44 até 488,36 kg de N ha⁻¹ para produção de grãos, e de 374,65 até 650,70 kg de N ha⁻¹ para produção de silagem (Tabela 4). No entanto, como os fatores climáticos são os determinantes da produção das culturas, quando se considera a produtividade deplecionada, teremos a necessidade de 111,58 até 312,79 kg de N ha⁻¹ para produção de grãos, e de 163,56 até 413,30 kg de N ha⁻¹ para produção de silagem, para os diferentes ciclos e épocas de semeadura usados na simulação. A necessidade de N na produtividade deplecionada está próxima da necessidade real das culturas, pois de acordo com o boletim de recomendação para o RS/SC (CQFS RS/SC, 2004) a quantidade recomendada de N para produção de 10.000

kg ha⁻¹ de grãos de milho, para um solo com teor médio de matéria orgânica, fica entre 140 e 160 kg de N ha⁻¹. Considerando que há mais uma quantidade fornecida via solo, pela decomposição da matéria orgânica, o resultado final fecharia com a necessidade da cultura. Por meio do modelo proposto a necessidade de nitrogênio está altamente correlacionada com a produtividade das culturas. Dessa forma, em produtividades potenciais, tanto de grãos quanto de silagem a necessidade do nitrogênio é elevada, devido justamente à exportação de matéria seca, na qual está contido os elementos minerais.

6.6 Considerações finais

O conhecimento da função de cada um dos nutrientes nas plantas, bem como o manejo da cultura do milho para a produção de silagem no que diz respeito à aplicação dos nutrientes (N-P-K), amplia a produtividade de silagem e sua qualidade. Além disso, a manutenção da fertilidade do solo proporciona um ecossistema equilibrado e produtivo. Os estudos relacionados à modelagem na produtividade devem ser ampliados, por facilitar o entendimento e nortear os experimentos de campo, direcionando as pesquisas para obtenção de resultados mais efetivos.

Tabela 4. Produtividade potencial (PP) e deplecionada (PD) de grãos (G) e silagem (S), necessidade de nitrogênio e ciclo da cultura (Dias), para os diferentes grupos de florescimento (normal, precoce e super precoce) para as diferentes datas de germinação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus Dois Vizinhos*, 2009.

		Grãos			Silagem		
		G	N	Ciclo	S	N	Ciclo
PP	Normal	16867,54	488,36	152	29545,27	650,70	132
					18765,92	413,30	
PD	Precoce	15492,83	448,55	139	26687,07	587,75	119
					17372,57	382,61	
PP	Super Precoce	15075,47	436,47	135	25752,97	567,18	115
					16613,19	365,89	
PD	Normal	9553,16	276,59	144	27574,96	607,31	124
					17697,78	389,77	
PP	Precoce	14497,22	419,73	131	24923,88	548,92	111
					15838,46	348,83	
PD	Super Precoce	9269,26	268,37	127	24119,26	531,20	107
					15283,62	336,61	
PP	Normal	14106,54	408,42	143	26121,43	575,30	123
					16068,01	353,88	
PD	Precoce	8997,85	260,51	129	23569,16	519,09	109
					14894,64	328,04	
PP	Super Precoce	13239,16	383,31	125	22806,63	502,29	105
					14542,16	320,28	
PD	Normal	8077,51	233,86	143	23443,83	516,33	123
					12031,55	264,98	
PP	Precoce	11980,10	346,85	129	21901,37	482,35	109
					11698,72	257,65	
PD	Super Precoce	6079,51	176,02	126	21479,35	473,06	106
					11660,51	256,81	
PP	Normal	11876,44	343,85	156	17010,83	374,65	136
					11660,51	256,81	
PD	Precoce	6063,13	175,54	160	17063,87	375,81	140
					7510,59	165,41	
PP	Super Precoce	8581,02	248,44	175	17151,34	377,74	155
					3853,91	111,58	
PD	Normal	8624,59	249,70	175	17151,34	377,74	155
					3902,91	113,00	
PP	Precoce	8890,80	257,41	175	17151,34	377,74	155
					4089,65	118,41	
PD	Super Precoce	4089,65	118,41	175	17151,34	377,74	155
					4089,65	118,41	

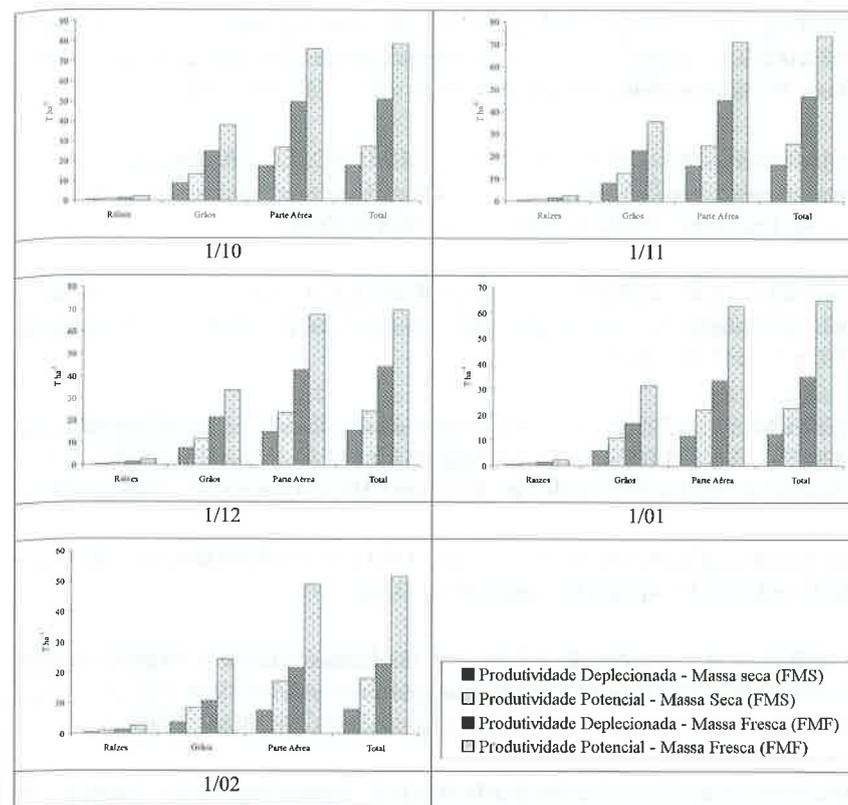


Figura 1. Produtividade potencial e deplecionada com base na fitomassa seca e fresca para o grupo Precoce (860,05°C) para a produção de silagem, nas diferentes frações de acumuladas durante o ciclo (raízes, grãos, parte aérea e total) nas diferentes datas de germinação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G. *Guidelines for computing crop water requirements*. Rome: FAO, 1998. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M.; MOURA FILHO, W. et al. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.30, n.2, p.175-185, 1995.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, p.241-248, 2002.

AMARAL FILHO, J. P. R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R., et al. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, p.467-473, 2005.

ANDREOTTI, M.; RODRIGUES, J. D.; CRUSCIOL, C. A. C., et al. Crescimento do milho em função da saturação por bases e da adubação potássica. *Scientia Agricola*, v.58, n.1, p.145-150, 2001.

ANGHINONI, I.; BISSANI, C. A. Fósforo e adubos fosfatados. In: BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J.; CAMARGO, F. A. O. (Org.). *Fertilidade dos solos e Manejo da Adubação de Culturas*. 1 ed. Porto Alegre, Genesis, v.1, 2004. p.117-138.

BALL, D.M.; HOVELAND, C. S.; LACEFIELD, G. D. *Southern forages*. 4. Ed. Georgia: Potash and Phosphate Institute, 2007. 322 p.

BARROS, A.H.C. *Análise de crescimento, do desenvolvimento e da produtividade da cultura do milho (Zea mays L.): Experimentos e modelos*. 1998. 85p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

BHERING, S. B. et al. *Mapa de solos do Estado do Paraná: legenda atualizada*. Rio de Janeiro: EMBRAPA/IAPAR. 2008. 74p.

BROCH, D. L.; RANNO, S. K. Fertilidade do solo e adubação do milho safrinha. *Tecnologia e Produção - Culturas: Safrinha e Inverno*, 2007.

BONNECARRÈRE, R.A.G.; DOURADONETO, D.; MARTIN, T.N., et al. Estimativa das produtividades potencial e deplecionada da cultura de milho no Estado do rio grande do sul em função das condições climáticas. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 15, p. 280-288, 2007.

BÜLL, L. T.; CANTARELLA H. Cultura do milho: Fatores que afetam a produtividade. *Piracicaba: Potafos*, p. 63-145, 1993.

BUSATO, C.; FONTES, P. C. R.; BRAUN, H., et al. Valor de índices agronômicos da planta associada à dose adequada de nitrogênio para a produção de tubérculos de cultivares de batata. *Horticultura Brasileira*, v. 26, p. 4098-4103, n.2, 2008.

CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. In: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. (Ed.). *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.147-185.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; HERBES, M. G., et al. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. *Ciência Rural*, v.32, n.1, p.49-54, 2002.

COELHO, A. M. Nutrição e Adubação do Milho. Embrapa Milho e Sorgo. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (CIRCULAR TÉCNICA, 78), 2006. 10P.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. de; BAHIA FILHO, A. F. C. Nutrição e adubação do milho forrageiro. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. *Milho para silagem: tecnologias, sistemas e custo de produção*. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, (Circular Técnica, 14). 1991. p.29-73.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. Seja o doutor do seu milho, nutrição e adubação. *Arquivo do Agrônomo* n° 2, Potafos, p.1-9, 1995.

COELHO, A.M.; CRUZ, J.C., PEREIRA FILHO, I. A. Rendimento de Milho no Brasil: Chegamos ao Máximo? IN. *ENCARTE TÉCNICO POTAFOS, INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS*, 2003, 12 p.

COELHO, A.M.; CRUZ, J.C., PEREIRA FILHO, I.A. Desafios Para a Obtenção de Altas Produtividades de Milho. *COMUNICADO TÉCNICO, 99*, EMBRAPA, SETE LAGOAS (MG), 2004, 20p.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. de; PITTA, G. V. et al. Cultivo do milho: Nutrição e adubação. *Ministério da agricultura Pecuária e Abastecimento*, Comunicado técnico 44, ISSN 1679-0162, 2002.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS RS/SC). *MANUAL DE ADUBAÇÃO E DE CALAGEM PARA OS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E SANTA CATARINA*. 10.ED. PORTO ALEGRE: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO/NÚCLEO REGIONAL SUL, 2004. 400P.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Estimativa de produção de grãos. MAPA/CONAB, Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/sureg/RS/12prevprod09.pdf>>. Acesso em: 07 out. 2009.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Trad. de GHEYI, H. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

DOURADO NETO, D.; DETOMINI, E. R. Modelo de adubação nitrogenada aplicável a rebrota de pastagens submetidas a sistemas de desfolha intermitente. **Pasturas Tropicais**, v. 27, n. 2, p. 18-25, 2005.

DOURADO NETO, D.; NASS, L.L.; MANFRON, P.A., et al. Modelos matemáticos-fisiológicos para estimar matéria seca da parte aérea e produtividade de grãos de milho. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 11, n. 4, p. 409-418, 2005.

DOURADO NETO, D.; PALHARES, M.; VIEIRA JÚNIOR, P.A., et al. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, n. 3, p. 63-77, 2003.

DOURADO NETO, D.; SPAROVEK, G.; FIGUEREDO JÚNIOR, L.G.M., et al. Modelo para estimação da produtividade de grãos de milho deplecionada com base no balanço hídrico no solo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 12, n. 1, p. 359-367, 2004.

DUARTE, A. P.; KIEHL, J. C.; CAMARGO, M. A. F., et al. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em cultivares de milho originárias de clima tropical e introduzidas de clima temperado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.3, p.1-20, 2003.

DUETE, R.R.C.; MURAOKA, T.; SILVA, E.C., et al. Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (15N) pelo milho em Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.161-171, 2008.

EMBRAPA - CNPS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ª. Edição. Brasília: EMBRAPA. Rio de Janeiro, 2006. 412p.

FERNANDES, F.C.S.; LIBARDI, P.L.; TRIVELIN, P.C.O. Parcelamento da adubação nitrogenada na cultura do milho e utilização do N residual pela sucessão aveia preta-milho. **Ciência Rural**, v.38, n.4, p.1138-1141, 2008.

FIGUEIREDO, C. C.; RESCK, D. V. S.; URQUIAGA, S., et al. Eficiência de utilização de nitrogênio no milho em solo sob sistemas de manejo no cerrado. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS. Brasília, 2008.

FIGUEREDO JÚNIOR, L. G. M. **Modelo para estimativa de produtividade da cultura de milho no estado de São Paulo**. 2004. 69 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

FONTANELI, R.S.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P. dos, et al. Rendimento e valor nutritivo de cereais de inverno de duplo propósito: forragem verde e silagem ou grãos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 111, p. 2116-2120, 2009.

GADIOLI, J.L. **Estimativa de rendimento de grãos e caracterização fitotécnica da cultura de milho (*Zea mays* L.)**. 1999. 86p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Applied Engineering Agriculture**, v.1, n.2, p.96-99, 1985.

HEEMST, H.D.J. van. Physiological principles. In: VAN KEULEN, H.; WOLF, J. **Modeling of agricultural production: Weather, soils and crops**. Wageningen: Pudoc, 1986. p. 13-26.

HASEGAWA, T.; HORIE, T. Leaf nitrogen, plant age and crop dry matter production in rice. **Field Crops Research**, v.47, p.107-116, 1996.

IAPAR, Instituto Agrônomo do Paraná, acesso em 10 de agosto de 2009, disponível em <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1089>.

JAREMTCHUK, A.R.; COSTA, C.; MEIRELLES, P.R. de L. et al. Produção, composição bromatológica e extração de potássio pela planta de milho para silagem colhida em duas alturas de corte. **Sciencia Agrônômica**, v. 28, n. 3, p. 351-357, 2006.

KARLEN, D.L.; FLANNERY, R.L.; SADLER, E.J. Nutrient and dry matter accumulation rates for high yielding maize. **J. Plant. Nutrition**, v.10, n.9/16, p.1409-1417, 1987.

KERBAUY, Gilberto Barbante. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro, RJ, Ed. Guanabara Koogan S.A, p.56-113, 2004.

LARA CABEZAS, W. A. R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S., et al. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado. **Ciência Rural**, v.34, p.1005-1013, 2004.

LAM, H.M., COSCHIGANO, K.T., OLIVEIRA, I.C., et al. The molecular-genetics of nitrogen assimilation into amino acids in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, v.47, p.569-593, 1996.

LARCHER, W. *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos, Rima, p. 203-207, 2000.

LIMA, M.G. *Calibração e validação do modelo Ceres-maize em condições tropicais do Brasil*. 1995. 119p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

MAACK, R. Geografia física do Estado do Paraná. Curitiba: **Banco do Desenvolvimento do Paraná**. 1968. 350p.

MANFRON, P.A.; DOURADO NETO, D.; PEREIRA, A.R., et al. Modelo do índice de área foliar da cultura de milho. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.11, n.2, p.333-342, 2003.

MELO, W.M.C.; PINHO, R.G.V.; PINHO, E.V.R.V., et al. Parcelamento da adubação nitrogenada sobre o desempenho de cultivares de milho para produção de silagem. *Ciência e Agrotecnologia*, v.23, p.608-616, 1999.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, DPS, 1999. 399p.

NTANOS, D.A.; KOUTROUBAS, S.D. Dry matter and N accumulation and translocation for Indica and Japonica rice under Mediterranean conditions. *Field Crops Research*, v.74, p.93-101, 2002.

NUSSIO, L.G. Milho e sorgo para produção de silagem. In: **Volumosos para bovinos**. Piracicaba: FEALQ, p.75-178, 1995.

OLIVEIRA, J.P.; CHAVES, L.J.; DUARTE, J.B., et al. Qualidade física do grão em populações de milho de alta qualidade protéica e seus cruzamentos. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.37, p.233-241, 2007.

OMETTO, J.C. *Bioclimatologia vegetal*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 440p.

PAVINATO, P. S.; CERETTA, C. A.; GIROTTO, E., et al. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. *Ciência Rural*, v.38, p.358-364, 2008.

PAVINATO, P.S. **Adubação em sistemas de culturas com milho em condições de sequeiro ou irrigado por aspersão**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C.; **Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações Práticas**. Piracicaba, Agropecuária, 2002, 477 p.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Aspectos econômicos da adubação fosfatada para cultura do milho. *Scientia Agrícola*, v.58, n.3, p.617-621, 2001.

SÁ, J. C. M. Manejo de nitrogênio na cultura de milho no sistema plantio direto. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 23p.

RHEINHEIMER, D. S. **Dinâmica do fósforo em sistemas de manejo de solos**. 2000. 210f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000.

ROSOLEM, C. A.; SANTOS, F. P. dos; FOLONI, J. S. S., et al. Potássio no solo em consequência da adubação sobre palha de milheto e chuva simulada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, n.6, p.1033-1040, 2006.

SÁ, M. **Aspectos morfológicos e fisiológicos de cultivares modernas e primitivas de milho**. Lavras, 2001. 54p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

SILVA, E. C.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G. L., et al. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, p.353-362, 2005.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S., et al. Manejo de nitrogênio no milho em Latossolo Vermelho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, p.477-486, 2006.

SCHRÖDER, J.J.; NEETSON, J.J.; OENEMA, O., et al. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production? Reviewing the state of the art. *Field Crops Research*, v.66, p.151-164, 2000.

SIMEPAR, Sistema de Meteorologia do Estado do Paraná, acesso em 10 agosto de 2009, disponível em < www://www.simepar.br >.

SOUZA, L. C. F.; FEDATTO, E.; GONÇALVES, M. C.; SOBRINHO, T. A.; HOOGERHEIDE, H. C.; VIEIRA, V. V. Produtividade de grãos de milho irrigado em função da cultura antecessora e de doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.2, n.2, p.44-51, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. Porto Alegre, Artmed, 2004.

THORNTHWAITE, C.W. An approach towards a rational classification of climate. *Geographical Review*, London, n.38, p. 55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C.W., MATHER, R.J. *The water Balance*. New Jersey: Laboratory of Climatology, v.8, 1955. 104 p. (Publication in Climatology).

URQUIAGA, S. Eficiencia de fertilización nitrogenada em los principales cultivos anuales. In: URQUIAGA, S.; ZAPATA, F. *Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales em América latina y el Caribe*. Porto Alegre; Genesis, Rio de Janeiro, EMBRAPA Agrobiologia, 2000. p.31-49.

VIÉGAS, G.P.; FREIRE, E.S. Influencia do fósforo, do potássio e da adubação co NPK sobre algumas características das plantas de e das espigas. *Bragantia*, v.20, n.31, p. 741-757, 1961.

VILLA NOVA, N. A.; PEDRO JR, M. J.; PEREIRA, A. R., et al. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base, em função das temperaturas: máximas e mínimas. *Caderno de Ciências da Terra*, São Paulo, v. 30, 8 p, 1972.

VILELA, E. F.; BÜLL, L. T.; Avaliação do crescimento de plantas de milho em função de doses de potássio e estresse hídrico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 23, p. 281-289, 1999.

VON PINHO, R. G.; BORGES, I. D. ; PEREIRA, J. L. A. R., et al. Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.8, n.2, p. 157-173, 2009.

WENDLING, A. *Recomendação de nitrogênio e potássio para trigo, milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai*. 2005. 123p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

WIT, C.T. de. Simulation of living systems. In.: PENNING DE VRIES, F.W.T.; LAAR, H.H. van (Ed.). *Simulation of plant growth and crop production*. Wageningen: Centre for Agricultural Publishing and Documentation, 1982. p.3-8.

ZOPPOLLATTO, M. *Produtividade, composição morfológica e valor nutritivo de cultivares de milho (Zea Mays L.) para produção de silagem sob os efeitos da maturidade*. 2007. 228p. Tese (Livre-Docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

FUNGOS E MICOTOXINAS EM SILAGENS

Rafael Camargo do Amaral ¹
Luiz Gustavo Nussio ²

INTRODUÇÃO

A conservação da forragem na forma de silagem é caracterizada pela fermentação láctica espontânea que ocorre em ambiente anaeróbico, sendo que, os principais agentes fermentadores são bactérias lácticas que metabolizam os açúcares e produzem o ácido láctico. Desse modo, a manutenção da anaerobiose e a queda do pH constituem os fatores que são responsáveis pela preservação da forragem armazenada (Driehuis et al., 1999; Pahlow et al., 2003), pois os microrganismos capazes de deteriorar a silagem são inibidos pelo efeito sinérgico dos ácidos produzidos durante a fermentação, pela pressão osmótica elevada e pela ausência de oxigênio (Woolford, 1990).

Quanto aos fatores ligados à acidificação da massa, estes são obtidos quando ocorre predominantemente fermentação homoláctica (Driehuis et al., 1999) e podem ser alcançados com facilidade, por exemplo, na cultura do milho, devido às suas características desejáveis relacionadas a capacidade de fermentação (alta concentração de carboidratos solúveis, baixo poder tamponante e umidade reduzida) (Allen et al., 2003).

O contato da massa com o oxigênio é inevitável durante algumas fases que compreendem o processo de ensilagem (abastecimento do silo, armazenamento e desabastecimento). Segundo Sprague (1974), citado por Woolford (1990) e reiterado por Pahlow et al. (2003), em um silo bem vedado o O² presente na massa é consumido rapidamente pelo processo de

¹ Aluno de Doutorado- Universidade de São Paulo, ESALQ, Departamento de Zootecnia, Piracicaba, SP, Brasil.

² Prof. do Departamento de Zootecnia da Universidade de São Paulo, ESALQ, Piracicaba, SP, Brasil.
rcamaral@esalq.usp.br; nusio@usp.br

respiração celular e pela microbiota (microrganismos aeróbios facultativos), pois em 15 minutos cerca de 90% do oxigênio é removido e menos de 0,5% permanece após 30 minutos. De fato, a maior quantidade de oxigênio que permeia a silagem se deve à consequência do escape de CO₂ da massa que "bombeia" oxigênio para o interior do silo, buscando o equilíbrio dos gases (Pitt e Muck, 1993). Pelo fato do silo não ser ambiente hermético, durante o período de armazenamento o ar penetra no seu interior (Muck et al., 2003), principalmente no topo e nas zonas laterais em contato com a parede (Bolsen et al., 1993), sendo que este problema pode se agravar, sobretudo durante o fornecimento da silagem aos animais (Honig, 1991). A presença de O₂ desencadeia a proliferação de microrganismos indesejáveis presentes na massa (leveduras, fungos e bactérias aeróbias) que se desenvolvem utilizando reservas energéticas presentes na forragem, acarretando em perdas no valor nutritivo da silagem e redução do consumo pelos animais (Lindgren et al., 1985).

No Brasil, devido a negligência aos processos de oxidação de nutrientes pelos microrganismos aeróbios e a, conseqüente, deterioração da silagem, pouca importância tem-se dado na prática, por se tratar na maioria das vezes de um problema assintomático. A dificuldade em se mensurar as perdas totais que ocorrem por manejo inadequado nas propriedades rurais e, a não mensuração de perdas qualitativas por meio de avaliações laboratoriais, resultam em falta do estímulo à percepção e à divulgação de resultados para a economia de produção. Dificilmente os produtores acreditam em perdas elevadas decorrentes de oxidação da massa, pois só consideram como tal aquelas que são visíveis (com presença de micélios), o que subestima perdas reais envolvidas na ensilagem.

Apesar de antigo e muito estudado, o assunto instabilidade aeróbia de silagens somente começou a receber atenção recentemente. Várias causas podem estar relacionadas a este fato, pois poucos são os trabalhos, como os de Ruppel et al. (1995) e Kuzin e Savoie (2001) que se dedicaram à estudar a importância dos fatores inerentes ao manejo e mais raros os que caracterizaram o efeito da silagem deteriorada e de seus produtos (aminas biogênicas, micotoxinas) sobre a ingestão e metabolismo dos animais, como

os trabalhos de Bolsen et al. (2002) e Tabacco e Borreani (2002).

O tema deterioração aeróbia não se limita as questões relacionadas às perdas, porque o desenvolvimento de microrganismos, como algumas espécies de bactérias (*Bacillus*, *Clostridium* e *Listeria*) e alguns fungos filamentosos podem influenciar nos aspectos ligados a qualidade higiênica da silagem (Lindgren et al., 2002). O crescimento de fungos pode vir acompanhado pela produção de micotoxinas na massa. Dessa forma, os animais que são alimentados com grandes proporções de silagem na ração (vacas leiteiras) podem intoxicar-se, causando efeitos diretos ao seu desempenho e colocando em risco a saúde humana que utiliza alimentos de origem animal ao longo da cadeia alimentar (Whitlow e Hagler Jr., 1997).

Por estas razões, se faz necessário colocar em ação todas as estratégias para reduzir a penetração de O₂ no silo, evitando seus efeitos deletérios, tanto de ordem nutricional como sanitária, durante o armazenamento ou durante o consumo da silagem.

FUNGOS FILAMENTOSOS PRODUTORES DE TOXINAS

O reino Fungi é um grande grupo de organismos eucariontes, cujos membros são denominados fungos, representados pelas leveduras e fungos filamentosos (bolors). Os fungos são classificados num reino separado das plantas, animais e bactérias, sendo que a grande diferença é o fato de suas células apresentarem paredes celulares que contem quitina, ao contrário das células vegetais que contem celulose (Alexopoulos et al., 1996).

O conhecimento de que os fungos são microrganismos contaminante de alimentos e de que seus produtos metabólicos são responsáveis por intoxicações alimentares no homem e nos animais domésticos data da Idade Média. Os primeiros quadros patológicos, ocorridos na França entre os séculos XI e XVI, foram constatados em populações que se alimentavam com pães elaborados a partir de farinha de centeio, contaminada com fungos. A doença caracterizada posteriormente como ergotismo produzia convulsões, gangrena seca das extremidades, e

surgia de forma epidêmica em consequência da ingestão de micotoxinas presentes nos escleródios (esporão do centeio) do fungo *Ascomiceto Claviceps purpúrea* (Pier, 1973). A micotoxicose foi inicialmente chamada de Fogo de Santo Antônio porque os romeiros, portadores da doença, quando se afastavam da fonte de infecção, em romaria ao túmulo de Santo Antônio de Pádua, na Itália, retornavam recuperados e às vezes até curados, fato esse considerado pelo povo na época como milagre (Forgacs e Carll, 1962). Os animais domésticos também eram afetados pelos ergocalcóides quando consumiam feno, centeio ou outros cereais contaminados pelo *Claviceps purpúrea*. O ergostismo nesses animais se manifestava sob a forma gangrenosa e nervosa, dependendo das características do ergocalcóide consumido.

As intoxicações pela ingestão de alimentos contaminados com toxinas produzidas por fungos foi uma constante ao longo do século passado. Durante a II Guerra Mundial duas epidemias importantes ocorreram na Rússia, em consequência do consumo de cereais contaminados por fungos. Em 1960 na Inglaterra, ocorreu a morte de 100.000 perus alimentados com rações que continham em sua formulação torta de amendoim importadas do Brasil, chamada de doença X dos perus. Segundo Morgavi e Riley (2007), a partir desse evento foram iniciados os estudos e a descoberta da aflatoxina.

Dentre as características dos fungos filamentosos, a biossíntese de produtos naturais os tornam de grande interesse para a comunidade científica. Seus metabólitos possuem contrastes marcantes, com funções diversas: as vezes útil no uso farmacêutico (penicilina) e por outro lado apresentando potentes propriedades tóxicas e carcinogênicas (aflatoxinas).

Segundo Hoffmeister e Keller (2007), os estudos sobre os metabólicos fúngicos datam de anos anteriores a 1870, onde pigmentos sintetizados por cogumelos atraíram a atenção dos químicos orgânicos da época. Já no século XX foi testemunhado, isolado e caracterizado quimicamente vasta diversidade de produtos naturais de fungos filamentosos, movido pela descoberta da penicilina.

Segundo Woolford (1990), a atenção direcionada aos

microrganismos aeróbios em silagens só foi dada nas últimas duas décadas. Antes desse evento a presença de fungos na superfície de silagens, era tida como evento normal, inevitável, uma manifestação da fermentação ou perda intrínseca ocasionada por esta atividade.

CONDIÇÕES PARA DESENVOLVIMENTO

A exigência mais óbvia para desenvolvimento fúngico é a necessidade de fontes de nitrogênio e energia. Um segundo requerimento é a temperatura ambiente. Embora os fungos possam respirar em diversidade de temperaturas, existem limites estabelecidos para seu crescimento e produção de toxinas (Figura 1). *Aspergillus* e *Penicillium* são espécies que apresentam seu desenvolvimento ótimo em condições de temperatura elevada, enquanto que espécies de *Fusarium* tem preferência por menores temperaturas.

Os fungos filamentosos são organismos obrigatoriamente aeróbios, mesmo assim seu crescimento e proliferação podem ser controlados pela aeração durante o armazenamento de grãos, embora essa estratégia não seja opção no caso de preservação da silagem. Apesar da necessidade de ambiente aeróbio, algumas espécies de fungos são capazes de sobreviver em concentrações baixas de oxigênio, inferiores a 4% (Magan e Lacey, 1988).

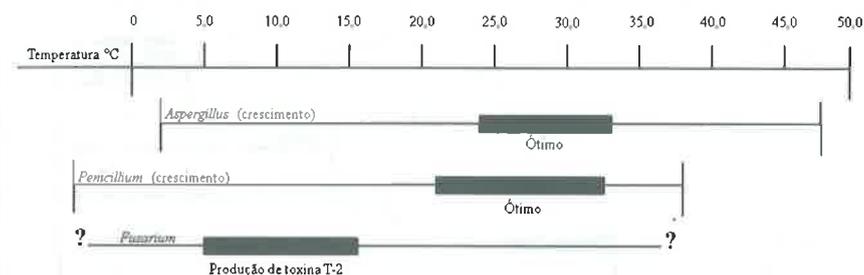


Figura 1. Amplitude e temperatura ótima de crescimento para fungos filamentosos comumente associados com alimentos destinados a alimentação animal. Adaptado de Nelson (1992).

Segundo Tuite (1969), a maioria dos fungos filamentosos necessita de pelo menos 1 - 2% de oxigênio. Entretanto existe a exceção para a espécie *Fusarium verticillioides*, a qual é capaz de sobreviver em ambiente com 60% de CO₂ e concentração de O₂ inferior a 0,5%. Estas condições reforçam a idéia da necessidade de se realizar o processo de ensilagem de maneira rápida e eficiente, bem como realizar a vedação do silo de maneira adequada.

Fundamentalmente importante no crescimento de fungos é a água livre ou disponível no alimento, também denominada de atividade de água (Aw). A atividade de água é definida pela relação entre a pressão de vapor de determinado alimento e a pressão de vapor da água pura à mesma temperatura, com valores variando entre 0 e 1 (Coultate, 1996). À medida que se aumenta os valores para atividade de água, a velocidade de reações e crescimento microbiano é beneficiado. Os fungos são os microrganismos mais resistentes à diminuição da atividade de água, sendo os principais responsáveis pela deterioração de alimentos (Figura 2 e Tabela 1). Alguns bolores, como é o exemplo de *Monascus* sp., podem crescer em condições de baixa atividade de água (0,62). Em ração total, a atividade de água pode variar entre valores de 0,50 a 0,94, sendo dependente da quantidade de silagem e do teor de matéria seca desse volumoso.

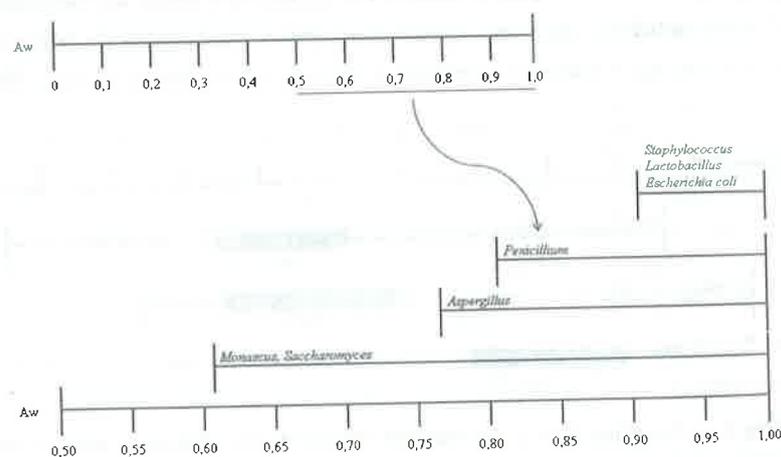


Figura 2. Relação entre atividade de água e crescimento fúngico em alimentos.

Adaptado de Nelson (1992).

Tabela 1. Atividade de água para crescimento e para produção de toxina de alguns fungos filamentosos.

Microrganismo	Aw mínima	
	Crescimento	Produção de toxina
<i>Aspergillus clavatus</i>	0,85	0,99 (patulina)
<i>Aspergillus flavus</i>	0,78	0,83 - 0,87 (aflatoxina)
<i>Aspergillus ochraceus</i>	0,81	0,88 (ácido penicílico)
<i>Aspergillus ochraceus</i>	0,83	0,85 (ocratoxina)
<i>Aspergillus parasiticus</i>	0,82	0,87 (aflatoxina)
<i>Penicillium cyclopium</i>	0,87	0,97 (ácido penicílico)
<i>Penicillium cyclopium</i>	0,81	0,87 - 0,90 (ocratoxina)
<i>Penicillium expansum</i>	0,83 - 0,85	0,99 (patulina)
<i>Penicillium patulum</i>	0,83 - 0,85	0,95 (patulina)
<i>Penicillium viridicatum</i>	0,83	0,83 - 0,86 (ocratoxina)

Adaptado de Beuchat (1981).

OS FUNGOS E A SILAGEM

Os fungos em geral são apontados como principais responsáveis pela deterioração aeróbia de silagens, com destaque para fungos filamentosos e leveduras. As populações de leveduras em silagens podem variar de < 10² ufc para valores de 10¹² ufc/g forragem num intervalo de tempo de 3 dias. Além disso, a vulnerabilidade da silagem para deterioração aeróbia é função da população de leveduras, sendo que, caso a silagem apresente populações acima de 10⁵ ufc/g forragem, o problema da deterioração já estará instalado no sistema.

As leveduras relacionadas com o processo de deterioração aeróbia tem sido classificadas dentro de dois grandes grupos: 1) Utilizadoras de ácidos, grupo que compreende os gêneros *Candida*, *Endomycopsis*, *Hansenula* e *Pichia* e; 2) Utilizadoras de açúcar, tendo o gênero *Torulopsis* como representante. No caso de deterioração da silagem após a exposição ao ar, as leveduras utilizadoras de lactato serão as responsáveis pela maior magnitude da deterioração. Em estudo com 13 diferentes silagens de milho, Middlehoven e Franzen (1986) citado por Woolford (1990), observaram que a microflora presente foi dominada

por dois gêneros principais: *Candida* e *Saccharomyces* e, com a exceção da espécie *S. dairensis*, todas toleraram ácido acético no pH 4,0 e assimilaram os ácidos láctico e acético, bem como, o etanol.

Utilizando combinação de métodos de plaqueamento e testes moleculares para identificação da população fúngica na planta de milho e sua silagem, Mansfield e Kuldau (2007) isolaram seis espécies de *Penicillium* (*P. roqueforti*, *P. paneum*, *P. expansum*, *P. crustosum*, *P. commune* e *P. citrinum*), sete espécies de *Fusarium* (*F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. pseudograminearum*, *F. proliferatum*, *F. sporotrichioides* e *F. verticillioides*) e uma espécie de *Aspergillus*, *A. fumigatus* (Figura 3).

Em termos de abundância das espécies, *P. roqueforti* e *F. graminearum* foram as espécies prevalentes. *P. roqueforti* foi isolado em 50% das amostras de milho na colheita (n = 24) e em 75% das amostras de silagens (n = 24), enquanto *F. graminearum* foi encontrado em 58% de amostras na colheita e não foi verificado na silagem. *P. paneum*, que já foi relatado como sendo pertencente à espécie *P. roqueforti* e, recentemente designado nova espécie (Boysen et al., 2000), foi isolado em amostras obtidas na colheita e nas silagens de milho.

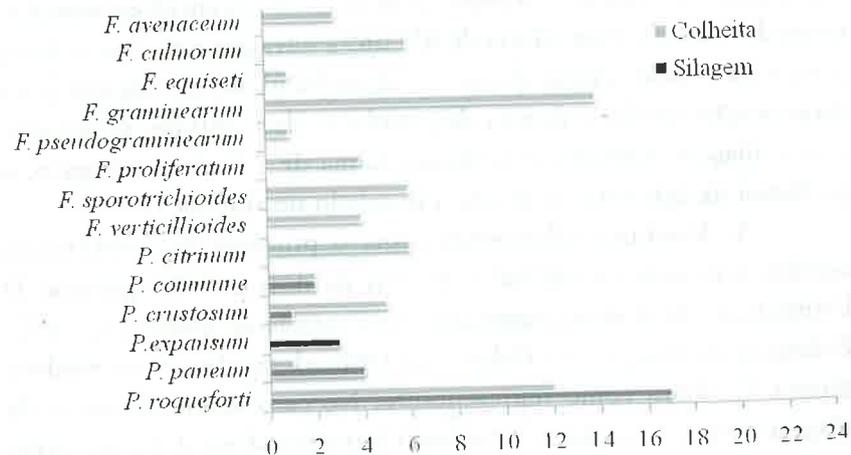


Figura 3. Espécies micotoxigênicas isoladas da planta de milho no momento da colheita e após ensilagem (3 - 6 meses).

Adaptado de Mansfield e Kuldau (2007).

Em adição as espécies micotoxigênicas isoladas, outras espécies de fungos filamentosos e leveduras foram isolados. Os gêneros de fungos filamentosos isolados incluíram: *Acremonium*, *Cladosporium*, *Cordyceps*, *Epicoccum*, *Mortierella* e *Mucor* (Tabela 2). De maneira geral, as leveduras representaram o grupo maioritário entre os fungos isolados da silagem. *Geotrichum candidum* foi a espécie mais encontrada, sendo isolada em 75% das amostras da planta na colheita e 21% nas silagens. Outras espécies de leveduras que se apresentaram em altas concentrações incluíram: *Candida intermédia*, *Candida sake*, *Debaryomyces hansenii*, *Issatchenkia orientalis*, *Pichia anomala*, *Pichia fermentans* e *Pichia membranifaciens*.

Tabela 2. Fungos filamentosos e leveduras isolados da planta e na silagem de milho.

Espécies	Colheita	Silagem
<i>Acremonium strictum</i> *	✓	
<i>Brettanomyces bruxellensis</i>	✓	✓
<i>Candida cleridarum</i>	✓	
<i>Candida intermedia</i>	✓	✓
<i>Candida quinlingensis</i>	✓	
<i>Candida sake</i>	✓	✓
<i>Cladosporium tenuissimum</i> *	✓	✓
<i>Clavospora lusitaniae</i>	✓	✓
<i>Cordyceps sinensis</i> *	✓	
<i>Debaryomyces hansenii</i>	✓	✓
<i>Epicoccum nigrum</i> *	✓	✓
<i>Geotrichum candidum</i>	✓	✓
<i>Hanseniaspora uvarum</i>	✓	
<i>Issatchenkia orientalis</i>	✓	✓
<i>Kluyveromyces marxianus</i>		✓
<i>Metschnikowia pulcherrima</i>	✓	✓
<i>Mortierella hyaline</i> *	✓	
<i>Mucor circinelloides</i> *	✓	✓
<i>Mucor racemosus</i> *	✓	✓
<i>Mucor rouxii</i> *	✓	✓
<i>Pichia anomala</i>	✓	✓
<i>Pichia fermentans</i>	✓	✓
<i>Pichia membranifaciens</i>	✓	✓
<i>Pichia segobiensis</i>	✓	
<i>Saccharomyces castellii</i>	✓	
<i>Saccharomyces paradoxus</i>		✓

* Indica espécies filamentosas.

Adaptado de Mansfield e Kuldau (2007).

OCORRÊNCIA DE MICOTOXINAS EM SILAGENS: ETIOLOGIA

Os fungos filamentosos podem ser considerados coadjuvantes na deterioração aeróbia de silagens, pois durante o desabastecimento do silo, o desenvolvimento deles acontece somente em sucessão ao crescimento das leveduras (McDonald et al., 1991). Contudo, a deterioração aeróbia dos ingredientes de rações para animais, causada por fungos filamentosos, determina perda de elementos nutritivos e de energia (Lindgren et al., 2002), além do risco de contaminação com micotoxinas (Tabela 3). Recentemente, tem-se observado grande interesse em micotoxinas no que se refere à segurança alimentar, a despeito da origem e qualidade dos produtos destinados à alimentação humana. Dessa forma, um segmento que vem crescendo atualmente é o relacionado com triagem de micotoxinas em vários tipos de alimentos.

Micotoxinas são metabólitos secundários produzidos por fungos filamentosos que causam respostas tóxicas (micotoxicoses) quando ingerida por animais (Binder et al., 2007). As plantas e forragens podem ser contaminadas pelas micotoxinas, de maneira geral, por dois meios: 1) patogenicidade fúngica e; 2) fungos saprofíticos (Glenn, 2007). Entretanto, a formação das micotoxinas não ocorre obrigatoriamente durante o desenvolvimento fúngico e, o mais importante: a detecção de fungos não implica necessariamente na presença de micotoxinas.

Muitas são as dúvidas e divergências sobre os estímulos que levam a formação dos metabólitos secundários pelos fungos filamentosos. Segundo Calvo et al. (2002), o metabolismo secundário dos microrganismos é comumente associado com o processo de esporulação, incluindo os fungos filamentosos. Esses metabólitos secundários associados a esporulação podem ser agrupados em três grandes categorias: 1) metabólitos que ativam a esporulação (por exemplo, compostos derivados de ácido linoléico produzidos por *Aspergillus nidulans*; 2) pigmentos requeridos para a estrutura de esporulação (por exemplo, melaninas necessárias para formação ou integridade dos esporos e; 3) metabólitos tóxicos secretados pelas colônias em crescimento no momento

da esporulação (por exemplo, produção de micotoxinas).

A relação existente entre a produção da micotoxina e a esporulação do fungo foi documentada em muitos gêneros de fungos micotoxigênicos. Em *Aspergillus parasiticus*, alguns produtos químicos que inibem sua esporulação também fazem que ocorra inibição da produção de aflatoxina (Reib, 1982). Alguns trabalhos científicos têm apresentado que espécies mutantes de *Aspergillus* deficientes na esporulação também são incapazes de produzir aflatoxinas (Calvo et al., 2002).

Fox e Howlett (2008) destacaram o papel dos metabólitos secundários na biologia dos fungos. Segundo os autores, em muitos casos, o motivo para a produção de toxinas pelos fungos é dada pela falta de resposta do hospedeiro (planta), se este o permitirá completar seu ciclo de vida, dessa maneira, a população fúngica presente produz toxinas. A conclusão dos autores é de que os metabólitos secundários produzidos por fungos filamentosos ainda não são compreendidos claramente, envolvendo algumas proteínas e complexos que respondem a vários estímulos ambientais e do hospedeiro.

Tabela 3. Fungos filamentosos e potenciais micotoxinas encontradas em silagens.

Espécies	Micotoxinas
<i>Acremonium lolli</i>	Lolitre B, paxilina
<i>Alternaria</i> spp	Ácido tenuazóico, alternariol
<i>Aspergillus clavatus</i>	Toxina A <i>clavatus</i>
<i>Aspergillus flavus</i>	Aflatoxinas
<i>Aspergillus fumigatus</i>	Fumigaclavina A, gliotoxina
<i>Aspergillus versicolor</i>	Esterigmatocistina
<i>Byssochlamis nivea</i>	Ácido bissoclâmico, patulina
<i>Claviceps</i> spp	Ergotamina, ergostina, ergocriptina
<i>Fusarium</i> spp	Deoxinivalenol, nivalenol, toxina HT2, toxina T2, zearalenona, fumonisina
<i>Paecilomyces varotia</i>	Patulina
<i>Penicillium roquefort</i>	Roquefortina A, B e C, toxina PR, festuclavina
<i>Penicillium verrucosum</i>	Ocratoxina A, citrinina

Adaptado de Scudamore e Levesey (1998).

PRESENÇA DE MICOTOXINAS NO CAMPO

Os fungos podem se desenvolver em vários tipos de ambiente, sendo que em condições de campo o gênero *Fusarium* tem predominância de crescimento. A exigência mínima para o desenvolvimento de fungos do gênero *Fusarium* é elevada umidade (>70%), oxigênio e temperaturas flutuantes (dias quentes e noites frias). Esse gênero é responsável por ampla gama de doenças de gramíneas e cereais. Em lavouras de milho, esses tem capacidade de causar podridões em partes distintas da planta, tais como: caule, espiga e grão. Em trigo e outros cereais de inverno, *Fusarium* causa uma doença chamada de ferrugem do trigo (*head scab*), considerada bem importante para essas culturas.

A eliminação de esporos de *Fusarium* do ambiente é impraticável, uma vez que esses hibernam durante o inverno no solo, em detritos de plantas ou nas sementes. Sendo assim, o contato do esporo com a planta será inevitável e o grau de infecção será determinado em função das condições de ambiente e de estresse da planta. Segundo Rankin e Grau (2002), a competição por nutrientes na planta se estabelece entre a própria planta e outros microrganismos, e nesta ocasião, os fungos presentes produzem micotoxinas como forma de obter vantagens na competição por alimento.

Segundo Jouany (2007), existem mais de 500 micotoxinas conhecidas, entretanto as espécies de fungos e as toxinas mais conhecidas, pertencentes ao gêneros *Fusarium* são: Dioxinivalenol (DON), produzida por *F. molinoforme* e *F. graminearum*; Toxina T2, produzida por *F. sporotrichioides*; Zearalenona, produzida por *F. graminearum* e; *Fumonisin*a, produzida por *F. moliniforme*.

FATORES AGRONÔMICOS ENVOLVIDOS COM A FORMAÇÃO DE MICOTOXINAS

De maneira geral, a cultura implantada deve ter um programa

balanceado para ajustes na fertilidade do solo com vistas à redução do estresse da planta e, conseqüentemente, incidência de doenças. Segundo Rankin e Grau (2002), o nitrogênio (N) e o potássio (K) estão diretamente associados com o aumento na podridão dos colmos em milho. Tanto o excesso como baixas concentrações desses nutrientes conduzem para aumento da incidência dessa doença, o que gera grande probabilidade de produção de micotoxinas.

A escolha do híbrido poderá influir na susceptibilidade ao ataque fúngico, com conseqüente produção de toxinas. Segundo Jouany (2007), o melhoramento de plantas pode ser uma solução para controle de *Fusarium*, entretanto, com a melhoria na resistência ao seu ataque, a qualidade de híbridos é afetada. Miedaner et al. (2006) verificaram que o gene associado a resistência aos fungos do gênero *Fusarium* em trigo são coincidentes com genes que controlam as características morfológicas da planta, havendo conflitos de interesses.

O momento da colheita da planta também é caráter decisório para produção de micotoxinas. Oldenburg e Höppner (2003) verificaram aumento de amostras positivas para deoxinivalenol à medida que o milho foi colhido mais tardiamente. Em plantas de milho colhidas com 30% de MS, os autores obtiveram 34% de amostras positivas (n= 82), ao passo que quando a planta foi colhida com 40% de MS, 86% das amostras (n= 50) se apresentaram contaminadas pela micotoxina.

A textura do grão é uma característica dos híbridos que vem sendo discutida com relação a qualidade nutricional e a susceptibilidade ao ataque fúngico. Apesar de híbridos de milho com grãos dentados (textura macia) apresentarem maior qualidade nutricional, (maior facilidade ao ataque enzimático para digestão), estes também apresentam maior suscetibilidade a incidências de doenças e ataques de insetos, o que gera porta de entrada para colonização de fungos (Rankin e Grau, 2002).

Atualmente, grande foco tem sido dado aos híbridos de milho transgênicos (híbridos *Bt*), aos quais foram inseridos genes de *Bacillus thuringiensis* que levam à produção de proteínas tóxicas a determinadas

ordens de insetos considerados pragas na cultura. A premissa para redução de fungos e, conseqüentemente, micotoxinas nesses híbridos é de que a integridade da planta será preservada por menor quantidade de ataques de insetos, fazendo com que a planta apresente menor quantidade de portas de entrada para esporos de fungos e sua posterior colonização nos tecidos da planta (Hammond et al., 2004).

Adicionalmente, práticas agrônômicas como a rotação de culturas, controle de pragas e doenças devem ser consideradas para redução da infestação fúngica.

PRESENÇA DE MICOTOXINAS DURANTE O PERÍODO FERMENTATIVO DA SILAGEM

De acordo com a classificação de Pelhate (1977) para fungos filamentosos em silagens, as espécies do gênero *Fusarium* são estritamente aeróbias. Espécies de fungos como *Aspergillus fumigatus*, *Monascus ruber*, *Penicillium varioti* e *Penicillium roqueforti* são consideradas micro-aerofílicas ou indiferentes a presença de oxigênio.

Auerbach (1996) verificou que a população de fungos em silagem de milho decresceu ao longo do período de fermentação em condições estritamente anaeróbias (Figura 4). A partir do 10º dia após a ensilagem, *Penicillium roqueforti* foi a única espécie presente até o 100º dia de fermentação. Em contraste a esse fato, a simulação com o suprimento adicional de oxigênio durante o processo de fermentação (100 mg O₂/kg MS/dia) estimulou o crescimento da população fúngica e aumentou a diversidade de espécies não somente representados pela espécie *Penicillium roqueforti*.

Outro fator que contribui para a sucessão da micoflora em silagens durante a fermentação é a variação no pH causada pela produção dos ácidos orgânicos, tal como láctico, acético, propiônico e butírico. Embora o pH per se não afete os fungos filamentosos, podendo estes crescer ou permanecerem dormentes em amplitude larga de valores, entre 3 a 8, a variação nesse parâmetro pode influenciar sua

susceptibilidade a outros fatores ambientais (Lacey, 1989).

A resistência dos esporos de fungos para ácidos orgânicos tem se mostrado variável entre as espécies. Segundo Woolford (1975), o ácido láctico não apresenta efeito prejudicial importante ao crescimento fúngico, ao passo que os ácidos orgânicos de cadeia curta (acético, propiônico e butírico) são potentes inibidores de fungos. Esporos de *Penicillium roqueforti* mostraram-se menos sensíveis a ação do ácido propiônico em relação à outras espécies do gênero *Penicillium* e *Aspergillus* (Auerbach, 1996).

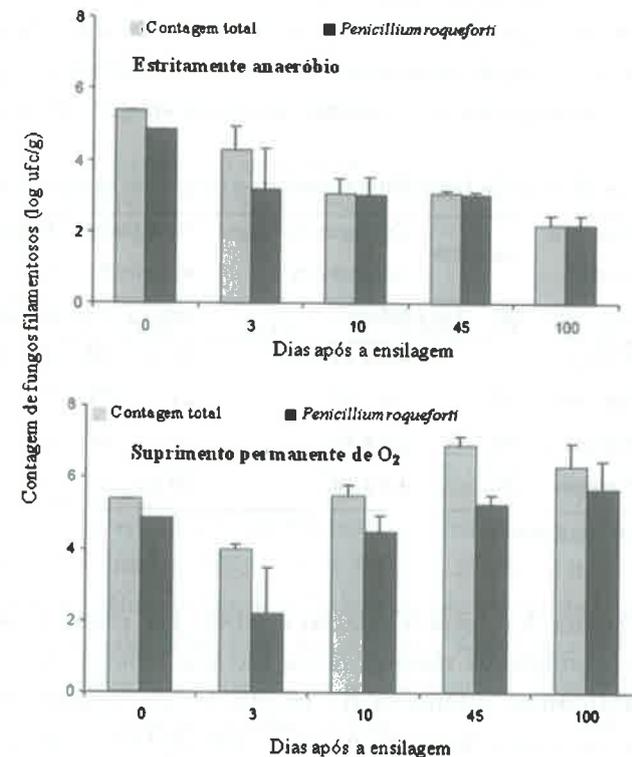


Figura 4. Efeito da presença de oxigênio na dinâmica de crescimento fúngico durante o período de fermentação em silagem de milho.

Adaptado de Auerbach (1996).

Auerbach et al. (1998) verificaram predominância de *Penicillium roqueforti* tanto em silagens de gramíneas emurhecidas como em silagens de milho (Tabela 4). Segundo os autores, essa espécie tem habilidade de crescer em baixas concentrações de oxigênio, altas concentrações de dióxido de carbono, baixas temperaturas e na presença de ácidos orgânicos voláteis. Tanto a silagem de gramínea emurhecida como a silagem de milho apresentaram maior contagem fúngica nas amostras consideradas visualmente contaminadas com a presença de micélios. Entretanto, os valores encontrados para roquefortina C foram maiores na silagem de milho, o que pode ser explicado em função da maior concentração de ácido lático e componentes solúveis, ou seja, a mesma abundância de substratos para o desenvolvimento fúngico e produção de micotoxinas não foi encontrada na silagem de gramínea.

Tabela 4. Incidência de *Penicillium roqueforti* e roquefortina C em silagens.

Tipo de silagem	Aparência visual	Amostras (n)	Contagem de fungos filamentosos (ufc/g)	<i>Penicillium roqueforti</i>		Roquefortina C (mg/kg MS)
				(n)	(%)	
Gramínea	Normal	30	$4,0 \times 10^4$	21	70	0,1 - 0,3
	Fungada	30	$1,0 \times 10^8$	21	71	0,2 - 15
Milho	Normal	36	$4,0 \times 10^4$	22	61	0,0 - 0,2
	Fungada	36	$1,6 \times 10^8$	29	80	0,7 - 36

Adaptado de Auerbach et al. (1998).

A Figura 5 mostra a relação estabelecida entre a contagem fúngica e a produção de micotoxina, sendo que a partir da contagem de 10^6 verificou-se aumento na produção de roquefortina C. Provavelmente, com o aumento na contagem de fungos no ambiente em questão, esses microrganismos produziram micotoxinas como meio de defesa e instinto de sobrevivência para garantir sua permanência, reprodução e perpetuação da espécie.

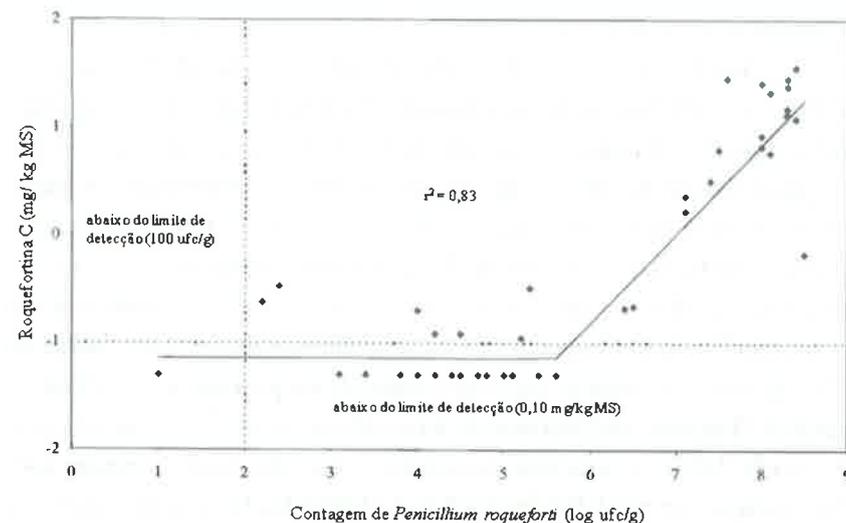


Figura 5. Relação entre contagem de *Penicillium roqueforti* e quantidade de roquefortina C em silagens (n=48).

Adaptado de Auerbach et al. (1998).

PRESENÇA DE MICOTOXINAS NO PERÍODO DE PÓS ABERTURA DO SILO

Após a quebra da vedação, a face frontal do silo permanece exposta ao O_2 . A partir deste evento, o principal fator que determina a estabilidade da silagem (anaerobiose) é perdido e a massa se torna potencialmente instável (Weinberg e Ashbell, 2003). O influxo do O_2 na face do silo é influenciado pela densidade alcançada durante a fase de enchimento (Honig, 1991; Pitt e Muck, 1993; Weinberg e Ashbell, 2003). Assim, nas regiões mais porosas da massa (áreas periféricas) aumentam os riscos de deterioração aeróbia (D'Amours e Savoie, 2004).

O processo de deterioração aeróbia é originado pela atividade de microrganismos aeróbios. Desse modo, as perdas durante o desabastecimento também serão influenciadas pela disponibilidade de nutrientes, pela temperatura ambiental (Ashbell et al., 2002) e pelo tempo de exposição da silagem ao O_2 (Weinberg e Ashbell, 2003) e, segundo

Ohyama et al. (1975), estes três fatores são interdependentes.

Teoricamente, a rota fermentativa mais desejável durante a conservação da forragem na forma de silagem é a do tipo homolática (conversão de uma molécula de glicose em duas de ácido lático), pois não propicia perdas de MS ou de energia, o que pode resultar em maior consumo de silagem pelos animais (McDonald et al., 1991). Entretanto, o perfil de fermentação desejável nem sempre evita as perdas após a abertura dos silos, ou em alguns casos pode inclusive aumentá-las (Kung et al., 2003). A alta concentração e predominância de ácido lático em silagens necessariamente não representa efeito positivo na estabilidade aeróbia. Silagens adequadamente fermentadas, com altas concentrações de ácido lático e açúcares remanescentes, são mais afetadas pela deterioração aeróbia (Weinberg e Muck, 1996). Os fungos, as leveduras e algumas espécies de bactérias promovem a assimilação aeróbia de lactato da silagem, reduzindo o seu potencial de conservação (Pahlow et al., 2003).

Os fungos filamentosos podem ser considerados coadjuvantes na deterioração aeróbia de silagens, pois, durante o desabastecimento do silo, o desenvolvimento deles acontece em sucessão ao crescimento das leveduras (McDonald et al., 1991).

Driehuis et al. (2008) realizaram na Holanda o monitoramento de 24 fazendas produtoras de leite. Amostras tanto de silagem de milho como de gramíneas foram utilizadas, sendo colhidas em diferentes regiões do painel dos silos (centro, topo e regiões visualmente mofadas). Adicionalmente, amostras da mistura de silagens, as quais eram oferecidas para os animais, foram coletadas. Os resultados indicaram que a silagem foi a principal fonte de contaminação com micotoxinas (Tabela 5). Silagem de gramínea apresentou baixas concentrações de zearalenona (ZEA), roquefortina C (RC) e ácido mefenólico (AMF) e não houve a presença de dioxinivalenol (DON). Em relação aos locais de coleta das amostras, as concentrações de DON e ZEA foram idênticas tanto para a superfície como para o topo do silo, ao contrário para os valores de RC e AMF que apresentaram maiores concentrações na região do topo dos silos.

Micotoxinas como aflatoxinas, fumonisinas, ocratoxina A,

patulina e toxina T2 não foram identificadas no presente estudo. Segundo os autores, apesar de não haver presença dessas micotoxinas, a literatura se reporta com relativa frequência a presença dessas em silagens, coprodutos e ingredientes concentrados. Particularmente para aflatoxina B1, a não contaminação das silagens foi relacionada com as condições ambientais encontradas (baixa temperatura), fato que provavelmente impediu seu desenvolvimento.

Tabela 5. Incidência e concentrações de micotoxinas em silagens de milho, gramínea e suas misturas.

Tipo de silagem	Amostras (n)	DON ¹		ZEA ¹		RC ¹		AMF ¹	
		%	µg/kg	%	µg/kg	%	µg/kg	%	µg/kg
Mistura ²	16	81	465	25	48	44	568	38	256
Silagem de milho									
Centro	16	100	933	50	146	25	96	0	<25
Topo	16	94	978	44	137	50	1.605	50	660
Regiões mofadas	7	100	964	29	73	100	29.986	71	9.311
Silagem de gramínea									
Centro	16	0	<125	6	180	13	100	0	<25
Topo	16	0	<125	13	170	19	128	13	40

¹ DON = dioxinivalenol; ZEA = zearalenona; RC = roquefortina C; AMF = ácido mefenólico.

² Mistura de silagens (silagem de milho e gramínea) oferecida aos animais.

Adaptado de Driehuis et al. (2008).

As aflatoxinas representam as micotoxinas que mais causam preocupação, pois apresentam propriedades carcinogênicas, mutagênicas e teratogênicas, causando grandes danos à saúde humana e elevados prejuízos econômicos no desempenho de animais domésticos, como os ruminantes (Lazzari, 1997). São produzidas principalmente pelas espécies *Aspergillus flavus* e *A. parasiticus*, presentes em vegetais como o amendoim, o milho e o caroço de algodão.

A aflatoxina B1 (AFB1) é considerada uma das mais tóxicas produzidas por estas espécies. No fígado a AFB1 é biotransformada à aflatoxina M1 (AFM1), a qual é excretada no leite de animais em lactação (Battacone et al., 2005). Acreditava-se que a taxa de passagem da micotoxina do alimento para o leite era de 2%. Porém, estudos recentes

colocaram em evidência que tal taxa está correlacionada com dois fatores: potencial produtivo do animal e estágio de lactação. Os valores de 2 a 2,5% referem-se a vacas com produção entre 16-25 kg/dia em estágio de lactação avançado. Como os animais estão se tornando cada vez mais produtivos, com produção superior a 30 kg de leite, a taxa se torna mais elevada, com valores próximos a 4% (Veldman et al., 1992).

Amaral et al. (dados não publicados) verificaram durante 14 semanas de experimentação (julho a outubro) que a presença de aflatoxinas em silagens de milho somente foi detectada a partir do momento em que ocorreram mudanças ambientais. A contagem de fungos filamentosos não apresentou variação entre os meses de agosto a outubro (Figura 6), ou seja, população se manteve estável com média de 5,1 e 3,5 log ufc/g nas regiões do topo e centro do silo, respectivamente. Com o início das chuvas em setembro houve início da presença de aflatoxina B1 nas silagens (Figura 7), sendo que à medida que o acúmulo de precipitação foi verificado, também identificou-se a elevação na concentração da toxina nas silagens.

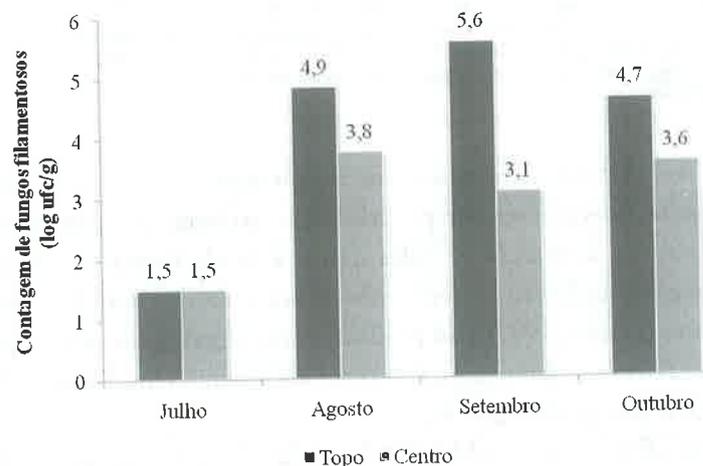


Figura 6. Contagem de fungos filamentosos em silagens de milho ao longo dos meses de julho a outubro de 2010.

Amaral et al. (dados não publicados).

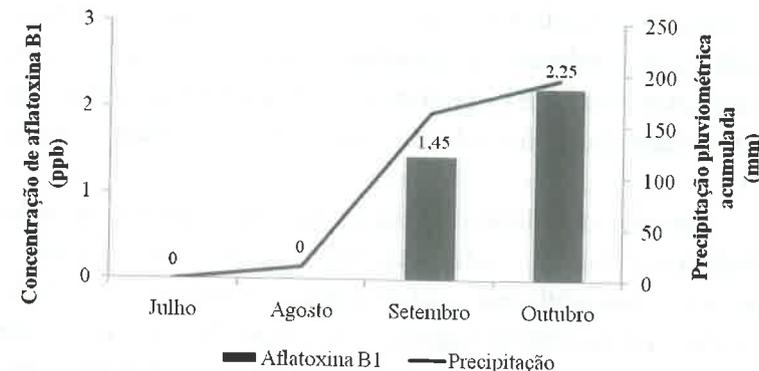


Figura 7. Presença de aflatoxina B1 em silagens de milho e precipitação pluviométrica ao longo dos meses de julho a outubro de 2010.

Amaral et al. (dados não publicados).

EFEITOS DAS MICOTOXINAS NOS ANIMAIS

O consumo de alimentos contaminados com micotoxinas pode conduzir a sintomas agudos de intoxicações, os quais são manifestados de maneira rápida e, geralmente, ocasionados pelo consumo de elevadas concentrações das toxinas. Na maioria dos casos, entretanto, é observado a ocorrência de quadro crônico, que permanece por longo período sem a percepção de sua ocorrência, principalmente pelo fato da ingestão de pequenas concentrações da toxina, tornando os diagnósticos dificultados e sugerindo outras causas que não contaminação por micotoxinas.

Geralmente, os efeitos pela intoxicação com micotoxinas são amplos, incluindo: efeitos teratogênicos, carcinogênicos, mutagênicos, estrogênicos e imunossupressivos (Tabela 6). Dentre os efeitos diretos associados ao consumo de toxina destacam-se: redução da ingestão de matéria seca, recusa do alimento, conversão alimentar ineficiente, baixa no ganho de peso/produção de leite, aumento na incidência de doenças (devido a imunossupressão) e redução na capacidade reprodutiva (Fink-Gremmels e Malekinejad, 2007; Morgavi e Riley, 2007).

A aflatoxina é considerada a micotoxina mais significativa e

prevalente, encontrada em diversos alimentos, inclusive em silagens. Quando ingerida pelo animal, apesar de parte desta toxina ser degradada no rúmen, a aflatoxina B1 é biotransformada à aflatoxina M1 no fígado, a qual é excretada no leite de animais em lactação (Battacone et al., 2005).

Em estudo realizado no departamento de zootecnia da USP/ESALQ, Amaral et al. (dados não publicados) avaliaram lonas com diferentes permeabilidades ao oxigênio na vedação de silos. Os tratamentos foram compreendidos pela vedação do silo com: 1) lona de poliamida (45 µm) + lona de polietileno dupla face (200 µm); 2) lona de polietileno dupla face (200 µm); 3) lona de polietileno preta de material virgem (200 µm) e; 4) lona de polietileno preta de material reciclado (200 µm) + 15 cm de cobertura com bagaço de cana.

Tabela 6. Sumário de efeitos tóxicos das principais micotoxinas.

Micotoxinas	Efeitos
Aflatoxina B1	Carcinogênica, hepatotóxica, dano no DNA
Esterigmatocistina	Carcinogênica, dano hepático
Ocratoxina A	Carcinogênica, nefrotóxica, teratogênica
Citrinina	Nefrotóxica
Zearalenona	Estrogênica
Patulina	Carcinogênica, edema pulmonar, hemorragia
Ergotamina	Gangrena, redução da fertilidade
Tricotecenos	Hemorragia, diarreia, dermatite
Toxina PR	Dano no fígado e rins, mutagênica
Gliotoxina	Hematúria, imunossupressor
Ácido tenuazóico	Hemorragia, convulsões, anorexia
Alternariol	Citotóxico

Adaptado de Scudamore e Levesey (1998)

As silagens obtidas foram utilizadas na alimentação de vacas Holandesas, as quais apresentaram consumo médio de 22,3 kg MS/dia e produção média de 32,6 kg leite/dia durante 14 semanas de experimentação. As silagens apresentaram contaminação por aflatoxinas (Figura 7) principalmente nas semanas finais do experimento, o que foi correlacionado com o aumento da precipitação pluviométrica. Juntamente com a verificação da presença de aflatoxinas nas silagens, ocorreu excreção de aflatoxina M1 no leite dos animais. A concentração de AFM1 no leite apresentou valor médio de 0,006 ppb, valor inferior ao estabelecido pelos países da Comunidade Européia de 0,05 ppb.

A maior presença de amostras contaminadas com AFM1 no leite foi observada nas duas últimas semanas (13ª e 14ª semana), com 25% de ocorrência. Em relação aos tratamentos, a silagem proveniente do silo vedado com lona de polietileno preta de material virgem gerou excreção de AFM1 no leite em 40% das amostras analisadas, nos demais tratamentos houve similaridade entre as amostras, sendo observada ocorrência de AFM1 em 20% das amostras por tratamento.

De maneira geral, os ruminantes por apresentarem o rúmen repleto de microrganismos, apresentam vantagens em relação aos animais monogástricos na detoxificação das micotoxinas ingeridas. Entretanto, muitas dessas toxinas passam pelo rúmen, intactas ou biotransformadas em compostos com atividade biológica remanescente que podem causar danos à saúde do animal.

CONCLUSÕES

Fungos filamentosos e micotoxinas são contaminantes comumente encontrados em plantas forrageiras e silagens de várias localidades do mundo e são tidos como potenciais causadores de danos à saúde de animais de interesse zootécnico e aos humanos.

As micotoxinas estão presentes em todas as etapas do processo de ensilagem, desde a colheita, passando pela fermentação e chegando ao cocho do animal, sendo que os gêneros *Fusarium*, *Penicillium* e *As-*

pergillus são os maiores representantes das contaminações. Apesar de alguns autores se apoiarem na definição de que micotoxinas são produzidas por fungos em momentos de aumento de competição no ambiente, muitos resultados mostram que realmente o mecanismo para produção de determinada toxina ainda não está claramente compreendido. Provavelmente, outros fatores além da competição e estímulos ambientais possam contribuir para produção dessas toxinas, como espécie fúngica, inter-relações entre microrganismos e tipo de alimento a ser deteriorado.

O correto manejo da lavoura, do processo de ensilagem e do período pós abertura do silo são fundamentais para minimizar a contaminação por fungos e micotoxinas. Respeitando esses princípios, certamente ocorrerá redução nas perdas de nutrientes pelo desenvolvimento fúngico e, principalmente, redução dos efeitos tóxicos causados por seus metabólitos no desempenho e saúde do animal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXOPOULOS, C.J.; MIMS, C.W.; BLACKWELL, M. *Introductory Mycology*. John Wiley e Sons, INC, New York. 4th ed, 869p. 1996.
- ALLEN, M.S.; COORS, J.G.; ROTH, G.W. Corn silage. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H (Eds). *Silage Science and Technology*. 1 ed. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p. 547-608.
- ASHBELL, G.; WEINBERG, Z.G.; HEN, Y. et al. The effects of temperature on the aerobic stability of wheat and corn silages. *Journal Industrial Microbiology e Biotechnology*, v. 28, p. 261-263, 2002.
- AUERBACH, H. Verfahrensgrundlagen zur Senkung des Risikos eines Befalls von Silagen mit *Penicillium roqueforti* und einer Kontamination mit Mykotoxinen dieses Schimmelpilzes. *Landbauforsch. Völkenrode. Sonderheft 168*:1-167, 1996.
- AUERBACH, H.; OLDENBURG, E.; WEISSBACH, F. Incidence of *Penicillium roqueforti* and roquefortine C in silages. *J. Sci. Food Agric.* 76, 565-572, 1998.
- BATTACONE, G.; NUDDA, A.; PALOMBA, M.; PASCALE, M.; NICOLUSSI, P.; PULINA, G. Transfer of aflatoxin B1 from feed to Milk and from Milk to curd and whey in dairy sheep fed artificially contaminated concentrates. *Journal of Dairy Science*. v.88, p.3063-3069, 2005.
- BEUCHAT, L. R. Microbial stability as affected by water activity. *Cereal Foods World*. V.26, n. 7, p.345-349, 1981.
- BINDER, E.M.; TAN, L.M.; CHIN, L.J.; HANDL, J.; RICHARD, J. Worldwide occurrence of mycotoxins in commodities, feeds and feed ingredients. *Animal Feed Science and Technology*. 137:265-282, 2007.
- BOLSEN, K.K.; DICKERSON, J.T.; BRENT, B.E. et al. Rate and extent of top spoilage in horizontal silos. *Journal of Dairy Science*, v. 76, p. 2940-2962, 1993.
- BOLSEN, K.K.; WHITLOCK, L.A.; URIARTE-ARCHUNDIA, M.E. Effect of surface spoilage on the nutritive value of maize silages diets. In: THE INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 13th, 2002, Auchincruive. *Proceedings...* Auchincruive, 2002, p.75-77.
- BOYSEN, M.E.; JACOBSSON, K.G.; SCHNURER, J. Molecular identification of species from the *Penicillium roqueforti* group associated with spoiled animal feed. *Appl. Environ. Microbiol.* 66:1523-1526, 2000.
- CALVO, A.M.; WILSON, R.A.; BOK, J.W.; KELLER, N.P. Relationship between secondary metabolism and fungal development. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 2002, 66, 3, 447-459.
- COULTATE, T.P. *Food - The Chemistry of its Components*. Series of the Royal Society of Chemistry Paperbacks, 3rd edition. . p.321-339, 1996.
- D'AMOURS, L.; SAVOIE, P. Density profile of corn silage in bunker silos. In: Annual International Meeting Sponsored. Ontario: ASAE/CSAE. 2004, 14p.
- DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; SPOELSTRA, S.F. Anaerobic lactic acid degradation during ensilage of whole crop maize inoculated with *Lactobacillus buchneri* inhibits yeast growth and improves aerobic stability. *Journal of Applied Microbiology*, v.87, p. 583-594, 1999.

FINK-GREMMELS, J.; MALEKINEJAD, H. Clinical effects and biochemical mechanisms associated with exposure to the mycoestrogen zearalenona. **Animal Feed Science and Technology**. 137:326-341, 2007.

FORGACS, J.; CARLL, W.T. Mycotoxicoses. **Adv. Vet. Sci.** 7:273-282, 1962.

FOX, E.M.; HOWLETT, B.J. Secondary metabolism: regulation and role in fungal biology. **Current Opinion in Microbiology**. 2008, 11:481-487.

GLENN, A.E. Mycotoxigenic *Fusarium* species in animal feed. **Animal Feed Science and Technology**. 137:213-240, 2007.

HAMMOND, B.G.; CAMPBELL, K.W.; PILCHER, C.D.; DEGOOVER, T.A.; ROBINSON, A.E.; McMILLEN, B.L.; SPANGLER, S.M.; RIORDAN, S.G.; RICE, L.G.; RICHARD, J.L. Lower fumosin mycotoxin levels in the grain of Bt corn grown in the United States in 2000-2002. **J. Agric. Food Chem.** 52, 1390-1397, 2004.

HOFFMEISTER, D.; KELLER, N.P. Natural products of filamentous fungi: enzymes, genes, and their regulation. **Natural Product Reports**. 2007, 24, 393-416.

HONIG, H. Reducing losses during storage and unloading of silage. In: PAHLOW, G; HONIG, H (Eds). **Forage conservation towards 2000**. 1.ed. Braunschweig: European Grassland Federation, 1991. p.116-128.

JOUANY, J.P. Methods for preventing, decontaminating and minimizing the toxicity of mycotoxins in feeds. **Animal Feed Science and Technology**. 137:342-362, 2007.

KUNG, L., Jr.; STOKES, M.R.; LIN, C.J. Silage additives. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H (Eds). **Silage Science and Technology**. 1 ed. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p. 305-360.

KUZIN, V.; SAVOIE, P. Modeling air infiltration in bunker silos to optimize the cover. In: Annual International Meeting Sponsored. Sacramento: ASAE. 2001, 10p.

LACEY, J. Pre- and post-harvest ecology of fungi causing spoilage of foods and other stored products. **J. Appl. Bacteriol.** 67:11-25, 1989.

LAZZARI, F.A. **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações**. Curitiba 2ed., Paranaset. 134p. 1997.

LINDGREN, S.; PETTERSSON, K.; KASPERSON, A. et al. Microbial dynamics during aerobic deterioration of silages. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 36, p. 765-774, 1985.

LINDGREN, S.; OLDENBURG, E.; PAHLOW, G. Influence of microbes and their metabolites on feed and food quality. In: GENERAL MEETING OF THE EUROPEAN GRASSLAND FEDERATION. 19th, 2002, La Rochelle. **Proceedings...** La Rochelle, 2002, p.503-511.

MAGAN, N.; LACEY, J. Ecological determinants of mould growth in stored grain. **Int. J. Food Microbiol.** 7:245, 1988.

MANSFIELD, M.A.; KULDAU, G.A. Microbiological and molecular determination of mycobiota in fresh and ensiled maize silage. **Mycologia**. 99(2), 2007, pp. 269-278.

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

MIEDANER, T.; WILDE, F.; STEINER, F.; BUERSTMAYR, H. KORZUN, V. EBMEYER, E. Stacking quantitative trait loci (QTL) for *Fusarium* head blight resistance from non adapted sources in an European elite spring wheat background and assessing their effects on deoxynivalenol (DON) content and disease severity. **Theor. Appl. Gen.** 112, 562-569, 2006.

MORGAVI, D.P.; RILEY, R.T. An historical overview of field disease outbreaks known or suspected to be caused by consumption of feeds contaminated with *Fusarium* toxins. **Animal Feed Science and Technology**. 137:201-212, 2007.

MUCK, R.E.; MOSER, L.E.; PITT, R. E. Postharvest factors affecting ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H (Eds). **Silage Science and Technology**. 1 ed. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p. 251-304.

NELSON, C.E. Strategies of mold control in dairy feeds. **J. Dairy Sci.** 76, 898-902, 1992.

OLDENBURG, E.; HÖPPNER, F. *Fusarium* mycotoxins in forage maize - occurrence, risk assessment, minimization. **Mycotoxin Research**. 19:43-46, 2003.

OHYAMA, Y; MASAKI, S.; HARA, S. Factors influencing aerobic deterioration of silages and changes in chemical composition after opening silos. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 26 p. 1137-1147, 1975.

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*. 1 ed. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p. 31-94.

PELHATE, J. Maize silage: Incidence of moulds during conservation. *Folia Vet. Lat.* 7:1-16, 1977.

PIER, A.C. An overview of the mycotoxicosis of domestic animals. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 163(11): 1259-1261.

PITT, R.E.; MUCK, R.E. A diffusion model of aerobic deterioration at the exposed face of bunker silos. *Journal of Agricultural Engineering Research*, v. 55, p. 11-26, 1993.

RANKIN, M.; GRAU, C. Agronomic considerations for molds and mycotoxins in corn silage. *Focus on Forage*. v.4, n.1, p.1-4, 2002.

REIB, J. Development of *Aspergillus parasiticus* and formation of aflatoxin B1 under the influence of conidiogenesis affecting compounds. *Arch. Microbiol.* 133:236-238, 1982.

RUPPEL, K.A.; PITT, R.E.; CHASE, L.E., et al. Bunker silo management and its relationship to forage preservation on dairy farms. *Journal of Dairy Science*, v. 78, p. 141-1453, 1995.

SCUDAMORE, K.A.; LIVESEY, C.T. Occurrence and significance of mycotoxins in forage crops and silage: a review. *J. Sci. Agric.* 1998, 77, 1-17.

TABACCO, E.; BORREANI, G. Extent of aerobic deterioration in farm maize silage as affected by silo management. In: THE INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 13th, 2002, Auchincruive. *Proceedings...* Auchincruive, 2002, p.178-179.

TUITE, J. *Plant pathological methods, fungi and bacteria*. Burgess Publ. Co., Minneapolis, Minnesota, USA. 239p, 1969.

VELDMAN, A.; MEIJS, J.A.C.; BORGGREVE, G.J.; HEERESVAN DER TOL, J.J. Carry-over of aflatoxin from cows food to milk. *Animal Production*. v.55, p.163-168, 1992.

WEINBERG, Z.G.; ASHBELL, G. Engineering aspects of ensiling. *Biochemical Engineering Journal*, v. 13, p. 181-188, 2003.

WEINBERG, Z.G.; MUCK, R.E. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. *FEMS Microbiology Reviews*, v.19, p.53-68, 1996.

WHITLOW, L.W.; HAGLER Jr., W.N. Effects of mycotoxins on the animal: The producer's perspective. In: SILAGE: FIELD TO FEEDBUNK, Ithaca, 1997. *Proceedings...* Ithaca: NRAES, 1997. p. 222-232.

WOOLFORD, M.K. Microbiological screening of the straight chain fatty acids (C1-C12) as potential silage additive. *J. Sci. Food Agric.* 26:219-228, 1975.

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

RISCOS AMBIENTAIS ORIUNDOS DE COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS E DO EFLUENTE PRODUZIDO POR SILAGENS

Patrick Schmidt¹
Charles Ortiz Novinsk¹
Daniel Junges¹

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o impacto das ações antrópicas no meio ambiente tem sido tema de discussão nos mais diversos fóruns científicos, na tentativa de quantificar, prever e mitigar os impactos danosos das ações do homem sobre o clima, a fauna, a flora e sobre o bem estar do próprio homem. Recentes catástrofes climáticas em diversas partes do mundo incentivaram a busca de explicações sobre os agentes causais. Em destaque nos debates está o aquecimento global, alavancado pela grande emissão de gases na atmosfera, o chamado "efeito estufa".

Dentre os diversos setores produtivos, a agropecuária está incluída como atividade emissora dos chamados *Gases do Efeito Estufa (GEE)*, sendo muitas vezes criticada e responsabilizada como atividade prejudicial ao ambiente. Contudo, não há consenso sobre a contribuição real das atividades agrícolas nas mudanças climáticas no planeta. Dados do *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* indicam que a Agricultura responde por apenas 13,5% das emissões globais de GEE, em termos de CO₂ equivalente (IPCC, 2007). Frequentemente os meios de comunicação divulgam informações onde a agricultura e a pecuária aparecem como vilãs, cabendo à comunidade científica gerar informações técnicas e

¹ Universidade Federal do Paraná - Curitiba/PR
patrick@ufpr.br

cientificamente embasadas, bem como tecnologias para minimizar os impactos ambientais.

Com um rebanho estimado superior a 200 milhões de cabeças (IBGE, 2006), a pecuária brasileira é considerada importante fonte poluidora do ar e da água. Dentre os gases particularmente relacionados com a atividade pecuária destaca-se o produzido na fermentação entérica dos animais e na degradação anaeróbia dos dejetos. As emissões de metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O) contribuem consideravelmente para o efeito estufa, com potencial de aquecimento global de 296 e 23 vezes superior ao dióxido de carbono (CO_2), para o N_2O e CH_4 , respectivamente (IPCC, 2001). A fermentação entérica dos bovinos é responsável por 12% de todas as emissões de GEE do Brasil e 53% dos gases emitidos por sistemas agropecuários (MCT, 2006).

Diferentemente de países da União Européia e dos EUA, que publicam relatórios anuais com a produção de gases discriminada de cada setor, o Brasil é carente de informações detalhadas e pesquisas sobre o potencial poluente das atividades industriais, energéticas e agropecuárias. Essa última tem importância fundamental no tocante à imagem internacional do Brasil como potência produtora de alimentos. Nesse contexto, o conhecimento do potencial poluente da *produção de silagens* ainda é assunto pouco estudado em relação à importância quantitativa que esse alimento representa em termos globais.

COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS E A FORMAÇÃO DE OZÔNIO

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) define Compostos Orgânicos Voláteis (COV) como um grande grupo de substâncias químicas de baixo peso molecular que tem como base de sua estrutura o carbono (EPA, 2006). Fazem parte desse grupo hidrocarbonetos como os Alcoóis, Cetonas, Ácidos, Ésteres, Alcanos e Aldeídos, e o metano, excluídos o monóxido e o dióxido de carbono, o ácido carbônico e o carbonato de amônio (Aquino, 2006).

Diversos setores contribuem para a emissão dos COV, notadamente indústrias químicas e petroquímicas, os automóveis e a agricultura, sendo este último o setor que menos produz segundo levantamento da EPA (2005).

Esses compostos podem ter origem biológica ou devida a ação humana. As fontes antropogênicas podem ser de origem fixa (industriais, armazenamento de combustíveis, processos fermentativos e degradação de dejetos) e fontes móveis como as emissões veiculares, solventes nas mais diversas aplicações, combustão incompleta de gases e sólidos, entre outros. Quando liberados em ambientes fechados, os COV provocam intoxicações, problemas respiratórios, irritação nos olhos, nariz e garganta, além do potencial efeito cancerígeno (Salasar, 2006). As fontes biogênicas de COV são basicamente a degradação microbiológica de componentes orgânicos, as plantas e os vulcões.

Os componentes poluentes da atmosfera podem ser divididos em dois grupos: compostos primários e secundários. Por definição os compostos primários são as substâncias originais emitidas diretamente no ar, como trióxido e dióxido de enxofre (SO_3 e SO_2), óxido e dióxido de nitrogênio (NO e NO_2), monóxido e dióxido de carbono (CO e CO_2) e metano (CH_4). Já os compostos secundários são formados a partir dos primários, através de reações fotoquímicas na atmosfera. Essas reações acontecem principalmente entre óxidos de nitrogênio e COV (Salasar, 2006).

Na camada mais baixa da atmosfera (troposfera), os COV sofrem reações fotoquímicas com óxidos de nitrogênio (NO e NO_2) e formam o *ozônio troposférico*. O ozônio (O_3) é o principal produto das reações fotoquímicas na troposfera (Aquino, 2006). Muitos mecanismos podem acelerar a formação do ozônio troposférico, mas a sua eficiência está relacionada com a concentração dos COV e dos óxidos de nitrogênio (NO_x) no ar.

Muito embora o O_3 seja benéfico na estratosfera, onde forma a camada protetora contra os raios ultravioletas, nas camadas mais baixas esse gás apresenta efeito tóxico para plantas e animais. O poder oxidativo do ozônio é nocivo para todos os seres vivos, em particular para os vegetais, causando prejuízos nas culturas agrícolas. Nos EUA, em 2005, a agência de

proteção ambiental (EPA) estimou perdas de 500 milhões de dólares na agricultura em virtude do ozônio troposférico (EPA, 2006). Salasar (2006) afirma que o ozônio pode atingir concentrações maiores que 200 ppbv (partes por bilhão em volume) e causar efeitos nocivos à saúde humana, crescimento de plantas e mudanças climáticas. Segundo o autor, experimentos com voluntários humanos têm mostrado que o ozônio produz irritação breve em respirações curtas e dores no tórax em respirações profundas, mesmo em pessoas saudáveis e jovens, quando praticam exercícios em ambientes externos sujeitos a poluição do ar. A exposição crônica a altos níveis de ozônio urbano leva ao envelhecimento prematuro dos tecidos do pulmão e morte prematura (Montes et al., 2010). Mitloehner et al. (2009) afirmam que o ozônio troposférico é um dos principais poluentes nos EUA.

O conjunto dos poluentes do ar dá origem à neblina de poluição (*smog*) comum nas grandes cidades onde é crítica a qualidade do ar. No entanto, os poluentes primários e secundários não ficam restritos apenas aos grandes centros, eles se movimentam por grandes distâncias levados pelas correntes de ar. Esse fenômeno pode promover elevação dos níveis de ozônio em outras regiões e áreas rurais (Baird, 1998), principalmente onde os teores de COV forem altos.

O inventário anual da União Européia destaca quatro categorias, dentro da agricultura, como fontes primárias de emissão dos compostos orgânicos voláteis: o uso de combustíveis fósseis nos maquinários; a queima de palhadas e outros resíduos de plantas; o uso de solventes orgânicos na produção de pesticidas; os processos anaeróbios de produção de alimentos conservados e a degradação de resíduos animais e vegetais. Guenther et al. (1995) ressaltam que as emissões globais de COV biogênicos são sete vezes maiores que de COV antropogênicos. Aquino (2006) relatou uma grande variedade de isoprenóides (isopreno, monoterpenos e sesquiterpenos) e carbono reativo nas emissões biogênicas, num total de 1,8 bilhão de toneladas emitidas anualmente em todo o mundo.

Assim, a mitigação da emissão de COV em atividades antrópicas contribui para a redução na formação do ozônio troposférico, além de

representar ganhos em eficiência energética, como no caso das silagens.

GASES PRODUZIDOS NA ENSILAGEM

Assim como em outras atividades agropecuárias, o estudo da produção de gases em silagens tem recebido recente atenção, no intuito de quantificar e mitigar as emissões, buscando sustentabilidade ambiental na produção desse alimento. No processo de ensilagem, a produção de *gases está relacionada a duas etapas: gases produzidos durante a fermentação e gases produzidos e liberados após a abertura dos silos*. A literatura internacional traz algumas informações sobre a liberação de gases e COV após a abertura dos silos. Contudo, informações sobre a produção dos gases durante a fermentação ainda são escassas. A importância dessa contribuição é dada pela magnitude da produção de silagens em todo o mundo, sendo que somente nos EUA, de acordo com o "Serviço Nacional de Estatísticas Agrícolas", mais de 100 milhões de toneladas de silagens de milho são usadas anualmente na alimentação dos rebanhos.

A avaliação das perdas de matéria seca (MS) na forma de gases é usual em ensaios que utilizam silos experimentais para confecção de silagens (Jobim et al., 2007). Em termos gerais, as perdas fermentativas na forma de gases representam a maior parte das perdas totais de MS (Tabela 1), podendo superar 90% das perdas totais em forragens altamente susceptíveis às perdas. Santos et al. (2008) verificaram perda total de MS de 34,3% na silagem de cana-de-açúcar, sendo que a perda por gases representou 93,6% deste total. Esse efeito é decorrente da conversão anaeróbia de glicose em etanol, CO₂ e água, mediada por leveduras (McDonald et al., 1991), típicas da ensilagem de cana-de-açúcar. Da mesma forma, diferentes mecanismos fermentativos de microrganismos heteroláticos produzem CO₂, além de outros componentes voláteis. Essas frações em conjunto são perdidas na forma de gases.

Tabela 1. Perdas fermentativas por gases e perdas totais de matéria seca (PMS) em diferentes ensaios experimentais

Referência	Forragem	PMS (%)	Gases (% da MS)
Mari (2003)	Capim Marandu	8,3	4,7
Loures et al. (2005)	Capim Tanzânia	27,3	24,0
Baliero Neto et al. (2009)	Cana-de-açúcar	19,4	18,3
Schmidt et al. (2010)	Palmito pupunha	15,1	10,8
Junges et al. (2010)	Milho	5,7	4,4

Embora o desaparecimento de MS durante o armazenamento dos silos seja atribuído à perda de gases em experimentos com silagem, o volume e composição dos gases produzidos não são comumente avaliados.

Em trabalho recente no Brasil, Schmidt et al. (dados não publicados), quantificaram e qualificaram os gases produzidos durante a ensilagem da cana-de-açúcar, por 66 dias. Foi verificada maior produção de gases na fase inicial do processo fermentativo, e forte influência da temperatura ambiente sobre o volume de gases produzidos (Figura 1). Em média, cada silo produziu 138,3 mL de gases por dia, ao longo de todo o período de armazenamento. A composição dos gases produzidos indicou grande presença de dióxido de carbono (média de 23054 ppmv, e pequenas concentrações de metano (2 ppmv) e óxido nitroso (937 ppbv). Em média, observou-se produção de 28,7 g de equivalente CO₂ para cada tonelada de massa verde de cana ensilada. Como esperado, os resultados parciais indicam alta proporção de CO₂ nos gases produzidos durante a ensilagem da cana-de-açúcar, mostrando ainda que para cada kg de MS ensilada foi produzido 2,03 litros de gases.

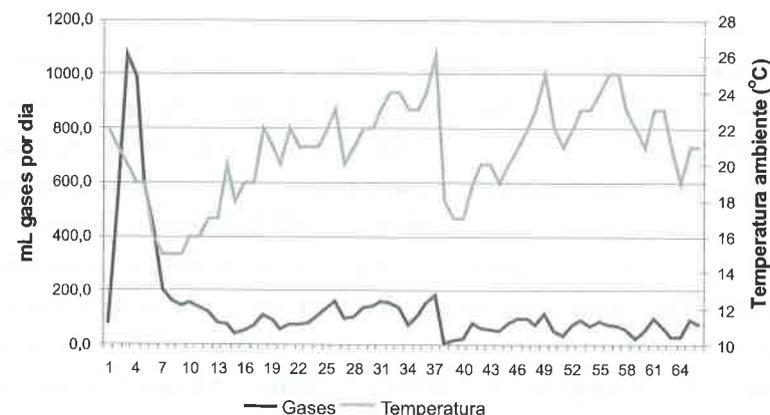


Figura 1. Produção média de gases nas silagens de cana-de-açúcar, e temperatura ambiente durante o período de armazenamento de 66 dias.

Fonte: Schmidt et al. (dados não publicados).

Além dos gases produzidos durante a fermentação, a liberação de gases após a abertura dos silos é assunto de grande interesse atual, principalmente no tocante aos COV. A redução nas emissões de COV e óxidos de nitrogênio é efetiva na redução da formação do ozônio troposférico (Montes et al., 2010). No entanto, Hafner et al. (2010) afirmam que as taxas e a composição das emissões provenientes de silagens não são conhecidas com precisão.

Estudos mediram as taxas de emissão de COV provenientes de várias fontes dentro das propriedades leiteiras (alimentos, dejetos, lagoas de decantação, combustíveis, etc.) e concluíram que as silagens e a ração total contendo silagem emitem pelo menos 50% dos COV totais nas fazendas (Card e Schmidt, 2006).

Em experimentos desenvolvidos em câmaras ambientais, Mitloehner et al. (2009) identificaram e quantificaram 24 compostos voláteis provenientes das silagens de milho, alfafa e cereais, sendo seis alcoóis, cinco ácidos graxos voláteis e 13 ésteres de ácidos carboxílicos. Os autores verificaram os alcoóis como compostos

dominantes (80% dos COV totais), sendo o etanol o mais abundante. Os ácidos graxos voláteis foram o segundo grupo de componentes em maior concentração, com destaque ao ácido acético. Os autores concluem que a maior parte dos COV identificados são componentes oxigenados conhecidos pelo baixo potencial de formação de ozônio.

Por outro lado, Howard et al. (2010) avaliaram a emissão de COV de diversas silagens (alfafa, trigo, aveia, milho) e ração total, e compararam com as emissões dos dejetos animais e de veículos movidos a gasolina. O fluxo de emissão das silagens foi duas vezes maior quando comparado às emissões dos dejetos animais. Embora o potencial de formação de ozônio dos veículos seja maior, por unidade de COV emitido, a produção líquida estimada de ozônio, na região de San Joaquin Valley, Califórnia, teve maior contribuição das silagens (25 ± 10 t O_3 /dia) em relação aos veículos motorizados leves ($14,3 \pm 1,4$ t O_3 /dia). Segundo os autores, fazendas leiteiras são importantes emissoras de COV na região, sendo que a maior parte do ozônio troposférico proveniente dessas é atribuído à silagem de milho.

Montes et al. (2010) avaliaram a emissão de etanol de silagens de milho em condições controladas de temperatura, vento e tempo de exposição, usando câmara ambiental e sistema de túnel de vento para simular o painel exposto do silo. Os autores verificaram as maiores emissões de etanol imediatamente após a exposição da silagem, que diminui rapidamente dentro da primeira hora e se estendeu por 12 horas. Houve efeito da temperatura, velocidade do vento e porosidade da silagem sobre a emissão de etanol. Segundo os autores, o método experimental, as condições ambientais e as características da silagem interferem na determinação dos COV.

Usando a mesma metodologia, Hafner et al. (2010) mensuraram a emissão de etanol em três amostras de silagem de milho solta, proveniente de diferentes silos. A temperatura, a velocidade do vento e a origem da silagem influenciaram significativamente a emissão de etanol, que foi muito mais rápida na silagem solta, em relação à silagem compactada, com emissão máxima de 220 g/m²/hora.

Chung et al. (2009) avaliaram fontes individuais de emissão de componentes voláteis em fazendas leiteiras e concluíram que a silagem e a ração total baseada em silagem contribuíram com mais de 50% das emissões totais de COV, sendo o etanol o componente mais abundante. Os autores ressaltaram que o teor de etanol comumente encontrado em silagens de milho compreende 1% da MS desse volumoso.

A avaliação conjunta desses dados permite inferir que em silagens de alta fermentação, como a de cana-de-açúcar, a emissão desses COV pode ser significativamente maior, e maximizada pela alta temperatura ambiente na região tropical. Kung Jr. e Stanley (1982) observaram valores de etanol variando de 7,5 a 17,5% da MS em silagens de cana-de-açúcar. Da mesma forma, Schmidt et al. (2011) verificaram teores médios de 16,1 e 2,8% da MS, para os teores de etanol e ácido acético em silagens de cana. Contudo, a mensuração da emissão de COV nessas silagens ainda não foi realizada.

Em ensaios de *estabilidade aeróbia*, comumente realizados nas pesquisas com silagens, as variáveis são mensuradas em termos de variação de temperatura da forragem exposta ao ar. O aquecimento e o tempo até o início do aquecimento são variáveis indiretas do crescimento de microrganismos espoliadores e que, da mesma forma, representam a produção de gases nesse material. A aplicação de aditivos que elevam a estabilidade aeróbia das silagens contribui diretamente para a redução da emissão de GEE por esses materiais.

Até o presente momento, os estudos avaliando a produção dos GEE e dos COV em silagens têm sido realizados de forma isolada e em condições específicas, onde a metodologia usada afeta de forma marcante os resultados obtidos (Hafner et al., 2010). A determinação do real impacto da produção animal frente às questões ambientais deve avaliar toda a cadeia, desde o manejo do solo até o produto animal, incluindo no modelo o sequestro de carbono decorrente da produção de pastagens e silagens.

EFLUENTES DE SILAGENS

A produção de efluentes em silagens é um processo indesejável, decorrente da ruptura celular e extravasamento de conteúdo citoplasmático durante o período de armazenamento da forragem, que leva a perdas significativas em qualidade no alimento. A produção de efluentes é influenciada primariamente pelo teor de umidade da forragem levada ao silo, e secundariamente pelo tamanho de partículas, compactação, aditivos, tipo de silo, além de características da própria planta. Na Tabela 2 estão apresentados valores de efluente (kg por tonelada de Massa Verde) produzidos por diferentes forragens, em diferentes condições.

Tabela 2. Teor de matéria seca (MS) da forragem e produção de efluente em silagens

Referência	Forragem	MS (%)	Efluente (kg/t MV)
Mari (2003)	Capim Marandu	19,5	39,6
Bernardino et al. (2005)	Capim Elefante	12,4	123,5
Paziani et al. (2006)	Capim Tanzânia	19,7	52,9
	CT emurhecido	28,4	4,1
Baliero Neto et al. (2009)	Cana-de-açúcar	25,2	6,4
Oliveira et al. (2010)	Sorgo	24,1	69,7
Junges et al. (2010)	Milho	30,7	12,7

Vários autores observaram redução progressiva na produção de efluente de silagens de gramíneas C₃ e C₄ com a elevação do teor de MS, mediante emurhecimento (Jones e Jones, 1995; Loures et al., 2005; Paziani et al., 2006). Loures et al. (2005) observaram que o Capim Tanzânia ensilado com 15,6% de MS produziu 250 L de efluente/t MV, enquanto a silagem emurhecida, com 26,3% de MS produziu 3L/t MV. Outra alternativa é o uso de aditivos absorventes, que elevam o teor de MS da massa ensilada e retêm o efluente produzido. Ribeiro et al. (2009) acrescentaram 10% de polpa cítrica peletizada na ensilagem de *Brachiaria brizantha* e verificaram elevação de 11 unidades percentuais no teor de MS (de 25,4 para 36,4%) e

redução na produção de efluentes, de 11,5 para 5,0 kg/t MV. Além de favorecer a produção de efluentes, a ensilagem de plantas com alta umidade favorece o crescimento de bactérias do gênero *Clostridium*, que realizam proteólise e reduzem sobremaneira o consumo das silagens (Vissers et al., 2007).

Embora o efluente das silagens seja composto principalmente por água, grandes quantidades de outros compostos solúveis estão presentes, como proteínas, ácidos orgânicos, açúcares, carboidratos e minerais (McDonald et al., 1991). Estes componentes estão relacionados ao **impacto ambiental** que o efluente produzido pode causar.

Quando o efluente atinge os cursos de água próximos ao silo, os componentes solúveis são utilizados metabolicamente por microrganismos que consomem oxigênio presente na água, reduzindo ou esgotando a disponibilidade desse para outros organismos aquáticos, vertebrados e invertebrados. Esse potencial danoso é dependente da composição do efluente e do volume que atinge a fonte de água.

Schmidt et al. (dados não publicados) avaliaram a produção e composição do efluente em silagens de cana-de-açúcar. Os autores verificaram produção média de 12,7 L/t de MV, com teor médio de MS no efluente de 13,8%. Os valores médios de sólidos solúveis no caldo (°Brix) observados na cana fresca, silagens e no efluente foram de 19,1; 18,1 e 14,4 °Brix, respectivamente. Esses resultados parciais indicam que uma fração significativa de sólidos solúveis é perdida na forma de efluentes. Extrapolando esses dados para 1 ha de cana-de-açúcar (100 t MV), produz-se 1270 L de efluentes, com 175,2 kg de MS perdidos, principalmente carboidratos solúveis.

A forma usual de mensuração do potencial poluidor do efluente de silagens dá-se mediante avaliação da Demanda bioquímica de oxigênio (*DBO*) e Demanda química de oxigênio (*DQO*). Esses testes avaliam a concentração de material orgânico em águas residuárias e efluentes de esgotos domésticos e industriais, e baseiam-se no consumo de oxidante necessário para completa oxidação dos componentes solúveis. As diferenças básicas entre os dois métodos estão no oxidante

utilizado e nas condições operacionais durante o teste. No teste da DBO o oxidante utilizado é o oxigênio e a oxidação requer crescimento microbiano. Neste teste o resultado é obtido após cinco dias. No teste da DQO utiliza-se um oxidante forte composto por dicromato de potássio e ácido sulfúrico, juntamente com um catalisador e temperatura. Neste teste a oxidação do material orgânico é praticamente total para a maioria das substâncias orgânicas, fornecendo o resultado em aproximadamente 3 horas (Scalize et al., 200?).

Não é possível estabelecer relações fixas entre as medidas de DBO e DQO, até que uma determinada amostra seja caracterizada por ambos os parâmetros. Se a amostra é constituída de compostos que são oxidados por ambos os processos (DBO e DQO) a DQO pode substituir a DBO ou ser usada como indicação da diluição necessária para análise da DBO. Se a amostra é caracterizada pela predominância de material oxidável quimicamente, porém não bioquimicamente, a DQO será maior que a DBO. Em geral, despejos de destilarias e refinarias têm alta DBO e baixa DQO (Mundo do Químico, 2003).

A DBO do efluente de silagens é caracterizada como alta, superando os valores encontrados no esgoto doméstico e nos dejetos animais. O potencial poluidor desse resíduo apresenta DBO entre 30 e 80 mil mg O₂/L (Arnold et al., 2000), enquanto o esgoto doméstico apresenta valores entre 300 e 500 mg O₂/L (McDonald et al., 1991). Galanos et al. (1995) avaliaram a DBO do efluente de quatro silagens de gramíneas C₃, e verificaram valores de DBO variando entre 54,6 e 72,5 mil mg O₂/L. Loures et al. (2005) obtiveram valor médio de DBO de 11,8 mil mg O₂/L, no efluente de silagens de capim Tanzânia. Por outro lado, Scalize et al. (200?) avaliaram 76 amostras de esgoto doméstico bruto e verificaram valores de 219 a 548 mg O₂/L, o que reforça a afirmação de McDonald et al. (1991) de que o efluente de silagens pode ser 200 vezes mais poluente que o esgoto doméstico.

O pH do efluente das silagens é bastante ácido, em torno de 4,0, apresentando efeito corrosivo sobre as estruturas de concreto e metal dos silos e implementos (O'Donnell et al., 1995), causando ainda

morte da vegetação que entra em contato com esse resíduo. Essas características dificultam o armazenamento do efluente de silagens e inviabilizam seu uso na alimentação animal ou na fertilização de áreas de pastagem. Embora alguns autores tenham proposto tratamentos para reduzir o potencial poluente do efluente de silagens (Deans e Svoboda, 1992; Galanos et al., 1995; Arnold et al., 2000), a prevenção da produção desses efluentes ainda é o melhor manejo que pode ser adotado.

Haigh (1994) estimou que a produção de efluentes de silagem é responsável por 25% da poluição agrícola total de águas da Inglaterra em anos chuvosos, comparativamente a 14% em anos de seca. Esse autor destaca que alguns fatores técnicos como eficiência de corte, altura dos silos, compactação da massa e uso elevado de fertilizantes nitrogenados e de determinados aditivos contribuem para elevar a quantidade de efluente. Infelizmente, a disponibilidade de dados como esses no Brasil ainda é escassa.

NORMAS E LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

No Brasil, a preocupação relativa à poluição ambiental intensificou-se no início da década de 70, período de forte crescimento econômico e industrial. Os problemas de poluição do ar nas grandes cidades evidenciaram a necessidade de se adotar políticas públicas sobre o tema. Problemas respiratórios, mortalidade infantil, má formação congênita, entre outros problemas de saúde pública, obrigaram a adoção de medidas para redução na emissão de poluentes atmosféricos nos grandes centros urbanos. No âmbito agrícola o tema permanece pouco explorado e as decisões de políticas e encaminhamento científico são baseadas em diretrizes internacionais.

A primeira legislação federal para controle da poluição atmosférica foi a Portaria do Ministério do Interior de nº 231, de 27 de abril de 1976, que visava estabelecer padrões nacionais de qualidade do ar para material particulado, dióxido de enxofre, monóxido de carbono e oxidantes fotoquímicos.

Na década de 80, com o crescimento da frota automobilística, o Governo Federal propôs o estabelecimento de um programa de controle de poluição veicular, por meio da resolução CONAMA nº 18, de 06 de maio de 1986. Em 06 de dezembro de 1990, foi aprovada a resolução do CONAMA nº 08, que estabeleceu o primeiro conjunto de limites máximos de emissão (padrão nacional) para processos de combustão externa em novas fontes fixas. A Resolução 342 do CONAMA, de 25 de setembro de 2003, estabeleceu novos limites para emissão de gases poluentes pelo escapamento de automóveis.

Embora muitos Estados do Brasil tenham se comprometido em realizar programas de controle de poluição, não o fizeram. Entre os motivos alegados está a falta de capacitação técnica e pessoal necessário para o uso de equipamentos. Diante disso, ainda não existe um programa de monitoramento da qualidade do ar em nível federal, nem um inventário nacional abrangente de emissão de poluentes, existindo apenas poucas iniciativas isoladas no país.

No tocante à poluição de fontes de água e lençol freático, a Legislação Ambiental brasileira determina valores de DBO máxima de 60 mg/L para esgotos e dejetos lançados em cursos de água e rios, limite esse muito inferior à DBO observada em efluentes de silagens. Da mesma forma, a Resolução n.º 357 do CONAMA, de 17 de março de 2005, estabelece padrões máximos de parâmetros orgânicos e inorgânicos para o lançamento de efluentes em cursos d'água.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As pressões internacionais para redução na emissão de poluentes em todo o mundo são crescentes, afetando o Brasil diretamente no tocante à agricultura. Dados científicos sobre o impacto da agricultura brasileira no aquecimento global são essenciais, e deverão ser usados como ferramenta de negociação de barreiras tarifário-ambientais em um futuro próximo. Informações recentes apontam a agropecuária, sobretudo a de baixa eficiência, como importante agente poluidor. Nesse

sentido, a adoção de tecnologia deve considerar a mitigação do impacto ambiental como uma variável-resposta decisiva.

A produção de gases e efluentes nas silagens tem relação direta às perdas quantitativas e redução na qualidade e consumo da forragem pelos animais. Nas silagens, a produção de gases significa perda energética. O correto manejo da ensilagem, desde a colheita no estádio fisiológico correto da planta, até a retirada da forragem e fornecimento, reduz as perdas e, conseqüentemente, a geração de compostos poluentes. A redução do impacto ambiental decorrente da aplicação de tecnologias que minimizem as perdas na ensilagem poderá ser utilizada como variável-resposta em futuros ensaios testando aditivos, lonas plásticas, compactação, etc. Para isso, as variáveis de impacto ambiental precisam ser corretamente mensuradas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AQUINO, C.A.B. *Identificação de compostos Orgânicos Voláteis (COVs) emitidos por florestas na região amazônica*. 2006. 89p. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.
- ARNOLD, J.L.; KNAPP, J.S.; JOHNSON, C.L. The use of yeasts to reduce the polluting potential of silage effluent. *Water Research*, v.34, n.15, p.3699-3708, 2000.
- BAIRD, C. *Environmental Chemistry*. Nova Iorque: W.H. Freeman and Company, 1998. 557p.
- BALIEIRO NETO, G.; SIQUEIRA, G.R.; NOGUEIRA, J.R. et al. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar aditivadas com cal virgem. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.10, n.1, p.24-33, 2009.
- BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R.; ROCHA, F.C. et al. Produção e características do efluente e composição bromatológica da silagem de capim-elefante contendo diferentes níveis de casca de café. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.6, p.2185-2191, 2005.
- CHUNG, M.Y.; MATT, B.; SHAWN A. et al. Evaluation of non-enteric sources of non-methane volatile organic compound (NMVOC) emissions from dairies. *Atmospheric Environment*, v.44, p.786-794, 2009.

CARD, T.R.; SCHMIDT, C. **Dairy air emissions: summary of dairy emission estimation procedures**. Report for California Air Resources Board, 2006. Disponível em: <<http://www.arb.ca.gov/ag/caf/SchmidtDairyEmissions2005.pdf>> Acesso em: 08/02/2011.

DEANS, E.A.; SVOBODA, I.F. Aerobic treatment of silage effluent - laboratory experiments. **Bioresource Technology**, v.40, p.23-27, 1992.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Stratospheric ozone protection and climate change. 2005. Disponível em: <<http://www.epa.gov/ozone/climate.html>> Acesso em: 05/02/2011.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. An Introduction to Indoor Air Quality (IAQ) Volatile Organic Compounds (VOC). 2006. Disponível em: <<http://www.epa.gov/iaq/voc.html>> Acesso em: 05/02/2011.

GALANOS, E.; GRAY, K.R.; BIDDLESTONE, A.J. et al. The aerobic treatment of silage effluent: Characterization and fermentation. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.62, p.271-279, 1995.

GUENTHER, A.; HEWITT, C.N.; ERICKSON, D. et al. A global model of natural volatile organic compound emissions. **Journal of Geophysical Research**, v.100, p.8873-8892, 1995.

HAFNER, S.D.; MONTES, F.; ROTZ C.A. et al. Ethanol emission from loose corn silage and exposed silage particles. **Atmospheric Environment**, v.44, p.4172-4180, 2010.

HAIGH, P.M. A review of agronomic factors influencing grass silage effluent production in England and Wales. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.57, p.73-87, 1994.

HOWARD, C.J.; ANUJKUMAR, I.; MITLOEHNER, F. et al. Reactive Organic Gas Emissions from Livestock Feed Contribute Significantly to Ozone Production in Central California. **Environmental Science Technology**, v.44, p.2309-2314, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário 2006: indicadores da pecuária brasileira**. 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home>> Acesso em: 28/11/2010.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2001 - the scientific basis**. 2001. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/fig6-6.htm>> Acesso em: 08/02/2011.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2007: Synthesis Report**. 2007. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/contents.html> Acesso em: 01/02/2011.

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A. et al. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, supl. esp., p.101-120, 2007.

JONES, D.I.H.; JONES, R. The effect of crop characteristics and ensiling methodology on grass silage effluent production. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.60, n.2, p.73-81, 1995.

JUNGES, D.; SCHMIDT, P.; TEIXEIRA, R.A. et al. Perdas fermentativas de silagens de milho tratadas com uma combinação de microrganismos homo e heteroláticos em diferentes tempos de armazenamento. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47., Salvador, 2010. **Anais...** Salvador: SBZ, 2010. CD-Rom.

KUNG Jr., 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.

LOURES, D.R.S.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F. et al. Composição bromatológica e produção de efluente de silagens de capim-tanzânia sob efeitos do emurhecimento, do tamanho de partícula e do uso de aditivos biológicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.726-735, 2005.

MARI, L.J. **Intervalo entre cortes em capim-marandu (*Brachiaria brizantha*): produção, valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da silagem**. 2003. 138p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcomb, 1991. 340p.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa - Emissões de Metano da Pecuária**. 2006. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0008/8806.pdf> Acesso em: 29/12/2010.

MITLOEHNER, F.; MALKINA, I.L.; KUMAR, A. et al. Volatile organic compounds emitted from dairy silages and other feeds. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 15., 2009, Madison. **Proceedings...**Madison: USDA, 2009. p.15-26.

MONTES, F.; HAFNER, S.D.; ROTZ, C.A. et al. Temperature and air velocity effects on ethanol emission from corn silage with the characteristics of the exposed face of a bunker silo. **Atmospheric Environment**, v.44, p.1987-1995, 2010.

MUNDO DO QUÍMICO. **Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)**. 2003. Disponível em: <www.mundodoquimico.hpg.com.br> Acesso em: 26/01/2011.

O'DONNELL, C.; DODD, V.A.; O'KIELY, P. et al. A study of the effects of silage effluent on concrete: Part 1 significance of concrete characteristics. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.60, p.83-92, 1995.

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

PAZIANI, S.F.; NUSSIO, L.G.; LOURES, D.R.S. et al. Influência do teor de matéria seca e do inoculante bacteriano nas características físicas e químicas da silagem de capim Tanzânia. **Acta Scientiarum Animal Science**, v. 28, n.3, p.265-271, 2006.

RIBEIRO, J.L.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B. et al. Efeitos de absorventes de umidade e de aditivos químicos e microbianos sobre o valor nutritivo, o perfil fermentativo e as perdas em silagens de capim-marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.2, p.230-239, 2009.

SALASAR, C.J. Estudo sobre emissão de compostos orgânicos voláteis (COVs) em tintas imobiliárias a base de solvente e água. 2006. 83p. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

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

SCALIZE, P.S.; LEITE, W.C.A.; RODRIGUES, J.M. et al. **Correlação entre os valores de DBO e DQO no afluente e efluente de duas ETEs da cidade de Araraquara**. [200?]. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/assemae/esgotos/araraquara.pdf>> Acesso em: 22/01/2011.

SCHMIDT, P.; ROSSI Jr., P.; JUNGES, D. et al. Novos aditivos microbianos na ensilagem da cana-de-açúcar: composição bromatológica, perdas fermentativas, componentes voláteis e estabilidade aeróbia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2011 (No prelo).

SCHMIDT, P.; ROSSI Jr., P.; TOLEDO, L.M. et al. Perdas fermentativas e composição bromatológica da entrecasca de palmito pupunha ensilada com aditivos químicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.2, p.262-267, 2010.

VISSERS, M.M.M.; DRIEHUIS, F.; TE GIFFEL, M.C. et al. Concentrations of butyric acid bacteria spores in silage and relationships with aerobic deterioration. **Journal of Dairy Science**, v.90, p.928-936, 2007.

FATORES LIMITANTES PARA A ADOÇÃO DA TECNOLOGIA DE FENAÇÃO EM DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO ANIMAL

*Antônio Ricardo Evangelista¹
Ricardo Andrade Reis²
Greiciele de Moraes³*

INTRODUÇÃO

O feno é recomendado para alimentar qualquer categoria animal e em qualquer sistema de criação, seja intensivo ou extensivo. Na prática, não é o que se observa no Brasil onde apenas em propriedades onde se trabalha com maior uso de tecnologia, e em poucas destas, o feno é produzido e/ou adotado como volumoso componente da dieta dos animais.

Vale lembrar que fatores limitantes de outras ordens, que não os técnicos podem estar associados a essa baixa utilização. A aquisição do feno no mercado pode ser incompatível para os criatórios em função do custo, disponibilidade e/ou valor nutritivo inconstante para padronizar dietas e necessidade de transporte próprio para captar o feno na origem.

A opção de a propriedade produzir o feno para uso pode, em muitos casos, resolver limitações de disponibilidade, transporte e custo, mas não resolve, por exemplo, limitações climáticas. A falta de conhecimentos para executar a prática e/ou de assistência técnica também podem constituir, nesse caso, empecilhos para a produção do feno.

O rol de entraves e facilidades para esta ou aquela propriedade adotarem o uso do recurso feno pode ainda ter marcada definição no modelo de exploração adotado, já que este determina o nível tecnológico característico da fazenda e, conseqüentemente, o volume de recursos que

¹⁾ Prof. Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras.

²⁾ Prof. Departamento de Zootecnia da Unesp-Jaboticabal

³⁾ Aluna do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFLA.

poderão ser empregados na adoção do volumoso feno para compor a dieta dos animais.

Assim, pretende-se com este texto contribuir para melhor entendimento dos possíveis entraves para a adoção do feno em criatórios de animais, bem como, a partir da literatura e de experiência própria, trazer à luz alguma solução, conforme o ritmo de exploração desejado.

O PROCESSO DE FENAÇÃO

O conhecimento das etapas da fenação e da estrutura necessária em cada uma das fases do processo é fundamental para melhor compreensão do quanto a produção de feno pode ser afetada por diferentes entraves, bem como, em que fases do processo de fenação estes fatores atuarão como pontos de estrangulamento.

Seja de gramínea ou de leguminosa a fenação passa pelas etapas de produção e/ou condução da cultura, que, na fase de implantação assemelha-se muito a qualquer outro cultivo e, desse modo, não será abordado nesse texto.

Antes de iniciarmos o processo de produção, é importante conhecermos alguns detalhes da desidratação das plantas na fenação.

A velocidade de perda de água pelas plantas apresenta um comportamento exponencial ao longo do processo de desidratação (FIG. 1), sendo que características físicas das plantas, bem como seu conteúdo inicial de umidade e as condições climáticas exercerão influência sobre essa secagem (Rotz, 1995). Segundo MacDonald & Clark (1987), embora o padrão de perda de água em condições constantes de ambiente seja uniforme, o período de secagem pode ser convenientemente dividido em três fases, diferentes quanto à duração, à taxa de perda de água e resistência à desidratação (FIG. 1).

Instantes após realização do corte, as plantas continuam com os estômatos abertos e, como o déficit da pressão de vapor entre a forragem e o ar é alto, a perda de água é bastante rápida. Embora, os estômatos se fechem em aproximadamente 1 hora após o corte, ou quando as plantas

possuem de 65 a 70% de umidade, cerca de 20 a 30% do total de água é perdido nesta primeira fase da secagem. Após o fechamento dos estômatos, inicia-se uma perda de água em ritmo mais lento, via evaporação cuticular, sendo as características histomorfológicas da planta decisivas sobre a velocidade de secagem nesse instante (MacDonald & Clark, 1987). Por fim, quando a planta atinge cerca de 45% de umidade, em decorrência da plasmólise, a membrana celular perde a sua permeabilidade seletiva, ocorrendo rápida perda de água. Com isso, a secagem torna-se menos influenciada pelo manejo e mais sensível às condições climáticas, especialmente à umidade relativa do ar (Moser, 1995).

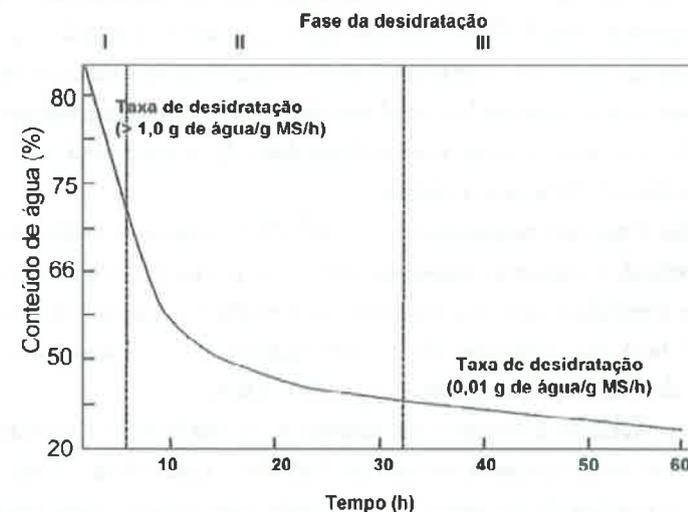


Figura 1: Curva de secagem de plantas forrageiras em condições ambientais uniformes.

Fonte: Jones & Harris, 1979.

O recomendado para o ponto de feno é, normalmente, com umidade abaixo de 20%, o que possibilita a estabilidade da forragem durante o armazenamento em longo prazo. Pode também ser entre 20% e 35% de umidade, quando for possível a secagem em galpões com circulação forçada de ar, ou pelo uso de tratamentos químicos para sua

preservação. Já a forragem colhida acima de 35% de umidade é normalmente fermentada e armazenada em um ambiente anaeróbico sob a forma de silagem pré-secada (Rotz & Shinnors, 2007). Nesse contexto, destacam-se os pré-secados, embalados com umidade entre 40 a 45%, e que constituem uma opção alternativa de manejo do campo de feno, desde que exista tecnologia compatível na propriedade.

O feno pode ser produzido por processo manual ou mecanizado. Na produção por processo manual, para a colheita usa-se qualquer ferramenta de corte existente na propriedade tais como alfange, cutelo, etc. Essa etapa pode ser facilitada com o uso de roçadora motorizada de acionamento manual. Os revolvimentos podem ser executados com os chamados garfos de trabalhar com forragens e, quando atingido o ponto de feno, este deve ser armazenado em galpão ventilado e ao abrigo de luz, podendo ser guardado solto, ensacado ou enfardado. Para o enfardamento no processo manual, pode-se usar enfardadora de acionamento manual ou do tipo motorizada estacionária.

No processo mecanizado, o corte da forragem é realizado por equipamento denominado segadora que pode ou não ter acoplado um sistema de condicionamento, cuja função é realizar o esmagamento dos colmos e/ou a escarificação do tecido vegetal, aumentando assim a superfície de exposição da planta à radiação solar.

Para acelerar a secagem da forrageira são utilizados os ancinhos que revolvem e invertem a massa de forragem com vistas a expor à superfície a porção de forragem mais úmida, que estava rente ao solo, permitindo assim homogeneização da secagem. Os ancinhos também podem ter a função de enleirar a forragem, operação necessária sob risco de chuvas e para o enfardamento.

Sobre a decisão de quando o ancinho deve ser empregado Bernardes & Reis (2004) indicam que o uso freqüente desse equipamento pode ser mais eficiente quando o conteúdo de água da forragem varia de 66 a 50%. Durante essa fase, a forragem na superfície seca rapidamente, enquanto no interior da massa a desidratação é lenta. Assim, cada movimentação com o ancinho proporciona melhores condições para a

desidratação. Além disso, com a forragem tornando-se mais leve devido a perda de água, cada nova ação do ancinho propicia forragem com espaços mais abertos, com menor resistência a perda de água. Com o conteúdo de água abaixo de 50% a massa de forragem entra em um estágio onde o uso do ancinho não é tão eficiente. Tal fato ocorre, pois nessa fase a taxa de secagem é mais influenciada pela resistência da planta do que pela estrutura do material no campo. Nessa fase a umidade de equilíbrio entre o ambiente e a planta assume grande importância no processo. Quando a umidade da forragem é de 28%, a umidade de equilíbrio atinge 85%, e assim a cultura não secará mais se a umidade relativa do ar próximo ou dentro do material for maior que este valor.

Bernardes & Reis (2004) ressaltam ainda que o uso de ancinhos para promover a inversão das leiras não se aplica em leguminosas, contudo, são benéficos, após chuvas, ou quando as condições de secagem são inadequadas. A ação mais intensa dos ancinhos é desejável na fase inicial da secagem, quando a forragem é úmida e ocorre pouco efeito da movimentação sobre a perda de folhas, notadamente em leguminosas.

De fato, Neres et al. (2010) observaram acentuada queda de folhas e redução no número de folhas por haste de alfafa (*Medicago sativa* L.) seca com auxílio de viragens, constatando ainda diminuição nos teores de proteína bruta e aumento da FDN, FDA, NIDN e NIDA, apesar de a digestibilidade *in vitro* da matéria seca e da parede celular não terem sido alteradas (69,79 e 41,39%, respectivamente) nos tratamentos com e sem viragem.

Passando ao enfardamento, este é realizado por enfardadora que pode ser acoplada ao trator ou autopropelida, gerando fardos retangulares ou redondos, com tamanhos diversos, conforme a enfardadora utilizada. Em geral, é mais trabalhado o fardo retangular de 12 a 30 kg.

O armazenamento em galpões fechados constitui a melhor maneira para conservar o valor nutricional dos fenos, apesar de outras formas de armazenamento poderem ser empregadas. Segundo Rotz & Shinnors (2007), um projeto comum de galpão é um celeiro fechado em pelo menos três lados. Uma estrutura composta pelo telhado sem paredes

laterais também é por vezes utilizada, apesar de não prover muita proteção. Quanto ao tamanho necessário do galpão de armazenamento, esses autores julgam-no dependente do tamanho, forma e densidade do fardo, além do volume de feno a ser armazenado. Para armazenamento de pequenos fardos retangulares, o requisito típico para o galpão seria uma área útil de aproximadamente 1,5 m² para cada t MS de feno armazenada. Fardos redondos exigirão um pouco mais de espaço (1,8-2,5 m² t⁻¹ MS), uma vez que não podem ser empilhados em alturas muito elevadas.

Outra opção de armazenamento em galpão seria o feno solto, o que pouparia a etapa de enfardamento, porém, dificultaria o controle das condições de armazenamento e o manejo de desabastecimento desse feno.

Nas condições de armazenamento ao ar livre, comumente observa-se maiores perdas, principalmente nas porções periféricas dos fardos. Rotz & Shinnars (2007) destacam que fardos redondos são frequentemente armazenados nessas condições com vistas a eliminar o investimento em uma estrutura de armazenamento. Fardos retangulares também são, por vezes, empilhados ao ar livre, porém, normalmente são cobertos com lona para proteger contra a umidade.

"INPUTS" NECESSÁRIOS À PRODUÇÃO DE FENO

Pode-se afirmar que a produção mecanizada de feno é uma atividade dispendiosa. Segundo Rotz & Shinnars (2007) a fenação demanda recursos como máquinas, trabalho e energia, que devem, portanto, ser utilizados com eficiência para reduzir os custos de produção.

Sobre o requerimento de energia para a atividade, uma forma ilustrativa de demonstrar a dependência desse recurso é através dos estudos de eficiência energética. Define-se balanço de energia como uma atividade ou instrumento destinado a contabilizar as energias produzidas e consumidas em um determinado sistema de produção. Seu objetivo principal é traduzir em unidades ou equivalentes energéticos os fatores de produção e os consumos intermediários, possibilitando a construção de

indicadores comparáveis entre si, que permitam a intervenção no sistema produtivo visando melhorar sua eficiência (Bueno et al., 2000).

Deve-se ressaltar que esse tipo de trabalho não fornece dados contábeis, já que os insumos utilizados e produzidos são convertidos em unidades de energia, de acordo com coeficientes energéticos apropriados. Todavia, fornece claramente a dimensão dos gastos energéticos despendidos no sistema para que o produto final seja obtido, no caso, o feno.

Campos et al. (2004; 2005) contabilizaram a eficiência energética da produção de feno de alfafa e *Cynodon dactylon*, respectivamente. Nos dois estudos o dispêndio energético percentual em derivados de fontes fósseis foi bastante significativo. O consumo de energia relativo a insumos como óleo diesel seguido dos fertilizantes, principalmente o nitrogenado, demonstram que sua utilização no processo produtivo é elevada. Para produção de feno de alfafa o consumo de óleo diesel e dos adubos nitrogenado, fosfatado e potássico corresponderam, respectivamente, a 73,94%; 7,02%; 3,17% e 6,11% do total de energia diretamente despendida no processo, sendo que houve uma dedução na adubação mineral por ocasião do uso de 10 t ha⁻¹ de esterco de galinha na implantação da cultura (Campos et al., 2004). Na produção do feno de *Cynodon dactylon* esses *inputs* representaram, respectivamente, 58,73%; 28,89%; 1,68% e 3,56% do total de energia utilizada (Campos et al., 2005).

A reposição de nutrientes para as culturas a serem fenadas é fundamental e o manejo de adubação varia de acordo com a planta cultivada, seu ambiente de crescimento (fertilidade natural, bem como os diversos fatores que afetam a taxa de mineralização dos nutrientes), intensidade de cortes e claro, preços praticados no mercado para o fardo de feno e para os fertilizantes.

McKenzie et al. (2009) trabalhando com o feno de capim Timothy (*Phleum pratense* L.) irrigado, durante 4 anos no Canadá constataram que a taxa ótima de N para a produtividade de matéria seca foi de aproximadamente 130 kg ha⁻¹ de N, no primeiro corte e 110 kg ha⁻¹ de N para o segundo corte, dependendo dos preços da cultura e dos fertilizantes.

Nesse estudo, o rendimento médio de feno de Timothy foi de 11 t ha⁻¹ ano⁻¹. Quanto à adubação fosfatada, no local em que o capim Timothy foi responsivo, uma aplicação pré-semeadura de 86 kg ha⁻¹ de P foi suficiente. Não houve resposta à adubação potássica, todavia, os autores destacam que as altas taxas de remoção de K podem encurtar o período até que os sintomas de deficiência desse nutriente venham a se manifestar.

No Brasil, diversos trabalhos sobre adubação nitrogenada em forrageiras do gênero *Cynodon*, apontam incrementos na produção de matéria seca das gramíneas sob inclusões de até 400 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de nitrogênio (Alvim et al., 2000; Menegatti et al., 2002; Rocha et al., 2002; Calixto Junior, et al. 2007); ou até 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de nitrogênio (Alvim et al., 1996; 1999) com respostas à adubação variando de acordo com os intervalos e épocas de corte. Cecato et al. (2001) avaliaram as cultivares Tifton 44, Tifton 85, Coast-cross, Estrela Porto Rico e Estrela Roxa, com e sem adubação nitrogenada (0 e 400 kg ha⁻¹ ano⁻¹), em 4 cortes a cada 35 dias no verão e 2 cortes a cada 70 dias no inverno e obtiveram, no período de verão, uma variação nas produções de matéria seca verde total (PMSVT) de 4,82 a 7,46 t ha⁻¹ nas plantas sem N e de 12,1 a 14,3 t ha⁻¹ naquelas adubadas. Já no período de inverno, a influência da cultivar foi significativa, com a cultivar Estrela Porto Rico apresentando a maior PMSVT (2251 kg ha⁻¹ de MS) e a Tifton 44 (1368 kg ha⁻¹ de MS) a menor. Apesar das forrageiras adubadas apresentarem produções significativamente superiores às não adubadas, o incremento nessa estação foi bastante inferior ao obtido no verão, o que é esperado em função das condições ambientais do inverno.

Uma consideração nesse aspecto é que, deve-se ter ressalvas no momento de decidir a dose de adubo a ser aplicada no campo de feno. Essa decisão deve ser técnica, pautada no laudo de análise de solo e aliada ao conceito de máxima produção econômica. Além disso, devem ser consideradas as características fisiológicas e o potencial produtivo da cultivar trabalhada, que pode ser favorecido, por exemplo, pelo uso de irrigação ou do regime de chuvas local. O fato é que investimentos em fertilizantes para a produção de feno são sistematicamente necessários

em função da remoção de nutrientes a cada corte.

Sobre o consumo de combustível pelo trator, este varia, principalmente, em função do tipo de implemento tracionado e das horas de trabalho da máquina. De fato, dentro da operação de corte da forragem, Rotz & Shinnars (2007) destacam que as segadoras de disco giratório comparadas às do tipo plataforma de facas proporcionam maior capacidade de corte, permitindo que os produtores colham rapidamente a forragem quando as condições climáticas forem adequadas. Todavia, esse tipo de equipamento tem custo de aquisição e de manutenção mais elevados, além de exigirem um pouco mais de potência do trator (ASAE, 2003 citado por Rotz & Shinnars, 2007). Assim, um trator maior pode ser requerido e mais combustível será consumido por hora de uso (Rotz & Sprott, 1984 citado por Rotz & Shinnars, 2007). Mesmo com essas desvantagens, o disco giratório tornou-se o método dominante para corte na fenação (Rotz & Shinnars, 2007).

Fertilizantes e combustíveis representam custos variáveis despendidos a cada ciclo do processo de fenação. Composto esse tipo de custo, tem-se ainda o calcário, herbicidas, inseticidas, sementes, mudas, dentre outros.

Todavia, maior volume de investimentos será feito na aquisição dos tratores e equipamentos de fenação, na construção do galpão para armazenamento do feno e na aquisição e instalação dos sistemas de irrigação, se for o caso. Destaca-se que, dentro de sua vida útil, a cada ano esses equipamentos e construções estão sofrendo depreciação que, somada aos custos variáveis do processo e ao custo de oportunidade dessa atividade fazem com que a fenação apresente um custo total elevado, confirmando que trata-se de uma atividade onerosa.

ENTRAVES COMUNS AOS SISTEMAS PRODUTIVOS

FALTA DE CONHECIMENTO

O Brasil não é um país onde os produtores têm a cultura de

produzir feno, uma vez que nosso inverno, em algumas regiões, impõe uma redução na produção das forrageiras, mas não chega a inviabilizá-la. Armazenar grandes quantidades de volumosos na forma de feno ocupa muito espaço, assim, naqueles países com inverno rigoroso que obriga a estabulação de todos os animais durante toda a estação, o feno torna-se um recurso fundamental.

A falta de conhecimentos sobre a técnica de fenação pode esbarrar também na pouca ou ineficiente assistência técnica que chega aos criatórios. Dados do Censo Agropecuário de 2006 revelaram que, nos estabelecimentos agropecuários em geral, a orientação técnica era prestada em apenas 22% dessas propriedades, sendo mais marcante nas médias e grandes, além de estar bastante atrelada a estabelecimentos onde os proprietários apresentavam níveis de escolaridade mais elevados (IBGE, 2006).

LIMITAÇÕES CLIMÁTICAS

Segundo Rotz (1995) as principais variáveis climáticas que influenciam a perda de água das forrageiras são: radiação solar, temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento, sendo que a alta correlação entre essas variáveis dificulta a determinação do efeito isolado de cada uma delas sobre a taxa de secagem.

Os serviços de informação meteorológica, em geral, descrevem a possibilidade de ocorrência de chuvas (em percentagem de chance de chover), a quantidade de chuva prevista (em milímetros de água), o comportamento pluviométrico ao longo do dia (manhã, tarde e noite), as temperaturas máxima e mínima do dia (em °C), a velocidade (em km h⁻¹) e a direção dos ventos (com base na respectiva coordenada geográfica) e a umidade relativa do ar (em %). Esses serviços constituem uma ferramenta gratuita fundamental para manejo do campo de feno, sendo interessante observar um intervalo médio de quatro dias para que se tenha segurança na realização das etapas que vão do corte até o armazenamento do feno. Esse tempo de secagem pode, todavia, ser alterado em função

do manejo aplicado à forragem e das condições climáticas.

A tomada de decisão pelo dia ideal de realização do corte esbarra no desafio climático de que, como se tratam de previsões, a informação meteorológica prevista pode ser diferente da real situação climática do dia, conforme pode-se constatar na tabela 1 onde são confrontados os eventos climáticos esperados e os reais observados em janeiro de 2011, em uma propriedade de produção de feno em Itutinga, Minas Gerais.

Tabela 1: Dados climáticos previstos e observados em uma propriedade produtora de feno, em Itutinga, MG (jan, 2011).

Precipitação				
Tendência ¹		Previsão Meteorológica ²		Real ³
	Qtde (mm)	Qtde (mm)	Ocorrência (%)	Qtde (mm)
1/11	-	10	80	0
1/11	-	10	80	0
1/11	-	10	80	0
1/11	-	10	80	0
1/11	-	10 ? 5	80	0
1/11	10	5	80	0
1/11	0	5	80	0
1/11	2	5	80	0
1/11	0	5	80	0
1/11	0 ? 2	-	-	30
1/11	7	-	-	32,5

¹ Esta tendência é resultado de modelos matemáticos e não tem interferência direta dos meteorologistas. Estes valores podem variar muito de um dia para o outro (CLIMATEMPO, 2011).

² Climatepo, 2011.

³ Dados coletados da estação meteorológica instalada na propriedade produtora de feno, em Itutinga, MG.

O processamento da forragem para secagem afeta a velocidade de obtenção do feno. Savoie & Beauregard, (1990) desenvolveram modelos para avaliar a taxa de secagem de leiras que foram afofadas e invertidas. A secagem foi fortemente influenciada pela radiação solar. A ação de giro e afofamento aumentou a taxa de secagem em 31%, em média, com um

aumento adicional devido à expansão das leiras. A inversão proporcionou um aumento de 15% com um pequeno aumento adicional quando a leira foi expandida. A simulação indicou que a ceifa realizada sob bom tempo reduz o tempo de secagem do feno de 2 a 8 h e a inversão de 1 a 4 h, dependendo da densidade das culturas. Ocasionalmente, isso significaria enfardamento um dia mais cedo e redução do risco de chuva sobre o feno.

O sincronismo entre o adequado estágio vegetativo da forragem para o corte coincidindo com intervalos de estiagem é, na prática, dificultado pelo fato de as regiões tropicais possuírem um verão chuvoso característico. Segundo Reis et al. (2001), existe uma janela de estiagem de 50% dos dias de verão no Brasil Central, com características favoráveis à fenação como umidade relativa do ar baixa, temperatura elevada e ocorrência de ventos. A observação prática que pode ser acrescentada nesse particular, é que esses 50% de dias com possibilidade de realização da fenação no verão podem não ocorrer em seqüência e muitas vezes, em número de dias que propicie o trabalho.

Raymond et al. (1991) constataram que a desidratação se processa até que a umidade do feno entre em equilíbrio com a umidade do ar (Tab. 1). Logo, se a umidade relativa do ar próximo à leira for superior à umidade de equilíbrio, a forrageira não perderá água, dificultando assim a obtenção do ponto de feno.

Tabela 2. Umidade de equilíbrio do feno em função da umidade relativa do ar.

Umidade Relativa do Ar (%)	Conteúdo de Umidade do Feno (%)
95	35,0
90	30,0
80	21,5
77	20,0
70	16,0
60	12,5

Fonte: Raymond et al. (1991).

Apesar de não poderem ser modificados pelo homem, os entraves climáticos podem ser contornados, desde que seja viável economicamente e que a propriedade disponha de estrutura para isso.

Sob risco de chuvas, a remoção da forragem do campo para galpões de secagem de ar forçado e aquecido constitui uma alternativa eficiente, que dependerá da área manejada e, conseqüentemente, do volume de forragem a ser trabalhada, além da viabilidade prática e econômica em construir tal instalação e manter mão-de-obra e maquinário para transportar os fardos até o secador.

Galpões arejados também pode ser uma alternativa para finalização da secagem do feno. No estudo de Neres et al. (2010) em que a alfafa foi seca sem viragens, em galpão arejado, após a cultura ter sua umidade reduzida a 50% no campo, observou-se, como esperado, menor reidratação da forrageira pelo orvalho da noite e melhor composição bromatológica para o feno seco nessas condições comparado aos tratamentos que permaneceram ao sol e que sofreram viragens.

Segundo Arinze et al. (1996a) a secagem artificial do feno é geralmente praticada para minimizar os problemas de perdas de nutrientes e de matéria seca, que são comuns quando a cura do feno é feita a campo. Desse modo, com um sistema de secagem artificial bem gerido pode-se, potencialmente, produzir feno de alta qualidade, reduzindo o tempo de secagem e os efeitos climáticos e aumentando o rendimento de colheita e a recuperação de nutrientes da planta.

Na América do Norte é comum a secagem de pequenos fardos retangulares em galpões com ar ambiente ou com temperatura do ar de 3 a 8°C superior à ambiente. Todavia, dependendo da temperatura e da umidade ambientes, este processo pode levar de 7 a 21 dias para ser concluído. Dentro deste período relativamente longo de secagem, a contaminação de feno pelo desenvolvimento de fungos, além dos efeitos da umidade sobre a massa podem ocorrer. Para garantir a produção de fenos de qualidade, principalmente em empreendimentos comerciais, torna-se necessário uma secagem muito mais rápida do feno (dentro de 1 a 2 dias) trabalhando com fluxos de ar e temperaturas de secagem

relativamente altas (Arinze et al., 1996a).

Arinze et al. (1996b) avaliaram um secador de feno comercial constatando a redução no tempo de secagem com o aquecimento do ar à temperatura de 45 ± 5 °C. Fardos com umidade inicial de 25 a 40% foram secos, com sucesso, até umidades de 12 a 15 °C gastando de 17 a 37 horas para a secagem. A partir de fenos com conteúdo de umidade inicial de 30%, secos até alcançarem umidade de 15%, concluiu-se que a capacidade de secagem foi de 1 t h^{-1} de feno, o consumo de combustível foi de $26 \text{ m}^3 \text{ t}^{-1}$, o consumo de energia foi de 4790 kJ kg^{-1} de água evaporada, obtendo-se um material de alta qualidade e cor verde atrativa.

Como o Brasil é um país localizado geograficamente próximo à linha do Equador e, portanto, receptor de radiação solar abundante ao longo do ano, outra alternativa, contrária à convivência com os riscos de precipitação no verão, seria o cultivo do campo de feno sob irrigação, com cortes durante o inverno e fenação durante os dias em que a irrigação permanecer suspensa por conveniência. Nesse tipo de manejo, outros fatores como comprimento do dia, temperaturas máxima e mínima e a insolação influenciarão o crescimento das gramíneas tropicais, de modo que, em nem todas as regiões do país esse tipo de produção possa ser interessante.

Como alternativa ao manejo do campo de feno, a opção pela produção de pré-secados viabiliza a conservação da forragem, em condições anaeróbias, com conteúdo de umidade próximo a 45%. O emurchecimento realizado permitirá o controle de fermentações indesejáveis pela redução da atividade de água (Aw) ou aumento da pressão osmótica, o que limita a atividade de bactérias do gênero *Clostridium* (McDonald, et al. 1991).

Castro et al. (2006) avaliaram silagens de capim tifton 85 com diferentes teores de matéria seca, com e sem aditivo químico ou enzimo-bacteriano, constatando que o teor de matéria seca mais adequado ao processo de conservação do capim-tifton 85, obtido com o emurchecimento da forragem, e que propiciou características qualitativas de fermentação e de composição química das silagens foi de 450 g kg^{-1}

MS. Os tratamentos com maior teor de matéria seca (650 g kg^{-1} MS, sem aditivo e com aditivo químico) apresentaram maiores valores de temperatura, provavelmente em razão da maior aeração da massa, enquanto as silagens com menor conteúdo de MS (250 g kg^{-1} MS, sem aditivo e com aditivo bacteriano-enzimático) apresentaram os maiores valores de N-NH_3 , demonstrando haver proteólise intensa nas forragens mais úmidas.

Tais dados comprovam que a opção por produzir pré-secado não pode ser adotada como forma de corrigir falhas da fenação, pois se a forragem estiver demasiadamente úmida deverá passar pelo emurchecimento até o teor de umidade adequado à ensilagem, enquanto as forragens com teor de matéria seca superior a 45% deverão ter o processo de desidratação concluído até alcançarem ponto de feno.

DEPENDÊNCIA DE MAQUINÁRIO PRÓPRIO PARA O PROCESSO MECANIZADO

Para realizar a fenação, deve-se contar, no mínimo, com uma ceifadora; um ancinho, preferencialmente, revolvedor e enleirador e um enfardadora, além do trator de potência mínima de 50 CV para acionamento dos equipamentos.

O custo dos equipamentos de fenação pode ser considerado elevado e não condizente com a realidade da maioria dos criatórios de animais. Na realidade, mesmo o acesso a tratores agrícolas ainda parece incipiente nos estabelecimentos agropecuários do Brasil, de acordo com o último censo agropecuário realizado em 2006.

Os dados do IBGE apontaram que até dezembro de 2006, 530 mil estabelecimentos (10,2% do total) tinham tratores, num total de 820 mil unidades. Comparando com o censo anterior (1995-1996), houve incremento de 20 mil unidades, 2,6%. Apesar desse discreto aumento, constatou-se a substituição de tratores de menor potência (menos de 100 cv) por tratores de potência superior, com um aumento de 99,4% nesta categoria, o que caracteriza um avanço no sentido de se ter maior

eficiência na mecanização agrícola.

Outro fato é que o baixo número de tratores por estabelecimento pode ter sido compensado pelo aumento na terceirização dos serviços de máquinas agrícolas. Dos 1,56 milhão de estabelecimentos que declarou utilizar força mecânica, apenas 59,6% usavam força de procedência própria. Do total, 30,9% (484 mil) declararam usar força mecânica de serviço contratado com o operador; 5,3% cedida por terceiros, 6% cedida por governos, 4,7% cedida por empreiteiros, 4,1% de uso comunitário e 3,4% advinda de aluguel (IBGE, 2006).

Apesar desse aumento na terceirização dos serviços com tratores, essa situação pode não chegar a favorecer a produção de feno no verão quente e chuvoso de diversos estados brasileiros. Alugar máquina para produção de feno é praticamente impossível pelo fato de que nos dias de condição climática favorável para ferrar, os possíveis prestadores de serviço podem estar compromissados com alguma outra propriedade em atividade diversa também dependente de máquinas alugadas.

Além disso, a locação dos implementos necessários à fenação ainda não é uma realidade no Brasil, dada a falta de cultura em produzir feno, restando a alternativa de adquiri-los no mercado.

ENTRAVES INCISIVOS SOBRE OS DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO

A primeira coisa que devemos ficar atentos é que desatrelamos a idéia do caráter extensivo ou intensivo de um sistema de produção, unicamente pelo volume de produção e/ou tamanho da propriedade. Existem pequenos produtores executando agropecuária de alto nível, com alto grau de intensificação e grandes produtores realizando produção extensiva. Desse modo, todo o contexto do sistema de produção, englobando o seu objetivo, os recursos empregados, o retorno sobre a forma de produto animal e monetário em relação à composição de seus custos variáveis e fixos, além do tamanho da área

trabalhada devem ser considerados.

SISTEMA INTENSIVO

Quanto às formas de conservação de forragens, a opção por confeccionar silagens parece ser preferida em sistemas produtivos que passam a trabalhar de forma intensiva. Esse fato, talvez, constitua o maior entrave ao emprego da tecnologia da fenação em propriedades de exploração intensiva.

Dentre as características positivas da ensilagem, comparada à fenação, sobressaem fatos como: a necessidade de um único corte e a concentração de todas as atividades para a confecção da silagem em uma única época; a redução da área agricultável através do uso de híbridos altamente produtivos, seja de milho, sorgo ou cana-de-açúcar; a necessidade de menor espaço de armazenamento; a menor dependência de maquinário próprio; dentre outras.

O clima também se revela como um desafio nesse tipo de sistema, não somente pela dificuldade em realizar a fenação, subjugada às épocas de janela climática favorável, mas também pela falta de padronização no valor nutricional dos fenos, caso as épocas de corte possíveis sejam posteriores ao momento vegetativo da forrageira que propicie a maior concentração de nutrientes digestíveis. Como nesse tipo de sistema produtivo, geralmente se trabalha com animais especializados, a padronização da qualidade do volumoso utilizado é fundamental.

Gonçalves et al. (2003) observaram reduções no consumo de MS (2,4, 2,2, 2,1 e 1,1%) e na digestibilidade da MS (60,5, 58,8, 56,3 e 53,8%) do feno de capim Tifton 85, em ovinos, nas idades de crescimento do capim de 28, 42, 63 e 84 dias, respectivamente. Incrementos na fração indigestível da proteína e dos carboidratos também foram observadas. Ataíde Junior et al. (2000), trabalharam com o feno da mesma forrageira nas idades de corte de 28, 35, 42 e 56 dias, e observaram efeito quadrático da idade de rebrota sobre o consumo

de MS, estimando-se consumo máximo de 1081,3 g MS dia⁻¹ no feno colhido aos 39 dias de rebrota. Por sua vez, as digestibilidades aparentes de MS, PB, EE, CT e FDN diminuíram linearmente com o avanço da idade de rebrota do feno de capim-tifton 85.

Para contornar o problema climático existe a necessidade de maiores investimentos, seja em instalações como os galpões para secagem, equipamentos de irrigação ou máquinas para produção de pré-secados, bem como a utilização de aditivos, cuja viabilidade deve ser estudada de acordo com a propriedade.

SISTEMA EXTENSIVO

Os entraves comuns da fenação são mais incisivos sobre os sistemas extensivos de produção, distanciando-os mais acentuadamente da possibilidade de produzirem feno de alta qualidade.

A menor utilização de insumos característica desse tipo de sistema não está de acordo, por exemplo, com a demanda por fertilização das culturas, o que resultaria, invariavelmente, em baixa produtividade e permanência das forrageiras, além de redução no valor nutricional do feno obtido.

Como geralmente as áreas exploradas de forma extensiva são vastas, o diferimento de pastos, por exemplo, em regiões onde o clima permita, parece ser uma forma de manejo mais condizente do que a fenação. De acordo com Martha Júnior & Corsi (2001), o sucesso desta alternativa de manejo é dependente do acúmulo de matéria seca (MS) e do valor alimentício da forragem por ocasião da sua utilização, bem como da possibilidade de os animais entrarem na área vedada sem que a perda por acamamento seja muito elevada. Vedar pastos dispensa os investimentos em máquinas, implementos e estruturas de armazenagem, como silos e/ou armazéns para estocagem de fenos utilizados na conservação de forragens, tendo a redução dos custos de produção como sua principal vantagem. Por outro lado, empreendimentos com base na exploração de pastos vedados são caracterizados por taxas de lotação

animal nas pastagens raramente superiores a 1,5-2,0 UA/ha/ano.

Outro fator que pode limitar o uso de pastos vedados, também chamados de feno em pé, é a ocorrência de chuvas esporádicas de inverno, o que provoca o acamamento da forragem (macega), impossibilitando o consumo e aproveitamento desse recurso forrageiro.

Outras opções de manejo que incluem a suplementação da dieta no cocho com suplementos protéicos/energéticos ou o fornecimento de cana-de-açúcar ou mesmo de silagem, podem representar alternativas mais interessantes ao tipo de exploração. Todavia, dependendo da opção de suplementação para a época seca, obrigatoriamente, o sistema deverá partir para um nível de intensificação mais elevado, como no caso de opção pela produção de silagem.

Diante da modesta adoção de tecnologias como máquinas e implementos, a dependência de maquinário para fenação, cuja aquisição é bastante dispendiosa, pode constituir o principal gargalo à fenação nesse tipo de sistema. Por fim, se a opção ainda for pela produção de feno, esbarra-se na questão climática, em que a dificuldade de secagem da forragem a campo, no verão, poderá resultar no armazenamento de feno com umidade elevada, favorecendo assim a proliferação de microorganismos e perdas de matéria seca potencialmente digestível. Scarbrough et al. (2005) obtiveram perdas de matéria seca de até 88 g kg⁻¹ no feno de *Dactylis glomerata* L. com 15,3% de umidade submetido a uma precipitação artificial de 76 mm. Turner et al. (2003) reportam aumento imediato das concentrações de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), e lignina, imediatamente após a prensagem de fenos de festuca que foram submetidos a eventos de chuva natural

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fenação requer intensificação do sistema produtivo, já que a demanda por fertilizantes, energia e equipamentos é elevada.

Independentemente do sistema de produção, a falta de cultura

em produzir feno é determinante quanto à baixa adoção da tecnologia de fenação no Brasil. Todavia, o principal fator limitante para a adoção dessa técnica, independente do sistema de produção adotado, é o clima.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVIM, M. J. et al. Efeito da frequência de cortes e do nível de nitrogênio sobre a produção e qualidade da matéria seca do "Coast-cross". In: ALVIM, M.J. et al. (eds) **WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO CYNODON**, 1996, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Embrapa - CNPGL, 1996. p. 45-55.
- ALVIM, M.J. et al. Resposta do tifton 68 a doses de nitrogênio e a intervalos de cortes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.9, p.1875-1882, 2000.
- ALVIM, M.J. et al. Resposta do tifton 85 a doses de nitrogênio e intervalos de cortes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.12, p.2345-2352, 1999.
- ARINZE, E.A. et al. Experimental Evaluation, Simulation and Optimization of a Commercial Heated-Air Batch Hay Drier : Part 1 , Drier Functional Performance , Product Quality , and Economic Analysis of Drying. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.63, p.301-314, 1996a.
- ARINZE, E.A. et al. Experimental Evaluation, Simulation and Optimization of a Commercial Heated - Air Batch Hay Drier : Part 2 , Computer Simulation and Optimization of Hay Drier Performance. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.63, p.315-322, 1996b.
- ATAÍDE JÚNIOR, J.R. et al. Valor nutritivo do feno de capim-tifton 85 (cynodon spp.) em diferentes idades de rebrota, em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.2193-2199, 2000.
- BERNARDES, T.F.; REIS, R.A. **Quando utilizar o ancinho durante o processo de fenação?** 2004. Disponível em: <http://www.milkpoint.com.br/quando-utilizar-o-ancinho-durante-o-processo-de-fenacao_noticia_19969_61_161_.aspx>. Acesso em 11 jan. 2011.
- BUENO, O.C. et al. Balanço de energia e contabilização da radiação global: simulação e comparativo. In: **Avances en ingeniería agrícola**. Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía, p.477-82, 2000.

- CALIXTO JÚNIOR, M. et al. Taxa de desidratação e composição químico-bromatológica do feno de grama-estrela (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) em função de níveis de adubação nitrogenada. **Semina: Ciências Agrárias**, v.28, n.3, p.493-502, 2007.
- CAMPOS, A.T. et al. Análise energética na produção de feno de *Cynodon dactylon* (L.) PERS. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.2, p.349-358, 2005.
- CAMPOS, A.T. et al. Balanço energético na produção de feno de alfafa em sistema intensivo de produção de leite. **Ciência Rural**, v.34, n.1, p.245-251, 2004.
- CASTRO, F.G.F. et al. Características de fermentação e composição químico-bromatológica de silagens de capim-tifton 85 confeccionadas com cinco teores de matéria seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.7-20, 2006.
- CECATO, U. et al. Avaliação de cultivares do gênero *Cynodon* com e sem nitrogênio. **Acta Scientiarum**, v.23, n.4, p.781-788, 2001.
- CLIMATEMPO. Previsão do tempo para Itutinga - MG. Disponível em: <<http://www.climatempo.com.br/previsao-do-tempo/cidade/3803/itutinga-mg>>. Acesso em: 21 jan. 2011.
- GONÇALVES, G.D. et al. Determinação do consumo, digestibilidade e frações protéicas e de carboidratos do feno de tifton 85 em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.804-813, 2003.
- IBGE - **Censo Agropecuário** 2006.
- JONES, L., HARRIS, C.E. Plant and swath limits to drying. In: THOMAS, G. (ed). **Forage Conservation in the 80s**. British Grassland Society Occasional Publication, n.11, 1979, p.53-60.
- MacDONALD, A.D., CLARCK, E.A. Water and quality loss during field drying of hay. **Advance in Agronomy**. v.41, p.407-437, 1987.
- MARTHA JÚNIOR, G. B.; CORSI, M. Pastagens no Brasil: situação atual e perspectivas. **Preços Agrícolas**, v.15, n.170, p.3-6, 2001.
- McDONALD, P. et al. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcomb Publications, 1991. 340 p.
- McKENZIE, R.H. et al. Yield and quality responses of irrigated timothy to fertilizer application in southern Alberta. **Canadian Journal of Plant Science**, v.89, n.2, p.247-255, 2009.

MENEGATTI, D.P. et al. Nitrogênio na produção de matéria seca, teor e rendimento de proteína bruta de três gramíneas do gênero *Cynodon*. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, n.3, p.633-642, 2002.

MOSER, L.E. Post-harvest physiological changes in forage plants. In: Moore, K.J. et al. (eds). **Post-harvest physiology and preservation of forages**. American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin. 1995, p.1-19.

NERES, M.A. et al. Production of alfalfa hay under different drying methods. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.8, p.1676-1683, 2010.

RAYMOND, F. et al. **Forage Conservation and Feeding**. Farming Press Limited, Wharfedale Road Ipswich, Suffolk. 3° ed. 208 p, 1991.

REIS, R.A. et al. Técnicas para produção e conservação de fenos de forrageiras de alta qualidade. In: JOBIM, O.C.C et al. (eds). **SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS**. 2001. Maringá, **Anais... - Maringá** : UEM/CCA/DZO, 2001, p.1 - 39.

ROCHA, G.P. et al. Adubação nitrogenada em gramíneas do gênero *Cynodon*. **Ciência Animal Brasileira**, v.3, n.1, p.1-9, 2002.

ROTZ, C.A. Field curing of forages. In: MOORE, K.J. et al. (eds). **Post-harvest physiology and preservation of forages**. American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin. 1995, p. 39-66.

ROTZ, C.A.; SHINNERS, K.J. Hay harvest and Storage. In: BARNES, R.F. et al. (eds). **Forages, Volume II: The Science of Grassland Agriculture**, Sixth Edition. Blackwell Publishing Professional, Ames, Iowa. 2007, p.601-616.

SAVOIE, P.; BEAUREGARD, S. Predicting the effects of hay swath manipulation on field drying. **Transactions of the ASAE**, v.33, n.6, p.1790-1794, 1990.

SCARBROUGH, D.A. et al. Evaluation of dry matter loss, nutritive value, and in situ dry matter disappearance for wilting orchardgrass and bermudagrass forages damaged by simulated rainfall. **Agronomy Journal**, v.97, n.2, p.604-614, 2005.

TURNER J.E. et al. Changes in nutritive value of tall fescue hay as affected by natural rainfall and moisture concentration at baling. **Animal Feed Science and Technology**, v.109, p.47-63, 2003.