

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO
JEQUITINHONHA E MUCURI

KAROLINE GUEDES ARAÚJO

CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS, NUTRICIONAIS E
FERMENTATIVAS E CINÉTICA DE TRÂNSITO DE PARTÍCULAS DE
SILAGENS DE MILHO

**DIAMANTINA - MG
2011**

KAROLINE GUEDES ARAÚJO

**CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS, NUTRICIONAIS E FERMENTATIVAS E
CINÉTICA DE TRÂNSITO DE PARTÍCULAS DE SILAGENS DE MILHO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Prof. Severino Delmar Junqueira Villela - UFVJM

DIAMANTINA - MG
2011

Ficha Catalográfica - Serviço de Bibliotecas/UFVJM
Bibliotecário Rodrigo Martins Cruz – CRB-6/2886

Araújo, Karoline Guedes.
A663c Características produtivas, nutricionais e fermentativas e cinética de trânsito de
2011 partículas de silagens de milho / Karoline Guedes Araújo. – Diamantina: UFVJM,
2011.
55 p.

Orientador: Prof. Dr. Severino Delmar Junqueira Villela.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias,
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

1. Bovinos fistulados. 2. Degradação ruminal. 3. Fibra cromo-mordante. 4.
Milho. I. Título.

CDD 636.0862

KAROLINE GUEDES ARAÚJO

**CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS, NUTRICIONAIS E FERMENTATIVAS E
CINÉTICA DE TRÂNSITO DE PARTÍCULAS DE SILAGENS DE MILHO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos
Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das
exigências do Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, para obtenção do título de *Magister
Scientiae*.

APROVADA em 28/04/2011

Prof. Severino Delmar Junqueira Villafa – UFVJM
Orientador

Prof. Fernando de Paula Leonel – UFSJ
Co-orientador

Prof. Karina Guimarães Ribeiro – UFVJM

Prof. Gustavo Henrique de Frias Castro – UFVJM

DIAMANTINA – MG
2011

DEDICO

A Deus por mais essa conquista;

A meus pais Candinho e Iolanda por tudo;

A meus irmãos que tanto amo: Neto e Felipe, pelo incentivo, amor e carinho.

Aos meus avós que rezam por mim,

*todos os tios e primos, em especial ao tio Zinho, tia Iêda e tia Norma,
que me apoiaram em todos os momentos importantes e sempre estiveram presentes.*

A meu querido Lucas pelas palavras de incentivo, confiança e ajuda sempre!

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, especialmente ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso.

À FAPEMIG, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Professor Severino Delmar Junqueira Villela, pela orientação, amizade, confiança e, sobretudo pelo exemplo de profissionalismo.

Ao Professor Fernando de Paula Leonel, pelo exemplo de luta e dedicação em prol da Zootecnia. Agradeço muito pelas contribuições à presente dissertação.

Ao professor Gustavo Henrique Frias Castro pela fistulação dos animais utilizados neste experimento.

Aos Professores do departamento de Zootecnia da UFVJM, pelos ensinamentos.

Aos amigos e colegas da UFVJM e UFSJ que de alguma maneira colaboraram. São muitos: Patrícia, Marcos, Marllucy, Kênia, Ivy, Taila, Janaína, Gabriel, Aline, Hudson, Júlio, Fabiana, Juliana, Alessandra, Moema, Laís, Ramon e Elizzandra.

A Mauro, gerente da EPAMIG de São João Del Rei que abriu as portas da empresa para execução de parte importante deste trabalho. Agradeço também aos funcionários da EPAMIG pela colaboração, e especialmente ao Sr. João e Sr. Antônio e família pela acolhida, amizade e carinho.

A todos que participaram de forma direta e indireta para a realização deste trabalho e aos funcionários do Campus Experimental Moura pela colaboração durante as coletas da madrugada.

BIOGRAFIA

KAROLINE GUEDES ARAÚJO, filha de Candido Guedes Azevedo Filho e Iolanda Mércia de Sá Araújo Guedes, nasceu em 09 de março de 1984 em Montes Claros-MG.

Em dezembro de 2008, concluiu o Curso de Graduação em Zootecnia, pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina-MG.

Em março de 2009, foi admitida no Curso de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, na área de Nutrição e Produção de Ruminantes, pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, submetendo-se a defesa de dissertação para a conclusão deste Curso em abril de 2011.

RESUMO

ARAÚJO, Karoline Guedes. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, abril de 2011. 55p. **Características produtivas, nutricionais e fermentativas e cinética de trânsito de partículas de silagens de milho.** Orientador: Severino Delmar Junqueira Villela. Co-orientador: Fernando de Paula Leonel. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

Objetivou-se com o desenvolvimento deste trabalho avaliar a produtividade de seis híbridos de milho, o valor nutricional e as características fermentativas de suas silagens. Avaliou-se também qualidade das fibras destas silagens por meio das cinéticas de trânsito e de degradação ruminal. Foram utilizados quatro animais fistulados no rúmen, sendo o delineamento utilizado um quadrado latino (4x4), onde os tratamentos foram as fibras mordantadas de quatro híbridos selecionados dentre os seis. Para o estudo de degradabilidade, as amostras moídas em peneiras de 4 mm foram incubadas no rúmen nos tempos 0, 6, 18, 48 e 96 horas, em saquinhos de náilon. A partir dos resultados encontrados, pode-se sugerir que os híbridos estudados apresentam características nutricionais e produtivas adequadas para obtenção de silagens de qualidade. E que o híbrido DKB 390 apresentou melhor performance com relação a qualidade da fibra.

Palavras-chave: bovinos fistulados, degradação ruminal, fibra cromo-mordante, milho

ABSTRACT

ARAÚJO, Karoline Guedes. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, April, 2011. 55p. **Productive, nutritional, fermentation and kinetics characteristics of corn silages particles.** Adviser: Severino Delmar Junqueira Villela. Committee members: Fernando de Paula Leonel. Dissertation (Master's degree in Animal Science).

The objective of this study was to evaluate the productivity of six corn hybrids, the nutritional and fermentation characteristics of their silage. There has also been evaluated the quality of these silages fibers through the transit kinetics and ruminal degradation. Four animals were fistuled in the rumen, and the design used a Latin square design (4x4), in which the treatments were the mordant fibers from four of the six selected hybrids. To study the degradability of the samples, samples grounded in 4mm sieves were incubated in the rumen at 0, 6, 18, 48 and 96 hours, in nylon bags. From these results, it can be suggest that studied hybrids have nutritional and productive measures to obtain silage quality. And the hybrid DKB 390, showed better performance with respect to fiber quality.

Keywords: corn, fiber-chromium mordant, fistulated cattle, rumen degradation

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	08
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	10
2.1. Híbridos para ensilagem.....	10
2.2. Características fermentativas da silagem de milho.....	12
2.3. Indicadores de qualidade de silagem.....	14
2.3.1 pH.....	15
2.1.2. Ácidos Orgânicos.....	15
2.3.3. Teor de NH ₃ /NT	16
2.4. A fibra na alimentação dos ruminantes.....	17
2.5. Cinética da degradação ruminal.....	18
2.6. Cinética de trânsito de partículas.....	19
Referências Bibliográficas.....	23
3. CAPÍTULOS.....	30
3.1 - PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE SILAGENS DE HÍBRIDOS DE MILHO.....	31
Resumo.....	31
Abstract.....	32
Introdução.....	33
Material e Métodos.....	34
Resultados e Discussão	35
Conclusão.....	40
Referências Bibliográficas.....	40
3.2 - CINÉTICA DE TRÂNSITO E DEGRADABILIDADE DA FIBRA DE SILAGENS DE HÍBRIDOS DE MILHO.....	44
Resumo.....	44
Abstract.....	45
Introdução.....	46
Material e Métodos.....	47
Resultados e Discussão	52
Conclusão.....	53
Referências Bibliográficas.....	54
4. CONCLUSÕES GERAIS.....	57

1. INTRODUÇÃO GERAL

Nas regiões de clima tropical, o desequilíbrio na produção e na qualidade de forragem é gerado pela distribuição estacional de chuvas, o que limita o desempenho animal pela falta de alimentos na época seca do ano. Assim, para minimizar os efeitos da escassez de pastagens, a ensilagem tem sido utilizada como ferramenta fundamental na conservação de forragens com vistas à maior produtividade animal, especialmente neste período.

A silagem é o principal volumoso conservado utilizado nos diferentes sistemas de produção animal no Brasil, sendo que a silagem de milho ocupa lugar de destaque em relação à de sorgo ou de gramíneas perenes. Por suas características qualitativas e quantitativas, o milho (*Zea mays* L.) é a cultura de maior utilização para ensilagem, pois permite o armazenamento e conservação de volumoso em maior quantidade nos períodos de sazonalidade, além de ter boa aceitação pelos animais.

A conservação de forragens na forma de silagem consiste num processo fermentativo anaeróbico, que converte os carboidratos solúveis da planta em ácidos orgânicos, mediante atividade microbiana. A qualidade da silagem depende da eficiência deste processo e das condições que a determinam, como umidade, temperatura, ausência de oxigênio, concentração de carboidratos solúveis e outras características da planta ensilada, fatores estes que podem proporcionar a obtenção de silagens com variados valores nutritivos.

Contudo, para a produção de silagem de qualidade é fundamental a compreensão de fatores e conceitos inerentes ao híbrido utilizado e às características bioquímicas e microbiológicas dos processos de conservação, além das técnicas de ensilagem.

Atualmente, têm-se procurado desenvolver híbridos com melhor relação entre colmos, folhas e grãos, objetivando-se aliar produtividade com valor nutritivo, uma vez que estes fatores interferem diretamente na composição química e digestibilidade da silagem. O desempenho animal melhora com o aumento no conteúdo de grãos na forragem, pois além de contribuir para o aumento na qualidade da silagem, em função do melhor valor nutritivo, os grãos têm uma maior participação na porcentagem de matéria seca da massa ensilada, favorecendo assim a melhor fermentação dentro do silo.

Alimentos volumosos com alta concentração de parede celular podem limitar o desempenho animal, principalmente devido à menor taxa de digestão e passagem da fração fibrosa da dieta pelo rúmen. Portanto, uma maior digestibilidade da parede celular é desejável em forragens para a produção de silagem. Para isso, a escolha do híbrido de milho adequado aliado ao conhecimento de suas características intrínsecas são decisões importantes para a

obtenção de silagem de qualidade. As transformações digestivas são determinadas por atributos intrínsecos do alimento e por sua interação com os processos cinéticos. Neste enfoque, a expressão quantitativa dos processos cinéticos de digestão e passagem torna-se necessária para estimar mais precisamente a quantidade e composição dos nutrientes digeridos e sua subsequente eficiência de utilização pelo animal.

Assim sendo, objetivou-se com este trabalho avaliar as características produtivas de híbridos de milho, a composição bromatológica e perfil fermentativo de suas silagens. Além disso, utilizou-se o estudo das cinéticas de trânsito e degradação de partículas como ferramenta para avaliar silagens.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Híbridos para ensilagem

A necessidade de produzir alimento volumoso de qualidade para os rebanhos, especialmente no período seco do ano, quando a pastagem tem valor nutricional e volume reduzidos, tem estimulado o aumento da utilização da silagem. Embora existam várias plantas forrageiras, anuais e perenes que servem para a produção de silagem, o milho tem lugar de destaque e é considerado como uma referência.

A cultura do milho se adapta a uma grande diversidade de ambientes, e por ser planta cuja fotossíntese se realiza mediante o ciclo do carbono C₄, caracteriza-se por alta produção de matéria seca. Por apresentar esta e outras características como baixo poder tampão e níveis adequados de carboidratos solúveis para a fermentação, o milho tem sido a cultura mais utilizada (NUSSIO et al., 2001). É também considerada uma das espécies cultivadas com maior diversidade genética, tanto em produtividade como em qualidade nutricional (MELO et al., 1999), fatores que podem interferir na qualidade da silagem produzida. Portanto, a escolha de híbridos destinados à produção de silagem é uma das decisões de manejo de grande importância para se obter alimento conservado de qualidade e que permita maior consumo e desempenho animal.

O uso de cultivares modernas de milho mais produtivas e adaptadas às condições da região tem sido responsável por maiores produtividades. A escolha do híbrido de milho para a produção de silagem tem, por objetivo, a obtenção de um produto economicamente viável e de alta qualidade. Embora as cultivares de milho possuam contribuição única e atributos que as possibilitam atingir altas produtividades e qualidade, a produção final não depende exclusivamente das cultivares, mas de uma interação entre genótipo-ambiente (MELO et al., 1999).

Muitos estudos têm sido realizados com o objetivo de obter cultivares de milho com características mais indicadas para a produção de silagem (PINTO et al., 2010; MENDES et al., 2008; GOMES et al., 2004). No passado, a escolha era baseada no porte alto e elevado potencial de produção de matéria seca por hectare (DEMINICIS et al., 2009). Atualmente, considera-se também a produção de grãos, sendo este, o critério utilizado pelos programas de seleção de sementes para divulgar seus materiais para ensilagem. A maior proporção de grãos no material a ser ensilado é desejável, pois esta contribui para melhor qualidade da forragem e, portanto, da silagem, desde que não haja alta proporção de palha e sabugo, que podem

reduzir o efeito da espiga na qualidade da mesma (ALMEIDA FILHO et al., 1990). Contudo, Nussio et al. (2001) destacam que é necessário considerar também as demais frações da planta, pois a qualidade nutricional da haste possui fortes correlações com a qualidade nutricional da planta toda.

Segundo Oliveira et al. (2011), o valor nutritivo da silagem de milho está relacionado com algumas características como a porcentagem de grãos presente na massa total colhida, o tipo de endosperma presente no grão e a qualidade da fibra. A primeira característica está relacionada como valor nutricional do híbrido. O tipo de endosperma é importante porque está relacionado com o aproveitamento do amido pelos animais. A terceira característica, a qualidade da fibra é importante porque é um componente da parede celular da planta que, além de ter efeito no conteúdo energético do volumoso, pode interferir na taxa de digestão e de passagem pelo rúmen. Quanto maior a digestibilidade da fibra, mais rápida será a degradação ruminal, e mais rapidamente a energia será liberada para os micro-organismos e proporcionando aumento do consumo. Caetano (2001) observou que, no milho, as frações colmo, folhas, palhas e sabugo representam em média 70% do total da matéria seca da planta, que contribuem com cerca de 39 unidades percentuais na digestibilidade “in vitro” da matéria seca da planta inteira, o que representa cerca de 65% da digestibilidade potencial dessa planta. Sendo assim, qualquer melhoria na digestibilidade dessa fibra terá reflexos no valor nutritivo da silagem (SALAZAR et al., 2010).

Portanto, o aumento da digestibilidade da parede celular tornou-se o objetivo de vários programas de melhoramento de híbridos de milho para produção de silagem (GOMES et al., 2004) e continua sendo uma variável de grande importância, pois está diretamente relacionada com o aproveitamento dos nutrientes pelos animais.

Dwyer et al. (1998), citados por Salazar et al. (2010), ressaltam que híbridos de milho para ensilagem devem maturar mais lentamente, com declínio gradual da umidade da planta, ter grãos macios, baixo teor de fibra em detergente neutro (FDN) e digestibilidade alta. Gomes et al. (2004) acrescentam também que a melhor estratégia para o desenvolvimento de híbridos para a produção de silagem é por meio do cruzamento de progenitores que possuem alta degradabilidade “in situ” da matéria seca.

A produtividade, em termos de toneladas de massa verde por hectare, é outro parâmetro que deve ser considerado e o mesmo está diretamente relacionado com o preparo do solo, correção e adubações, tratos culturais, época de plantio, etc., mas, também, com o híbrido utilizado. A produtividade de alguns híbridos de milho sofre grande variação e de

acordo com Paziani et al. (2009), quanto maior a produtividade, menor será o custo de cada tonelada produzida.

2.2 Características fermentativas da silagem de milho

O primeiro ponto importante ao produzir silagem é maximizar a preservação dos nutrientes presentes na forragem. Contudo, a fermentação no silo é um processo incontrolável e pode facilmente resultar em teor de nutrientes abaixo do ótimo. De maneira geral, uma sequência de processos químicos e biológicos ocorre durante a ensilagem. Segundo Neumann et al. (2001), o princípio da conservação da forragem baseia-se na obtenção de um meio ambiente específico na massa ensilada, em que a ausência de ar e a presença de gás carbônico e produção de diferentes ácidos orgânicos criam condições desfavoráveis ao desenvolvimento de agentes microbianos indesejáveis e/ou patogênicos na massa. Para alcançar o êxito neste processo, a acidificação adequada é essencial, principalmente se o teor de umidade da cultura estiver alto, devido à acidez prevenir o desenvolvimento de micro-organismos deterioradores, que são menos tolerantes às condições ácidas (McDONALD et al., 1991). A acidificação é resultante do metabolismo de bactérias epifíticas, ou seja, presentes na cultura e, os tipos e quantidades de ácidos formados dependerão da população bacteriana e do teor de umidade da cultura (WILKINSON et al., 2003). Para que a fermentação láctica ocorra, além do ambiente anaeróbico, é necessário adequado substrato fermentescível e população de bactérias ácido lácticas (BAL) suficiente (PEREIRA et al., 2004).

De acordo com McDonald (1981), os carboidratos são os principais substratos da fermentação na ensilagem, que é dividido em quatro fases: 1) Fase aeróbia, 2) Fase de fermentação ativa, 3) Fase estável e 4) Fase de descarga (retirada da silagem). A primeira fase ocorre durante o enchimento do silo, estendendo-se até poucas horas após o fechamento do mesmo. Nesta fase, o oxigênio presente na forragem ensilada é reduzido devido à respiração de células da planta e de micro-organismos aeróbicos. De acordo com McDonald (1981), a correta picagem e um rápido fechamento do silo contribuem para minimizar esta fase que terminará quando o oxigênio presente for exaurido. Com a exaustão do oxigênio, inicia-se a fase de fermentação ativa (segunda fase) a qual tem a duração de uma a quatro semanas (MUCK & PITT, 1993, citados por PEREIRA et al., 2004), dependendo das propriedades da forrageira ensilada e das condições de ensilagem. Inicialmente, ocorre a proliferação de bactérias anaeróbicas produtoras de ácido acético (enterobactérias) e de outras bactérias produtoras de ácido láctico heterofermentativas. Estas bactérias produzem etanol, ácido

acético, ácido láctico e CO₂, utilizando glicose, frutose, xilose e ribose como substratos. A produção desses ácidos reduz o pH e, quando este declinar abaixo de 5, essas bactérias decrescem e as BAL homofermentativas, ou seja, aquelas que produzem somente ácido láctico dominam a fermentação (MCALLISTER & HRISTOV, 2002, citados por PEREIRA et al., 2004).

Ainda de acordo com Pereira et al. (2004), dentre esses micro-organismos as BAL são as únicas desejáveis, pois produzirão ácido láctico, que é o ácido primário responsável pela redução do pH da silagem. Com o pH atingindo valores entre 3,8-4,5 e com a exclusão de oxigênio mantida, o crescimento de todos os micro-organismos é inibido, caracterizando assim a fase estável. Estes autores afirmam ainda que o ciclo fermentativo em uma silagem se completa com 21 dias, quando bem ensilada e em pH moderado, e que nesse período, os principais processos fermentativos já ocorreram e a silagem se encontra estabilizada, podendo o silo ser aberto e a silagem fornecida aos animais. Entretanto, durante a fase de descarga, iniciada após a abertura do silo, a presença de oxigênio favorecerá a atividade de micro-organismos indesejáveis tais como fungos, leveduras e bactérias produtoras de ácido acético, podendo deteriorar a silagem. Esta deterioração se manifestará através da produção de calor e CO₂ (respiração), diminuição da concentração de ácido láctico e aumento de pH, além do decréscimo no valor nutricional da silagem (TOMICH et al., 2003) e rejeição pelos animais.

O processo de ensilagem é influenciado tanto por fatores biológicos como tecnológicos (manejo e técnicas de ensilagem) os quais, em sua maioria, encontram-se inter-relacionados, dificultando a discussão individual dos mesmos (PEREIRA et al., 2004). Teores de MS entre 30 e 35 %, valores de carboidratos solúveis na matéria original superiores a 3 %, baixo poder tampão, são variáveis que proporcionam uma boa fermentação microbiana à planta de milho. Contudo, apesar de ser suficientemente conhecida, ainda convive-se com conceitos distorcidos que são aplicados na escolha dos cultivares, aos tratos culturais, e durante a ensilagem, onde a qualidade do produto final na maioria das vezes não é priorizada (NUSSIO, 1995). Outros fatores como o estágio de maturação na colheita, o tamanho das partículas e a altura de colheita das plantas podem afetar a qualidade da silagem, pois interferem no processo de compactação e, por consequência, a condição alcançada de anaerobiose, que é decisiva no processo de fermentação e conservação (NUSSIO, 1995). De acordo com Evangelista et al. (2004), a densidade da massa de forragem obtida no fechamento do silo determina a quantidade de oxigênio residual. Restle et al. (2002) sugerem que menores tamanhos de partículas podem favorecer a fermentação, facilitando a compactação, promovendo maior superfície de contato entre substrato e micro-organismos e

disponibilizando mais conteúdo celular. McDonald et al. (1991) indicaram que o tamanho de partículas, quando inferior a 2 cm, pode atuar positivamente sobre a disponibilidade de carboidratos solúveis e, conseqüentemente, gerar estímulo ao crescimento de bactérias lácticas.

De acordo com Leonel et al. (2009), o teor de MS é usado como referência para determinar o ponto adequado para a ensilagem da forrageira. Também está relacionado com as condições de fermentação do material e com os níveis de perdas no sistema (FERREIRA, 2001). Portanto, o ponto ideal de forma a combinar a ótima preservação do material com a maximização do valor nutritivo, é quando o teor de MS da forrageira situa-se numa faixa de 28 a 35% (McCULLOUGH, 1977). Quando a massa a ser ensilada atinge valores superiores a 35% de matéria seca, a compactação é comprometida, dificultando a eliminação do ar e criando condições para aquecimento e desenvolvimento de fungos. Em contrapartida, a ensilagem de plantas excessivamente úmidas proporciona ambiente favorável para a fermentação clostrídica, resultando em teores elevados de ácido butírico e baixo consumo pelos animais (BORGES, 1995). Segundo Brito et al. (1998), a umidade da forragem é um dos fatores mais importantes na determinação da qualidade da silagem. McDonald (1981) afirmou que mesmo que os teores de carboidratos solúveis sejam altos, a ensilagem de material úmido, resulta em altas perdas de matéria seca, em silagens de baixo valor nutritivo e reduzidos consumos voluntários, produzindo grandes volumes de efluentes e favorecendo a proteólise.

Velloso et al. (1973) relatam que o teor de matéria seca da forragem a ser ensilada deve estar ao redor de 25 a 33%, enquanto Tosi (1973) preconiza teores entre 30 e 35%. Nestes valores a atividade clostrídica é reduzida ou lenta, permitindo a proliferação de bactérias produtoras de ácido láctico e acético. Segundo McDonald et al. (1991), este grupo de bactérias estão comumente presentes na forragem ensilada na forma de esporos, mas que se multiplicam assim que as condições no silo passam a ser anaeróbias. Com a produção do ácido láctico, o pH do material ensilado decresce, o crescimento bacteriano será limitado, estabilizando assim a silagem e garantindo uma silagem de boa qualidade com um mínimo de perdas dos princípios nutritivos (SILVEIRA, 1998).

Para garantir a colheita do milho para ensilagem no ponto ideal, esta deve ser realizada quando os grãos estiverem no estágio farináceo a farináceo-duro, o que corresponde, na prática, de um terço até dois terços da linha do leite do grão, quando os grãos começam a apresentar a conformação dentada. Este ponto é atingido aos 100-110 dias após o plantio.

2.3 Indicadores de qualidade de silagem

O termo qualidade da silagem geralmente não é usado para designar o seu valor nutritivo, mas sim a extensão pela qual o processo fermentativo no silo se desenvolveu. No que se referem à eficácia do processo de conservação, os parâmetros normalmente empregados como critério de classificação abrangem o pH, os ácidos orgânicos e o nitrogênio amoniacal como porcentagem do nitrogênio total (RIGUEIRA, 2007).

2.3.1 pH

O valor do pH demonstra a acidez do material ensilado resultante do ciclo fermentativo. A concentração adequada de carboidratos solúveis no material ensilado propicia condições favoráveis para o crescimento e estabelecimento de bactérias do gênero *Lactobacillus*, que produzem ácido láctico. Esse ácido por ser mais forte dentre os ácidos graxos produzidos no processo fermentativo de ensilagem é desejado para proporcionar rápida estabilização do pH, e, conseqüentemente, melhor conservação do material ensilado (McDONALD et al., 1991).

Entre os fatores que interferem no pH das silagens, podem ser mencionados a temperatura, o teor de umidade, os teores de carboidratos solúveis, enzimas da própria planta e poder tampão da forrageira. Normalmente, com comportamento bastante irregular, o aumento do teor de matéria seca da silagem tem ocasionado aumento no valor de pH (NEUMANN, 2001).

Segundo McDonald et al. (1991), as silagens bem preservadas apresentam valores de pH entre 3,7 e 4,2. Já as mal preservadas caracterizam-se por apresentarem valores mais elevados, entre 5,0 e 7,0, e também, altos teores de ácidos acético e butírico. Ítavo et al. (1998) recomendam valores entre 3,8 e 4,5. De acordo com Ferreira (2001), silagens de milho e sorgo que passaram por adequada fermentação devem apresentar valores de pH entre 3,8 a 4,2.

Uma vez que o pH atinge esses patamares, ocorre a inibição do crescimento de todos os micro-organismos e a silagem entra num estado de estabilidade (ROTZ & MUCK, 1994). Assim, o pH final da silagem é um indicativo da qualidade do processo fermentativo, e seu valor no interior do silo deve se tornar, o mais rápido possível, suficientemente baixo para inibir o desenvolvimento de bactérias indesejáveis como aquelas do gênero *Clostridium* (McDONALD et al., 1991).

2.3.2 Ácidos Orgânicos

Os ácidos orgânicos que aparecem na silagem são produzidos por vários tipos de micro-organismos e alguns destes ácidos contribuem para a conservação da forragem no silo. No processo de ensilagem, é desejável que ocorra a proliferação de bactérias homoláticas, principalmente aquelas do gênero *Lactobacillus*. Essa busca tem o objetivo, entre outros, de aumentar a concentração de ácido láctico no material ensilado e acelerar a queda do pH no interior do silo para diminuir as perdas por efluente (McDONALD et al., 1991).

Apesar de todos os ácidos orgânicos resultantes da fermentação contribuírem para a redução do pH, o láctico possui maior constante de dissociação iônica, o que o torna fundamental neste processo. Assim, a concentração final de ácido láctico é um indicador qualitativo da fase fermentativa da ensilagem. Para Oliveira (2001), silagens de milho são consideradas de boa qualidade quando possuem valores entre 6 e 8% de ácido láctico na MS, enquanto McDonald (1981) considera necessário uma concentração superior a 3% da matéria seca.

Com relação ao ácido butírico, este deve estar sempre em pequena quantidade, porque sua presença revela intensa degradação de proteínas e sua concentração está relacionada à fermentação indesejável, produto principalmente do trabalho de bactérias do gênero *Clostridium* (McDONALD et al., 1991). Segundo Silveira (1975), a concentração desse ácido na MS da silagem deve ser inferior a 0,2%. Ferreira (2001) preconiza, para silagens de milho e sorgo, concentração inferior a 0,1% na MS. Ranjit & Kung Jr. (2000) trabalharam com silagens de milho e encontraram valores de ácido butírico que variaram de 0,05 a 0,07% da MS. Possenti et al. (2005) obtiveram média de 0,01% e Rodrigues et al. (2002), uma média de 0,14% desse ácido, na MS de silagens de milho. Desta forma, quanto menor o teor de ácido butírico, melhor a qualidade da silagem, e conseqüentemente, não haverá perdas uma vez que o consumo não será afetado.

O conteúdo de ácido acético está relacionado a menores taxas de queda do pH e a presença deste ácido corresponde a ação prolongada de enterobactérias e bactérias heterofermentativas, e em menor proporção, este ácido também é produzido por clostrídios (TOMICICH et al., 2003). Além de afetar negativamente o pH, as fermentações promovidas por esses micro-organismos acarretam maiores perdas de matéria seca e energia do material ensilado (MUCK & BOLSEN, 1991).

2.3.3 Teor de N-NH₃

O teor de N-NH₃/NT caracteriza a fermentação ocorrida no processo. Quanto menor essa relação, menor será a degradação de compostos nitrogenados do material ensilado e de melhor qualidade será a silagem (McDONALD et al., 1991). Este é expresso como percentual do N amoniacal (N-NH₃) em relação ao nitrogênio total (NT) e é largamente utilizado para avaliar a qualidade da silagem. Segundo Tayarol (1997), a amônia está associada com o teor de matéria seca da silagem, e quanto maior a umidade do material, maior será o teor de N amoniacal, bem como o ácido butírico. O teor de amônia é importante na avaliação das silagens, pelo fato deste se associar ao desdobramento da fração protéica (desaminação dos aminoácidos). A desaminação dos aminoácidos por clostrídios ocorre quando o pH, ou os teores de ácidos orgânicos não são suficientes para inibir a fermentação secundária com consequente aumento na produção de ácido butírico (TAYAROL, 1997).

De acordo com Benacchio (1965), citados por Leonel et al. (2009), uma silagem é considerada como de muito boa qualidade quando possui uma concentração de N-NH₃ em relação ao nitrogênio total menor que 10%. Se essa concentração estiver entre 10 e 15% é considerada adequada, de 15 a 20% aceitável, e, insatisfatória, quando esse valor ultrapassa os 20%. Ítavo et al. (1998), preconizam que uma silagem de boa qualidade deve apresentar o teor de N-NH₃/NT inferior a 8%. Rocha et al. (2006) avaliaram silagens de milho e encontraram valores de N-NH₃/Ntotal que variaram de 6,96 a 7,61, consideradas de qualidade muito boa.

2.4. A fibra na alimentação de ruminantes

A alimentação dos ruminantes é baseada no aproveitamento dos nutrientes encontrados nas forragens. Portanto, a informação sobre a digestão no rúmen é de fundamental importância, devido ao fato de ser esse o principal sítio de digestão de alimentos fibrosos.

A FDN representa a fração de carboidratos dos alimentos de digestão lenta ou indigestível e, dependendo de sua concentração e digestibilidade, impõe limitações do consumo de matéria seca e energia pelo ruminante (MERTENS, 1992; MERTENS, 1994; BERCHIELLI ET AL., 2006). Essa relação com o consumo deve-se ao enchimento do compartimento ruminal. Assim, quanto menor o teor de FDN, melhor será a silagem e maior será o consumo de matéria seca (LEONEL et al., 2009). O consumo potencial de plantas forrageiras por ruminantes é limitado pela baixa suscetibilidade desta fibra à hidrólise

enzimática microbiana. A fração fibrosa normalmente compreende a maior parte da matéria seca da forragem e inclui hemicelulose, celulose e lignina.

As técnicas de avaliação dos parâmetros cinéticos de degradação ruminal dos alimentos compreendem estudos sobre o desaparecimento da massa de amostra incubada no ecossistema ruminal. O conhecimento da disponibilidade dos nutrientes nesse compartimento é também importante para se estabelecer a quantidade e a proporção de nutrientes necessários para a máxima resposta microbiana (NOCEK, 1988).

2.5. Cinética de Degradação Ruminal

A aplicação da técnica “in situ” para a estimativa da degradabilidade ruminal não é recente. Foi descrita pela primeira vez no final da década de 30 do século passado e inicialmente desenvolvida com o objetivo de fornecer uma avaliação da dinâmica da degradação da proteína dos alimentos (ORSKOV & MCDONALD, 1979). A utilização desta técnica baseia-se no conceito de que a dinâmica animal-dieta são importantes (PETIT et al., 1994, citados por FRANCO E SARMENTO, 2010).

O conhecimento de como ocorre a degradação dos alimentos no ambiente ruminal é de extrema importância em estudos de avaliação de alimentos para ruminantes, sendo que alguns países disponibilizam tabelas com parâmetros de degradação ruminal de vários alimentos, o que facilita o uso destes na alimentação animal. No Brasil, alguns trabalhos desenvolvidos estão voltados para o desenvolvimento desses parâmetros, pois devido às condições edafoclimáticas das diferentes regiões, principalmente no uso de forrageiras, muitas informações não estão disponíveis (FRANCO e SARMENTO, 2010).

A cinética de degradação da forragem estimada utilizando-se esta técnica com sacos de náilon incubados em bovinos fistulados no rúmen (ORSKOV et al., 1980), propicia uma estimativa rápida e simples da degradação dos nutrientes. Permite avaliar vários alimentos ao mesmo tempo, tem baixo custo e rapidez, quando comparada ao método “in vivo” e possibilita acompanhar a degradação ao longo do tempo (MEHREZ e ORSKOV, 1977).

Os sistemas mais modernos de dietas para ruminantes levam em consideração a cinética de degradação das diferentes frações dos alimentos, particularmente da proteína e dos carboidratos não estruturais, além de permitir o potencial de crescimento microbiano a partir da fração fermentável (TONANI et al., 2001). Contudo, de acordo com Berchielli et al. (2006), no Brasil a técnica vem sendo utilizada com sucesso para a determinação da degradabilidade ruminal da matéria seca e carboidratos. É uma técnica de grande importância,

e considerada por alguns autores (NOCEK, 1988 e TEIXEIRA, 1997) ideal para estudar o ambiente ruminal dentro de regime alimentar específico, pois embora não participe dos eventos digestivos como mastigação, ruminação e passagem, permite o contato direto com o ambiente ruminal.

As informações referentes ao perfil de degradação ruminal dos alimentos que compõem as rações dos ruminantes são de elevada importância para se conhecer o comportamento do processo digestivo destes animais. As curvas de desaparecimento de cada fração dos alimentos retratam a cinética de degradação ruminal. Dessa maneira, a descrição da taxa e da extensão da digestão é importante para explicar as relações existentes entre a ingestão, a digestão e o desempenho de ruminantes (MERTENS, 1977).

Os horários de incubação em termos de intervalos e frequência, requeridos para o estudo da degradação dependerão do tipo de alimento e da fração a ser avaliada. Quando o alimento incubado no rúmen é um volumoso, a degradação não se inicia instantaneamente, sendo denominado tempo de colonização e hidratação o período no qual não ocorre digestão ou acontece de forma muito reduzida (BERCHIELLI et al., 2006). Segundo Casali et al. (2008), o tempo de incubação é uma das variáveis de maior influência sobre a representatividade dos resíduos indigestíveis em procedimentos de incubação “in situ”. Lusk et al. (1962), citados por Huhtanen & Kukkonen (1995), avaliaram a degradabilidade de forragens e discutiram que quando o objetivo for analisar a degradação da proteína e frações rapidamente fermentáveis (amido), os tempos de incubação podem ser de 0, 2, 4, 8, 16, 24 e 48 horas. No caso da degradação de forragens os tempos seriam de 0, 4, 8, 16, 24, 48, 72 e 96 horas. No entanto, essa variável pode ser alterada conforme o objetivo do estudo. Sampaio (1994) sugere para o estudo da degradação de forrageiras, o intervalo de 6 a 96 horas, e cita que três ou quatro tempos de incubação estimariam a equação de degradabilidade com a mesma eficiência que sete ou mais tempos. Maior número de tempos de incubação neste intervalo, além de aumentar o trabalho experimental, poderia interferir no processo digestivo devido às constantes retiradas dos sacos do rúmen, o que certamente ocasionaria elevação do erro experimental e estresse animal.

Waldo et al. (1972) relacionaram as taxas de degradação e de passagem da fração potencialmente degradável e da indegradável com o efeito de repleção ruminal, sendo este fator determinante do consumo. A repleção ruminal expressa o tempo que o alimento permanece no rúmen, sofrendo os efeitos físicos de passagem, decorrentes da mastigação durante a ruminação e da digestão pelos micro-organismos do rúmen. Em vista disto

considera-se como uma importante medida utilizada para avaliar o efeito da fibra e suas frações sobre a retenção da digesta no rúmen (VAN SOEST, 1994).

2.6. Cinética de Trânsito de Partículas

O rúmen é um sistema complexo, com conteúdos heterogêneos de digesta líquida e sólida e estratificação deste conteúdo em diferentes camadas, nas direções dorso-ventral e crânio-ventral, tornando o processo digestivo nos ruminantes um sistema dinâmico que envolve a entrada e saída de líquidos, micro-organismos e resíduos não-digeridos (PEREIRA et al., 2005), onde ocorrem intensas transformações digestivas.

Tais transformações são determinadas por fatores intrínsecos e por interações destes fatores com os processos cinéticos. Assim, a expressão quantitativa dos processos de digestão e passagem é necessária para estimar precisamente a quantidade e composição dos nutrientes digeridos e sua utilização pelo animal. A saída ruminal ou fluxo de resíduos não digeridos e indigestíveis através do trato digestivo, denomina-se taxa de passagem, evento este que atua de forma simultânea e competitiva com a digestão. O fluxo ruminal inclui além da fibra indigestível, bactérias e outras frações não degradadas do alimento, sendo que a composição e o volume da dieta são variáveis externas que influenciam a digestão, a taxa de digestão e a reciclagem do conteúdo ruminal (ELLIS et al., 1994).

A taxa de passagem dos alimentos é um dos mais importantes parâmetros que influenciam o desaparecimento ruminal da digesta e a ingestão, e é influenciada pelos níveis de consumo e forma física da dieta (MERTENS & ELY, 1982). Outros fatores determinantes da taxa de passagem são o tamanho e a gravidade específica das partículas (ELLIS et al., 1994), pois definem o tempo no qual as partículas do alimento permanecem no rúmen-retículo bem como distribuição pelas diferentes regiões destes compartimentos.

Se a taxa de passagem é um fator limitante no desaparecimento de material no rúmen, o entrelaçamento de partículas que constituem a malha filtrante do rúmen ou “raft” pode também assumir papel importante nesse processo (ULYATT et al., 1986). Segundo Sutherland (1988), citado por Thiago & Gill (1990), essa malha filtrante funcionaria como uma espécie de peneira, que selecionaria partículas em movimento no rúmen. Além disso, a presença do “raft” é também uma necessidade para manutenção das funções normais do rúmen, por meio da estimulação tátil de seu epitélio.

A funcionalidade dos compartimentos do rúmen e a representação esquemática do escape de partículas no trato gastrointestinal (TGI) por ser visualizada na Figura-1.

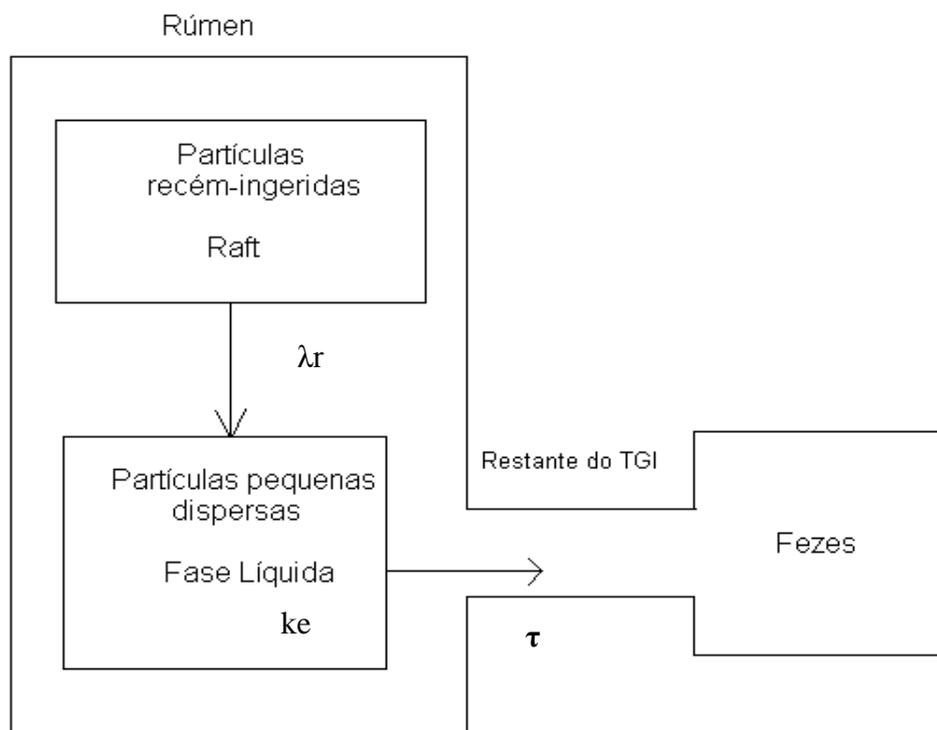


FIGURA 1 – Cinética de passagem de partículas no trato gastrointestinal (TGI).

λ_r : taxa de transferência das partículas marcadas pelo indicador do “raft” para o “pool” de partículas escapáveis;

k_e : taxa de escape do “pool” de partículas escapáveis marcadas com indicador do rúmen para o restante do trato gastrointestinal;

τ : tempo de trânsito do indicador entre sua saída do orifício retículo-omasal e o aparecimento nas fezes.

Quando a qualidade do alimento permite maior taxa de passagem, haverá influência direta na degradação do mesmo pelo menor tempo de exposição aos micro-organismos no rúmen. Por outro lado, o maior tempo de retenção dos alimentos no rúmen pode implicar em maiores degradabilidade e fermentação por estarem mais tempo expostos aos eventos de digestão no ambiente ruminal (AFRC, 1993).

Há várias categorias de marcadores de partículas, tais como as partículas inertes, que são os pedaços de plástico ou borracha, corantes, metais pesados como o cromo e as terras raras (Lantânio e Ytérbio) que são ligados à fibra da planta. A escolha por um ou outro deve estar de acordo com as limitações de cada marcador, a fim de se ajustar às necessidades do experimento (BERCHIELLI et al., 2006).

As terras raras e os compostos de metais pesados, usados como marcadores, formam ligações covalentes induzidas entre a matriz orgânica e o elemento. O cromo (dicromato de potássio) forma uma ligação covalente via grupo hidroxila, e as terras raras se ligam com a matriz orgânica pela troca de cátions. Porém, estes elementos quando ligados à parede celular anulam a digestibilidade e formam ligações resistentes à ação enzimática. O princípio que rege a utilização dos indicadores baseia-se no fato de que à medida que o alimento transita pelo trato gastrintestinal, a concentração do indicador aumenta progressivamente pela remoção de constituintes do alimento por digestão e absorção (OWENS & HANSON, 1992).

As soluções de terras raras, assim como as de cromo complexado reagem com substâncias que possuem grupos carboxílicos livres, oxalatos, fosfatos, parede celular microbiana e saliva, portanto não devem ser administradas diretamente no rúmen, mas previamente complexadas às partículas do alimento (VAN SOEST et al., 1991).

A quantificação da massa ou conteúdo ruminal é importante para os estudos relacionados à digestão e cinética. A estimação da taxa de passagem de partículas (k) em ruminantes, ou tempo médio de retenção tem sido utilizada, normalmente, por intermédio do emprego de indicadores complexados com a fração fibrosa do alimento, por meio da infusão de dose única do indicador diretamente no rúmen de animais canulados, com amostragens de fezes em intervalos de tempos pré-definidos, nos quais são analisadas as concentrações do indicador, visando à caracterização da curva de excreção deste, a qual é submetida ao ajuste de modelos não-lineares (OLIVEIRA et al., 1999; DETMANN et al., 2001).

Referências Bibliográficas

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL -AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. Cambridge: CAB International, Cambridge University Press, 1993. 159p.
- ALMEIDA FILHO, S.L. et al. Características agronômicas de cultivares de milho (*Zea mays*, L) e qualidade dos componentes e silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, 1999, vol.28, nº 1, p.7-13.
- BERCHIELLI, T.T.; GARCIA, A. de V.; OLIVEIRA, S. V. Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudos de nutrição. P.397-421. In.: **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal. FUNEP. 2006. 585p.
- BORGES, A.L.C.C. **Qualidade de silagens de híbridos de sorgo de porte alto com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo, e seus padrões de fermentação**. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1995. Dissertação. (Mestrado em Zootecnia). 104p.
- BRITO, A. F.; GONÇALVES, L. C. et al. Silagem de sorgo de porte alto com teores diferentes de tanino e umidade no colmo. I. Teores de matéria seca, pH e ácidos graxos durante a fermentação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. Belo Horizonte. V.49, n.6, p.719-732, 1998.
- CAETANO, H. **Avaliação de onze cultivares de milho colhidos em duas alturas de corte para produção de silagem**. Jaboticabal, 2001, 178p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2001.
- CASALI, A. O., DETMANN, E. VALADARES FILHO, S.C. et al. Influencia do tempo de incubação e o tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidas por procedimento *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa. V.37, n.2, p.335-342, 2008.
- DEMINICIS, B. B.; VIEIRA, H. D.; JARDIM, J. G.; ARAÚJO, S. A. do C.; CHAMBELA NETO, A.; OLIVEIRA, V. C. de e LIMA, E. da S. Silagem de milho – Características agronômicas e considerações. REDVET. **Revista Eletrônica de Veterinária**. v.10, n.7. 2009.
- DETMANN, E.; PAULINO, M. F.; ZERVOUDAKIS, J. T.; VALADARES FILHO, S. C.; EICLYDES, R.F.; LANA, R. P.; QUEIROZ, D. S. Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços suplementados a pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.10, p.1600-1609, 2001.

- ELLIS, W. C., MATIS, J. H., HILL, T. M. et al. Methodology for estimating digestion and passage kinetics of forages. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) Forage quality, evaluation and utilization. Winsconsin: **American Society of Agronomy**. p. 682-756. 1994.
- EVANGELISTA, A. R.; ABREU, J. G.; PEREIRA, R. C. Perdas na conservação de forragens. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2., 2004, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2004. p. 75-112.
- FERREIRA, J.J. Estágio de maturação ideal para ensilagem do milho e do sorgo. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.S. et al. (Eds.) **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p.405-428.
- FRANCO e SARMENTO, N.L.A. **Composição química e degradabilidade ruminal de gramíneas do gênero *Cynodon***. Dissertação. UNIMONTES. 2010.
- GOMES, M.S.; VON PINHO, R.G.; RAMALHO, M.A.P. et al. Variabilidade genética em linhagens de milho nas características relacionadas com a produtividade de silagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.9, p.879-885, 2004.
- HUHTANEN, P.; KUKKONEN, U. Comparison of methods, markers, sampling sites and models for estimating digesta passage kinetics in cattle fed at two levels of intake. **Animal Feed Science and Technology**, v.52, p.141-158, 1995.
- ÍTAVO, L. C. V.; SANTOS, G.T.; JOBIM, C.C. et al. Efeito de aditivos nos parâmetros fermentativos da silagem. In.: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia,v.35, 1998. Viçosa. **Anais...**Viçosa. SBZ, 1998, p.385-387.
- LEONEL, F.P.; PEREIRA, J.C.; COSTA, M.G. et al. 2009. Consórcio capim-braquiária e milho: comportamento produtivo das culturas e características nutricionais e qualitativas das silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.166-176, 2009.
- McCULLOUGH, M.E. **Silage and silage fermentation**. Feedstuffs, v.49, n.13, p.49-52, 1977.
- McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. Chichester: Jhon Wiley, 1981.128p.
- McDONALD, P.; HENDERSON, N.; HERON, S. **The biochemistry of silage**. 2nd. ed. Marlow: Chalcombe, 1991. 339 p.

- MEHREZ, A. Z.; ORSKOV, E. R. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. **Journal Agricultural Science**, Cambridge, v. 88, n. 3, p. 645-650, 1977.
- MELO, W. M. C.; PINHO, R. G.; CARVALHO, M. L. M. et al. Avaliação de Cultivares de Milho para Produção de Silagem na Região de Lavras - MG. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v.23, n.1, p.31-39, 1999.
- MENDES, M.C.; VON PINHO, R.G.; PEREIRA, M.N. et al. 2008. **Avaliação de híbridos de milho obtidos do cruzamento entre linhagens com diferentes níveis de degradabilidade da matéria seca**. *Bragantia*, Campinas, v.67, n.2, p.285-297, 2008.
- MERTENS, D.R. Análise de fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulação de rações. In: REUNIÃO ANNUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., 1992, Lavras, MG. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1992. p.188-219.
- MERTENS, D.R. Dietary fiber components: relationship to the rate and extent of ruminal digestion. **Federation Proceedings**, v.36, n.2, p.487-192, 1977.
- MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FORAGE QUALITY, EVALUATION, AND UTILIZATION, 1994, Wisconsin. **Proceedings...** Wisconsin: 1994. p.450-493.
- MERTENS, D.R.; ELY, O.L. Relationship of rate and extent of digestion to forage utilization - A dynamic model evaluation. **Journal of Animal Science**, v.54, p.895-905, 1982.
- MUCK, R.E., BOLSEN, K.K. **Silage preservation and additive products. Field Guide and Silage**. Management in North America, p.105-126, 1991.
- NEUMANN, M. 2011. Produção e Utilização de Silagem de Milho na Nutrição de Ruminantes. Encontrado em: <http://www.iepec.com/curso/producao-silagem-de-milho>. Acesso em: 20/01/2011.
- NEUMANN, M. **Caracterização agrônômica quantitativa e qualitativa da planta, qualidade de silagem e análise econômica em sistema de terminação de novilhos confinados com silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench)**. 2001. 208 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- NOCEK, J.E., RUSSELL, J.B. 1988. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. **Journal of Dairy Science**, 71(8):2070-2107.

- NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P.; DIAS, F. N. **Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho**. In.: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, p. 127-145, 2001.
- NUSSIO, L.G. Milho e sorgo para produção de silagem. In: PEIXOTO, A.M. et al. (Ed). **Volumosos para bovinos**. 2.ed. Piracicaba: FEALQ, 1995. p.75-177.
- OLIVEIRA, J.S. 2011. Híbridos de milho para silagem: as diferenças que fazem a diferença. Encontrado em: <http://www.centraldapecuaria.com.br/artigos/visualiza.asp?artigo=16>. Acesso em: 20/01/2011.
- OLIVEIRA, J.S. Manejo do silo e utilização da silagem de milho e sorgo. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.S. et al. (Eds.) **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p.473-518.
- OLIVEIRA, R.L., PEREIRA, J.C., SILVA, P.R.C. et al. 1999. Degradabilidade ruminal da cama de frango e do feno de capim Coast-cross e avaliação de modelos matemáticos para estimativa da taxa de passagem de partículas. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, 28(4):839-849.
- ORSKOV, E. R.; HOVELL, F. D. D.; MOULD, F. Uso de la tecnica de la bolsa de náilon para la valuacion de los alimentos. **Produccion Animal Tropical**, México, v. 40, n. 5, p. 213-233, maio 1980.
- ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agriculture Science**, v.92, n.2, p.499-503, 1979.
- OWENS, F.N.; HANSON, C.F. Symposium: external and internal markers. External and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminants. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.9, p.2605-2617, 1992.
- PAZIANI, S.F.; 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.
- PEREIRA, J. C.; RIBEIRO, M. D.; VIEIRA, R. A. M.; PACHECO, B. M. Avaliação de Modelos Matemáticos para o estudo da cinética de passagem de partículas e de fluidos por bovinos em pastagem recebendo suplementos contendo diferentes níveis de proteína não-degradável no rúmen. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v.34, n.6, p.2475-2485, 2005.

- PEREIRA, O.G.; RIBEIRO, K.G.; PEREIRA, D.H. Produção e utilização de forragens conservadas. In: Semana de Zootecnia, 2, Diamantina. **Anais...** Diamantina. MG. 2004. p. 75-118.
- PINTO, A.P.; LANÇANOVA, J.A.C.; LUGÃO, S. M.B. et al. 2010. Avaliação de doze cultivares de milho (*Zea mays* L.) para silagem. **Revista Ciências Agrárias**. Londrina, v. 31, n. 4, p. 1071-1078, 2010.
- POSSENTI, R. A.; FERRARI JR., E.; BUENO, M. S. et al. Parâmetros bromatológicos e fermentativos das silagens de milho e girassol. **Ciência Rural**, v.35, n.5, p.1185-1189, 2005.
- RANJIT, N.K.; KUNG JR., L. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.3, p.526-535, 2000.
- RESTLE, J.; NEUMANN, M.; BRONDANI, I. L. et al. Manipulação da altura de corte da planta de milho (*Zea mays*, L.) para ensilagem, visando a produção do superprecoce. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n.3, p. 1235-1244, 2002.
- RIGUEIRA, J.P.S. **Silagem de soja na alimentação de bovinos de corte**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2007. 51p.
- ROCHA, K.D.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Valor nutritivo de silagens de milho (*Zea mays* L.) produzidas com inoculantes enzimo-bacterianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.389-395, 2006.
- RODRIGUES, P.H.M.; PEDROSO, S.B.G.; MELOTTI, L. et al. Estudo comparativo de diferentes tipos de silos sobre a composição bromatológica e perfil fermentativo da silagem de milho. **Acta Scientiarum**, v.24, n.4, p.1127-1132, 2002.
- ROTZ, C.A., MUCK, R.E. Changes in forage quality during harvest and storage. Agricultural engineer, U.S. **Dairy forage Research Center**, USDA/Agricultural Research Service, 206 Farral Hall, Michigan State Univ., East Lansing. 1994.
- SALAZAR, D.R., STABILE, S.S., GUIMARÃES, P.S. et al. Valor nutritivo do colmo de híbridos de milho colhidos em três estádios de maturidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.7, p.758-766, jul. 2010.

- SAMPAIO, I.B.M. Contribuições estatísticas e de técnica experimental para ensaios de degradabilidade de forrageiras quando avaliadas “in situ”. In.: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES, REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31. Maringá, 1994. **Anais...** Maringá, SBZ, 1994. p. 119-133.
- SILVEIRA, A.C. Produção e utilização de silagens. In. SEMANA DE ZOOTECNIA, 2. 1988. Campinas. **Anais...** Campinas. Fundação Cargill. 1998. p.119-134.
- SILVEIRA, A.C. Técnicas para produção de silagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 2., 1975, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1975. p.156-185.
- TAYAROL, L.C.M. **Bovinos – Volumosos suplementares**. São Paulo: Nobel, 1997. 143p.
- TEIXEIRA, J. C. **Introdução aos métodos de determinação de digestibilidade em ruminantes**. In: _____. Digestibilidade em Ruminantes. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. p. 7-27.
- THIAGO, L.R.L.S.; GILL, M. **Consumo voluntário: fatores relacionados com a degradação e passagem da forragem pelo rúmen**. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1990. 65p. (Documentos, 43).
- TOMICH, T.R.; PEREIRA, L.G. R.; GONÇALVES, L.C. et al. 2003. **Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003.
- TONANI, F.L.; RUGGIERI, A.C.; QUEIROZ, A.C. et al. Degradabilidade ruminal “in situ” da matéria seca e da fibra em detergente neutro em silagens de híbridos de sorgo colhidos em diferentes épocas. **Arquivo Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.53, p.100-104, 2001.
- TOSI, H.E. **Ensilagem de gramíneas tropicais sob diferentes tratamentos**. Botucatu. SP-FCMBB, 1973, 107p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu, 1973.
- ULLYATT, M. J. A. et al. Contribution of chewing during eating and rumination as the clearance of digesta from the rumino-reticulum. In: MILLIGAN, L. P; GOVUM, W. L.; DOBSON, A. Control of digestion and metabolism in ruminants. INTERNACIONAL SYMPOSIUM ON RUMINANT PHYSIOLOGY, 6., 1984, Canada. **Proceedings...** Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1986.p.498-515.

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

VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B., LEWIS, B.A., Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3596. 1991.

VELLOSO, L.; ROCHA, G.L.; FARIA, V.P. Avaliação de silagem de milho com ou sem aditivo, pelo sistema Flieg. **Boletim da Indústria Animal**. Nova Odessa. V.30, n.2, p.245-251.1973.

WALDO, D.R.; SMITH, L.W.; COX, E.L. Model of cellulose disappearance from the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.55, n.1, p.125-129, 1972.

ZAGO, C.P. Silagem de sorgo de alto valor nutritivo. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.S. et al. (Eds.) **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 1991. p.519-544.

3. ARTIGOS

3.1 Produtividade e qualidade de silagens de híbridos de milho

Resumo

Objetivou-se com o este trabalho identificar o potencial de híbridos comerciais de milho para a produção de silagem. Seis híbridos foram testados em delineamento em blocos casualizados com três repetições. Foram avaliadas as produtividades dos híbridos, o valor nutricional e o perfil fermentativo de suas silagens. Não houve diferença entre os híbridos para as variáveis estudadas, sendo os mesmos considerados adequados para a obtenção de silagem de qualidade.

Palavras-chave: perfil fermentativo, valor nutricional, *Zea mays*

Productivity and quality of silages from corn hybrids

Abstract

The objective of this work was to identify the potential of commercial hybrids of corn for silage production. Six hybrids had been tested in a randomized block design, with three replications. There had been evaluated the yield of hybrids, the nutritional value and its silage fermentation profile. There was not observed difference between hybrids for the variables studied, being them all are considered suitable for obtaining high quality of silage.

Keywords: fermentation, nutritional value, *Zea mays*

Introdução

Com a evolução da agropecuária brasileira, sistemas de produção cada vez mais eficientes são necessários para aumentar a competitividade e assegurar a sustentabilidade. Neste aspecto, cresce a necessidade de novos investimentos, de utilização de animais de maior potencial genético, que demandam dietas balanceadas e de alto valor nutritivo. Neste contexto, a produção de alimentos volumosos em quantidade e qualidade suficiente durante todo o ano se torna uma necessidade em todos os sistemas de produção que almejam maiores produtividades.

Desta forma, a ensilagem tem sido utilizada como alternativa fundamental na conservação de forragens com vistas à maior produtividade e desempenho animal. A silagem de milho é o principal volumoso utilizado nos diferentes sistemas de produção animal no Brasil.

Essa maior utilização do milho para a produção de silagem deve-se à sua composição bromatológica que preenche as exigências para confecção de uma boa silagem, apresenta elevada produtividade, baixo poder tampão e níveis adequados de carboidratos solúveis (NUSSIO et al., 2001), esses atributos permitem a conservação de volumoso de qualidade para a alimentação dos animais.

Contudo, têm-se procurado desenvolver híbridos com melhor potencial produtivo e qualidade nutricional para ensilagem, como boa relação entre colmos, folhas e grãos, e alta digestibilidade, uma vez que existe correlação entre o valor nutritivo de uma cultura e sua silagem (PEREIRA FILHO & CRUZ, 2001). A maior proporção de grãos no material a ser ensilado é desejável por contribuir com o aumento no teor de matéria seca da silagem, desde que não haja alta proporção de palha e sabugo, que podem reduzir o efeito da espiga na qualidade da mesma (ALMEIDA FILHO et al., 1990). É necessário considerar também as demais frações da planta, pois a qualidade nutricional da haste possui fortes correlações com a qualidade nutricional da planta toda (NUSSIO et al., 2001).

A conservação de forragens na forma de silagem é um processo fermentativo anaeróbico, que converte os carboidratos solúveis da planta em ácidos orgânicos, mediante atividade microbiana. A qualidade da silagem depende da eficiência desse processo e das condições que a determinam, como umidade, temperatura, presença de oxigênio, concentração de carboidratos solúveis e características produtivas da planta ensilada (NEUMANN, 2001).

Desse modo, objetivou-se avaliar características produtivas de seis híbridos de milho, bem como a qualidade fermentativa e composição bromatológica das silagens obtidas a partir dos mesmos.

Material e Métodos

O experimento foi instalado Fazenda Experimental Risoleta Neves (FERN) situada em São João Del Rey, utilizada pelo convênio UFSJ/EPAMIG, em solo classificado como Latossolo Vermelho-Escuro, em condições de sequeiro.

Foram avaliados seis híbridos (tratamentos) de milho (1671B, 2B433, 20A78, SHS4070, BX1280 e DKB390), em delineamento em blocos casualizados com três repetições, compondo 18 parcelas, compostas por 4 fileiras de 5 metros, sendo as 2 fileiras centrais consideradas como área útil. O espaçamento utilizado foi de 80 centímetros entre fileiras. A adubação de semeadura foi feita de acordo com a análise química do solo, usando-se 450 kg/ha de NPK (8-28-16). Realizou-se também a adubação de cobertura, sendo utilizados 400 kg/ha de (NPK) 20-00-20, 30 dias após emergência.

Para avaliação dos constituintes relacionados à produtividade de cada híbrido de milho foram determinadas: altura média das plantas (AP), tomada em metros, desde o solo até a inserção da folha bandeira; altura de inserção da espiga (IP), número de plantas acamadas (PA) e quebradas (PQ) por hectare, relação folha: colmo (F:C) relação espiga: planta (E:P), estande e produção de matéria seca por hectare (PMS. ha⁻¹).

As produções de nutrientes digestíveis totais (NDT ha⁻¹) e proteína bruta por área e (PB ha⁻¹) foram obtidas pelo produto da produção de matéria seca por área (PMS ha⁻¹) e (PB ha⁻¹) e o teor de NDT e PB na MS das silagens, em porcentagem.

Decorridos aproximadamente 110 dias após o plantio, quando os grãos apresentaram ponto farináceo, foi realizado o corte manual, picagem em ensiladeira e ensilagem manual dos híbridos de milho, sendo utilizados para confecção dos mini-silos, baldes plástico, com capacidade para 12 kg de material fresco, a uma densidade de armazenamento de 500kg/m³, nos quais foram adaptadas válvulas de Bunsen nas tampas para permitir o escoamento de gases. Após o enchimento, os baldes foram hermeticamente lacrados com fitas adesivas para evitar a troca de ar com o meio.

Ao término de todo o processo de ensilagem (estabilização microbiológica), aproximadamente 45 dias após o fechamento, foram retiradas aproximadamente 400 gramas de amostras homogêneas de cada balde, as quais foram levadas à estufa de circulação de ar a

55 a 60 °C por 72 h. Posteriormente estas amostras foram pesadas para determinação da matéria pré-seca e posteriormente moídas em moinhos “tipo Willey” e acondicionadas em sacos plásticos para análises dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE), lignina (LIG) e matéria mineral (MM) de acordo Silva & Queiroz (2002). As avaliações da FDN seguiram os protocolos sugeridos por Mertens (2002). As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFVJM.

Uma fração de amostra de silagem de cada repetição foi prensada em prensa hidráulica para extração do suco e, posteriormente, determinado o pH utilizando-se potenciômetro digital (Digimed). Estes procedimentos foram realizados nas dependências da FERN em São João Del Rey.

Determinaram-se também de acordo com as normas do AOAC (1995), os teores de ácido butírico e láctico por cromatografia gasosa nas dependências da Universidade Federal de Viçosa.

Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados de acordo com a equação adotada pelo NRC (2001):

$$\text{NDT} = [\text{PBD} + (2,25 \times \text{AGD}) + \text{FDN}_{\text{cpD}} + \text{CNFD}] - 7$$

Onde:

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

$$\text{AGD} = \text{EE} = \text{matéria solúvel no tratamento com éter de petróleo, se } \text{EE} < 1; \text{AG} = 0;$$

$$\text{FDN}_{\text{cpD}} = [0,75 \times (\text{FDN}_{\text{cp}} - \text{LIG})] \times [1 - (\text{LIG} / \text{FDN}_{\text{cp}}) 0,667],$$

Em que $\text{FDN}_{\text{cp}} = \text{FDN}$ corrigida para cinzas e proteína;

$$\text{CNFD} = 0,98 \times \{100 - [(\text{FDN} - \text{PIDN}) + \text{PB} + \text{EE} + \text{CINZAS}]\} \times \text{PAF},$$

Sendo adotado PAF (fator de ajuste ao processamento) = 1;

Os dados experimentais ou variáveis mensuradas foram submetidos à análise de variância e quando significativo a 5%, as médias comparadas pelo teste de Student Neuwman Keuls.

Resultados e Discussão

O teor de matéria seca da planta contribui para a conservação da massa ensilada inibindo o crescimento de micro-organismos indesejáveis. As silagens dos híbridos avaliados apresentaram teores adequados de MS de 28,85 a 34,86%, sem diferença entre os mesmos

(Tabela - 1). Estes valores se encontram na faixa indicada por Tosi (1973) como ideal para garantir fermentação adequada da silagem.

Para a variável altura de planta, não houve diferença entre os híbridos avaliados, sendo o valor médio encontrado 2,17 metros, próximos aos encontrados por Paziani et al. (2009), que avaliaram um banco de dados de diferentes cultivares de milho no estado de São Paulo, e encontraram altura média de 2,23 metros para as plantas de milho.

Tabela 1- Características produtivas dos híbridos avaliados: altura de planta (AP), inserção da espiga (IE), plantas acamadas (PA) e quebradas (PQ), relação folha:colmo (F:C) e espiga:planta (EP) e estande

Parâmetros	Híbridos						Média	CV
	1671B	2B433	20A78	SHS4070	BX1280	DKB390		
MS (%)	29,23	33,14	34,86	28,85	29,07	29,00	30,69	9,78
AP (metros)	2,13	2,12	2,18	2,32	2,17	2,06	2,16	302,15
IE (metros)	1,25ab	1,08b	1,10b	1,55a	1,30ab	1,18ab	1,24	12,52
PA (%)	0,0	6,06	3,30	5,94	4,37	0,95	3,44	175,20
PQ (%)	0,77	1,61	2,56	0,85	0,0	1,90	1,28	192,16
F:C (%)	33,05	36,61	29,88	26,03	25,60	33,41	30,76	19,79
E:P (%)	35,15	38,86	41,00	30,53	32,03	35,12	35,45	12,00

Médias, na linha, seguidas de letras minúsculas diferem ($p < 0,05$) pelo teste SNK.

Os híbridos SHS4070, 1671B, BX1280 e DKB390, não diferiram entre si quanto à altura de inserção da espiga, entretanto, o SHS4070 foi superior ao 2B433 e ao 20A78 os quais também não diferiram dos demais com relação a essa mesma variável. Contudo, nota-se que o híbrido que apresentou maior altura de planta (SHS4070), também apresentou maior altura de inserção da espiga, o que resultou, entre outros fatores, em alto potencial produtivo de matéria verde e matéria seca ensilável por unidade de área.

Pinto et al. (2010), conduzindo trabalho de avaliação de milho para silagens, em que foram testados 12 cultivares, encontraram variação para altura de plantas entre 1,82 e 2,47 m, correlacionando-se positivamente com produções de matéria seca variando entre 17,10 e 18,10 t/ha. Rosa et al. (2004), avaliando o comportamento agrônomo de plantas de milho e valor nutritivo da silagem, encontraram para o híbrido AG-5011 altura de 1,84 m e produção de MS de 12,48 t/ha.

Também não foram observadas diferenças para as variáveis plantas acamadas e quebradas. A resistência ao acamamento e quebra são características importantes na escolha

do híbrido a ser ensilado. O acamamento na cultura do milho causa severos danos ao rendimento e a qualidade dos grãos, além de dificultar a colheita. Anualmente, estimam-se perdas de 5 a 20% na produção mundial de milho devido ao acamamento (MORAES & BRITO, 2011).

Não houve diferença ($P < 0,05$) para a relação folha:colmo e espiga:planta entre os híbridos avaliados. De acordo com Almeida Filho et al. (1990), a maior proporção de espiga no material ensilado em relação a planta toda é desejável, pois esta contribui para a melhor qualidade nutricional da silagem.

Na Tabela 2, encontram-se os resultados de produtividade dos híbridos de milho. A produtividade de massa seca é um dos primeiros parâmetros a se avaliar, uma vez que está relacionado com a produtividade, além de ser utilizado para o dimensionamento de silos. Não houve diferença entre os híbridos avaliados, com produções de matéria seca variando entre 11,36 e 14,89 toneladas por hectare. Esses valores foram inferiores aos encontrados por Paziani et al. (2009) que foram de 14 a 25 toneladas. Melo et al. (1999) avaliaram algumas cultivares de milho e encontraram produtividades que variaram entre 12,49 a 29,59 toneladas de MS/ha.

Tabela 2 - Produtividades das silagens dos híbridos de milho

Variáveis ¹	Híbridos							Média	CV
	1671B	2B433	20A78	SHS4070	BX1280	DKB390			
PMS	12,88	11,36	12,83	14,67	14,89	12,71	13,22	23,31	
(t/ha)	0,74	0,58	0,79	0,90	0,92	0,70	0,77	27,92	
PPB (t/ha)	8,96	8,55	9,57	10,24	10,41	9,19	9,49	23,24	
PNDT									
(t/ha)									

¹ PMS, PPB e PNDT: Produções de matéria seca, proteína bruta e nutrientes digestíveis totais em toneladas por hectare.

As variáveis quantidades de NDT e PB produzidas por área (NDT/ha) e (PB/ha) foram obtidas pelo produto da produção de matéria seca (PMS/ha) e o teor de NDT e PB na MS das silagens, em porcentagem. Não foram observadas diferenças para as produções de NDT e PB por hectare, e os valores encontrados mostram resultados satisfatórios de produção. Pereira et al. (2006) em estudos sobre viabilidade econômica de conservação de forrageiras tropicais, mostram valores de rendimento de NDT e PB para silagem de milho de 8,0 e 0,90

toneladas/hectare/ano, respectivamente. Estes autores acrescentam ainda, que dentre as opções de forragens conservadas, a que apresenta menor custo de produção de NDT por área é a silagem de milho.

O conhecimento do teor de matéria seca contida na silagem é importante, pois com base nele se estabelece o cálculo da dieta, já que o consumo de alimento pelos animais é estabelecido em kg de MS/animal/dia (Tabela - 3).

Tabela 3 - Composição bromatológica das silagens dos híbridos de milho

Variáveis	Híbridos							Média	CV
	1671B	2B433	20A78	SHS4070	BX1280	DKB390			
MS (%)	28,85	32,70	34,39	28,48	28,69	28,61	30,29	10,32	
PB (%)	5,59	5,90	5,82	5,76	6,16	5,97	5,87	8,55	
MM (%)	4,30	3,20	3,39	3,24	4,30	3,65	3,68	19,08	
EE (%)	4,29	4,56	3,88	3,55	4,11	4,15	4,09	19,91	
NDT (%)	64,89	70,18	69,76	64,38	64,01	66,57	68,30	5,79	
FDA (%)	29,46	22,80	22,30	28,00	29,05	25,36	26,16	10,82	
FDN (%)	47,51	41,50	40,05	48,86	48,63	44,93	45,25	8,47	
Lignina (%)	4,63	3,46	3,12	4,40	4,40	3,49	3,92	21,48	

(MS) - Matéria Seca; (PB) - Proteína Bruta; (MM) - Matéria Mineral; (EE) Extrato Etéreo; (FDA e FDN) - Fibra em Detergente Ácido e Neutro; (NDT) - Nutrientes Digestíveis Totais.

Não foram observadas diferenças para a variável PB das silagens dos híbridos. O valor médio de PB obtido foi 5,87%, próximo ao de Oliveira et al. (2010) que encontraram média de 6,1% de proteína nas silagens avaliadas. Estes valores são inferiores aos encontrados por Pinto et al. (2010), que avaliaram doze cultivares de milho destinados a produção de silagem e encontraram teores de PB entre 7,1 e 8,8 %.

Também os teores de matéria mineral e extrato etéreo não diferiram entre os híbridos estudados ($P < 0,05$) e apresentaram valores médios respectivos, de 3,68 e 4,09% com base na MS. Pereira et al. (2007) avaliaram a qualidade nutricional de silagens de milho e não encontraram diferenças para as variáveis matéria mineral e extrato etéreo. Pinto et al. (2010) encontraram para extrato etéreo, 4,80%, valor próximo ao encontrado neste trabalho.

O NDT é indicativo do conteúdo energético dos alimentos e sua determinação em silagens é imprescindível para o balanceamento e otimização de dietas (CAPELLE et al.,

2001). Nas silagens avaliadas, os teores médios de NDT apresentados foram de 71,98%, superiores aos relatados por Rosa et al. (2004), que observaram valor médio de 69,12% de NDT, indicando qualidade superior destes materiais quanto ao seu valor energético.

Entre os híbridos avaliados não foram constatadas diferenças ($P < 0,05$) entre os teores de FDA, composta por celulose e lignina (fração não degradável). Esta variável está diretamente relacionada com a digestibilidade da silagem, portanto, quanto menor o teor de FDA, maior a digestibilidade. Os teores de FDA das silagens variaram de 22,80 a 29,46%, valores similares aos encontrados por Rosa et al. (2004) que foram de 26,92 a 28,92%. Não houve diferença para os teores de lignina, sendo os mesmos inferiores aos relatados por Oliveira et al. (2010) e Rosa et al. (2004), respectivamente, 5,9 e 5,49% .

Segundo Waldo (1986), a FDN é o melhor e mais simples fator para prever o consumo voluntário. Os teores de FDN das silagens variaram de 40,05 a 48,86%, sem diferença entre os híbridos. Estes valores são inferiores aos encontrados por Pinto et al. (2010) que oscilaram entre 49,1 a 56,2%. Gomes et al. (2004) avaliaram as características de milho relacionadas com a produtividade de silagem e observaram que as correlações envolvendo FDN e degradabilidade foram na maioria dos casos negativas. Desse modo, híbridos que apresentaram alta degradabilidade normalmente possuíam baixa porcentagem de FDN, pois tal característica representa uma porção da parte indigestível da forragem, o que torna importante os resultados de FDN encontrados neste trabalho.

Um dos parâmetros empregados na avaliação da qualidade fermentativa da silagem é o pH. Os valores de pH encontrados para as silagens dos híbridos avaliados não diferiram (Tabela 4), e todos se encontram dentro dos limites estabelecidos para classificação de silagem de boa qualidade.

Tabela 4 - Valores de pH e ácidos orgânicos em porcentagem da matéria seca de silagens de híbridos de milho

Parâmetros	1671B	2B433	20A78	SHS4070	BX1280	DKB390	CV
pH	3,83	3,83	3,70	3,73	3,80	3,66	3,13
N-NH ₃ (%)	3,19	3,02	2,68	2,64	3,32	2,94	20,50
Ácido Láctico	6,72	6,27	4,80	5,96	5,71	7,21	29,30
(%)	1,94	2,07	1,93	2,02	1,11	1,96	46,21
Ácido Acético	0,036	0,030	0,026	0,044	0,035	0,030	32,5
(%)							

Ácido Butírico
(%)

O valor médio observado nas silagens dos diferentes híbridos de milho foi 3,75, considerado ótimo, pois se encontra na faixa de 3,7 - 4,2 recomendada por McDonald (1981) para garantir boa preservação do material ensilado. Segundo Neumann (2001), a acidez é considerada um fator importante na conservação de silagem, pois atua inibindo ou controlando o desenvolvimento de micro-organismos indesejáveis, como as bactérias do gênero *Clostridium*.

O teor de $N-NH_3/NT$ é um indicativo da degradação da proteína durante o processo de ensilagem. Segundo Ferreira (2001), silagem de boa qualidade apresenta $N-NH_3$ inferior a 10%. Todas as silagens estudadas apresentaram índices bens inferiores, o que indica que houve reduzida degradação da proteína.

Vários ácidos orgânicos são produzidos durante a fermentação da silagem, mas para a avaliação da qualidade do processo fermentativo, os mais comumente utilizados são os ácidos láctico, butírico e acético. Neste trabalho não foram observadas diferenças ($p < 0,05$) entre o perfil destes ácidos das silagens dos híbridos avaliados. Segundo Oliveira (2001), silagens de milho são consideradas de boa qualidade quando possuem valores entre 6 e 8% de ácido láctico na MS, sendo este o principal responsável pela redução do pH da silagem. De acordo com McDonald (1981), uma concentração mínima de 3% pode ser um indicativo de silagem de boa qualidade. Desta forma, pode-se considerar que a silagens dos híbridos avaliados se encontram dentro de valores considerados ideais, indicando que houve fermentação láctica adequada.

Já o ácido butírico deve estar sempre em pequena quantidade, porque sua presença reflete a extensão da atividade de bactérias do gênero *Clostridium*. O conteúdo desse ácido pode ser considerado um dos principais indicadores negativos de qualidade do processo fermentativo (TOMICICH et al., 2003). Ferreira (2001) preconiza, para silagens de milho e sorgo, concentração inferior a 0,1% na MS. Ranjit & Kung Jr. (2000) trabalharam com silagens de milho e encontraram valores de ácido butírico que variaram de 0,05 a 0,07% da MS. Possenti et al. (2005) obtiveram média de 0,01% e Rodrigues et al. (2002), 0,07 a 0,20%

com média de 0,14% desse ácido, na MS de silagens de milho. Os teores de ácido butírico das silagens avaliadas estão dentro dos valores mínimos recomendados pelos vários autores acima citados, indicando que não houve fermentação butírica que pudesse comprometer a qualidade das silagens.

A concentração média de ácido acético na silagem dos híbridos de milho avaliados foi de 1,83% e está abaixo do valor limite ($\leq 2,5\%$) considerado por Tomich et al. (2003) para garantir qualidade fermentativa após abertura do silo.

Conclusão

Os híbridos avaliados apresentaram características produtivas, nutritivas e fermentativas semelhantes e são recomendados para produção de silagem.

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA FILHO, S. L.; FONSECA, D. M.; GARCIA, R.; OBEID, J. A.; OLIVEIRA, J. S. e. Características agronômicas de cultivares de milho (*Zea mays* L.) e qualidade dos componentes da silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 7-13, 1990.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. 1995. **Official Methods of Analysis**. 16.ed. AOAC, Washington, DC.
- CAPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.; COELHO DA SILVA, J.F. et al. Estimativas do consumo e do ganho de peso de bovinos, em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.659-1957, 2001.
- FERREIRA, J.J. Estágio de maturação ideal para ensilagem do milho e do sorgo. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.S. et al. (Eds.). **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p.405-428.
- GOMES, M.S.; VON PINHO, R.G.; RAMALHO, M.A.P. et al. Variabilidade genética em linhagens de milho nas características relacionadas com a produtividade de silagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.9, p.879-885, 2004.

- McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. Chichester: Jhon Wiley, 1981.128p.
- MELO, W. M. C.; PINHO, R. G.; CARVALHO, M. L. M. et al. Avaliação de Cultivares de Milho para Produção de Silagem na Região de Lavras - MG. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v.23, n.1, p.31-39, 1999.
- MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 85, p. 1217-1240, 2002.
- MORAES, D.F.; BRITO, C.H. 2011. **Análise de possível correlação entre as características morfológicas do colmo do milho e o acamamento**. Encontrado em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/horizontecientifico/article/viewFile/4079/3038>. Acesso: 07/04/2011.
- NEUMANN, M. **Caracterização agrônômica quantitativa e qualitativa da planta, qualidade de silagem e análise econômica em sistema de terminação de novilhos confinados com silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench)**. 2001. 208 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P.; DIAS, F. N. **Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho**. In.: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, p. 127-145, 2001.
- OLIVEIRA, J.S. Manejo do silo e utilização da silagem de milho e sorgo. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.S. et al. (Eds.) **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p.473-518.
- OLIVEIRA, L.B., PIRES, A.J.V., CARVALHO, G.G.P. et al. 2010. 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.; DUARTE, A.P.; NUSSIO, L.G. et al. Características agrônômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.38, n.3, p.411-417, 2009.
- PEREIRA FILHO e CRUZ. Cultivares de milho para silagem. In In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.S. et al. (Eds.) **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas. Embrapa milho e Sorgo, 2001. p.11-38.

- PEREIRA, E.S.; MIZUBUTI, I. Y.; PINHEIRO, S.M. et al. 2007. Avaliação da qualidade nutricional de silagens de milho (*Zea mays*, L). **Revista Caatinga**. Mossoró, v.20, n.3, p.08-12, 2007.
- PEREIRA, O.G., OLIVEIRA, A.S., RIBEIRO, K. G. Recurso forrageiro alternativo – viabilidade econômica de forragens conservadas. In.: Forragicultura e pastagens- temas em evidência. 2006.
- PINTO, A.P.; LANÇANOVA, J.A.C.; LUGÃO, S. M.B. et al. 2010. Avaliação de doze cultivares de milho (*Zea mays* L.) para silagem. **Revista Ciências Agrárias**. Londrina, v. 31, n. 4, p. 1071-1078, 2010.
- POSSENTI, R. A.; FERRARI JR., E.; BUENO, M. S. et al. Parâmetros bromatológicos e fermentativos das silagens de milho e girassol. **Ciência Rural**, v.35, n.5, p.1185-1189, 2005.
- RANJIT, N.K.; KUNG JR., L. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.3, p.526-535, 2000.
- RODRIGUES, P.H.M.; PEDROSO, S.B.G.; MELOTTI, L. et al. Estudo comparativo de diferentes tipos de silos sobre a composição bromatológica e perfil fermentativo da silagem de milho. **Acta Scientiarum**, v.24, n.4, p.1127-1132, 2002.
- ROSA, J. R.P., RESTLE, J., SILVA, J. H. S. Et al. 2004. Avaliação da Silagem de Diferentes Híbridos de Milho (*Zea mays*, L.) por meio do Desempenho de Bezerros Confinados em Fase de Crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.4, p.1016-1028, 2004.
- SILVA, D. J., QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos (Métodos químicos e biológicos)**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV – Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235 p.
- SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSELL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.
- TOMICH, T.R.; PEREIRA, L.G. R.; GONÇALVES, L.C. et al. 2003. **Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003.
- TOSI, H.E. **Ensilagem de gramíneas tropicais sob diferentes tratamentos**. Botucatu. SP-FCMBB, 1973, 107p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu, 1973.

WALDO, D.R.; SMITH, L.W.; COX, E.L. Model of cellulose disappearance from the rumen.
Journal of Dairy Science, v.55, n.1, p.125-129, 1972.

3.2. Cinéticas de degradação e trânsito de silagens de híbridos de milho

Resumo

Objetivou-se com este estudo avaliar qualidade das fibras das silagens de híbridos de milho por meio das cinéticas de trânsito e de degradação ruminal. Para isso, foram utilizados quatro animais fistulados no rúmen, sendo o delineamento um quadrado latino (4x4), onde os tratamentos foram as fibras dos híbridos marcadas com cromo, denominadas cromo-mordante. Para o estudo de degradabilidade, as amostras moídas em peneiras de 4 mm foram incubadas no rúmen nos tempos 0, 6, 18, 48 e 96 horas, em saquinhos de náilon. A partir dos resultados encontrados, pode-se sugerir que o híbrido DKB 390, apresentou melhor performance com relação a qualidade da fibra.

Palavras-chave: animais fistulados, degradação, fibra cromo-mordante

Kinetics of degradation and transit of silage corn hybrids

Abstract

The objective of this study was to evaluate the quality of the fibers from silage made of corn hybrids by means of kinetic transit and rumen degradation. For this, four animals were fistulated in the rumen, being a Latin square design (4x4), in which treatments were hybrid fibers labeled with chromium, called chromium-mordant. To study the degradability, the samples grounded in 4 mm sieves were incubated in the rumen at 0, 6, 18, 48 and 96 hours in nylon bags. From these results, we can suggest that the hybrid DKB 390, showed better performance with respect to fiber quality.

Keywords: fistulated animals, degradation, fiber-chrome mordant

Introdução

A alimentação dos ruminantes é baseada no aproveitamento dos nutrientes encontrados nas forragens. Portanto, a informação sobre a digestão no rúmen é de fundamental importância, devido ao fato de ser esse o principal sítio de digestão de alimentos fibrosos. O conhecimento da disponibilidade dos nutrientes nesse compartimento é também importante para se estabelecer a quantidade e a proporção de nutrientes necessários para a máxima resposta microbiana (NOCEK, 1988) e conseqüentemente melhor desempenho animal.

A dinâmica ruminal (degradação e trânsito de partículas) ocorre constantemente, de forma simultânea e competitiva para a remoção da digesta presente no rúmen em consequência da disponibilidade de nutrientes para o animal, independentemente da qualidade e quantidade de alimento presente no compartimento. Assim, a interação desses fatores é fundamental para estabelecer modelos representativos dos eventos biológicos que ocorrem no rúmen-retículo (VIEIRA et al., 2008).

O trânsito de partículas ou taxa de passagem no rúmen é uma variável que afeta a utilização de nutrientes, por modular o tempo disponível para os processos de digestão e absorção (EHLE, 1984). Para a obtenção de estimativas desse parâmetro, existem diversos procedimentos metodológicos (LASCANO, 1990). Em detrimento às laboriosas metodologias “in vivo”, técnicas indiretas, com o uso de indicadores não absorvíveis, ingeridos ou diretamente infundidos no rúmen em dose única, têm sido mais adotadas nas estimativas dos parâmetros de dinâmica da passagem das partículas no trato gastrintestinal (TGI) dos ruminantes. Dentre os vários indicadores usados nas estimativas de taxa de passagem, as fibras complexadas com cromo (Cr), denominadas de cromo-mordante apresentam, como vantagem, procedimentos mais simples durante as análises laboratoriais (LIRA et al., 2000).

Também, a estimativa da degradação ruminal dos alimentos tem sido fundamental para avaliar a quantidade de nutrientes disponíveis para os micro-organismos do rúmen e sua qualidade (MOREIRA et al., 2003). Os sistemas de balanceamento e avaliação de dietas exigem o conhecimento das degradabilidades dos nutrientes (VALADARES FILHO, 1994). Para tanto, a técnica “in situ” tem sido considerada como a mais apropriada para a determinação da degradabilidade ruminal dos alimentos fornecendo uma estimativa da proporção do alimento que é rapidamente fermentada e da taxa de degradação dos componentes insolúveis que são susceptíveis de fermentação no rúmen. Esta técnica tem se apresentado como alternativa viável, principalmente em função de sua simplicidade e

economicidade, além de permitir o acompanhamento da extensão de degradação ao longo do tempo (MEHREZ & ORSKOV, 1977). O conhecimento gerado a partir de estudos cinéticos possibilita uma maior compreensão dos fenômenos ruminais, dos componentes bromatológicos dos alimentos e sua melhor utilização.

Em se tratando da avaliação de híbridos de milho para silagem, tem se estudado apenas a qualidade fermentativa da silagem, entretanto, outras variáveis devem ser consideradas. A degradabilidade da matéria seca é um dos fatores importantes. Atualmente, esta característica vem sendo considerada, pois permite indicação mais segura sobre o valor nutricional da cultivar de milho a ser ensilada. Trabalhos têm demonstrado a relação entre a digestibilidade da silagem e o desempenho animal revelando que híbridos de milho mais digestíveis resultam em maior eficiência da alimentação e, conseqüentemente, em melhor desempenho dos animais. Assim, a ênfase nos programas visando à obtenção de híbridos deve ser direcionada à obtenção de cultivares com maior digestibilidade da silagem (MENDES et al., 2008). De acordo com Gomes et al. (2004), o cruzamento de genitores que possuem alta degradabilidade “in situ” da matéria seca de suas silagens é uma estratégia para o desenvolvimento de novos híbridos.

Desta forma, objetivou-se avaliar a cinética de trânsito de partículas e a degradabilidade da FDN de silagens de diferentes híbridos de milho.

Material e Métodos

A parte inicial deste experimento foi instalada nas dependências da Fazenda Experimental Risoleta Neves do convênio UFSJ/EPAMIG, situadas em São João Del Rey. Para estimativa da cinética de trânsito de partículas, as amostras utilizadas para complexação da fibra com dicromato de potássio foram provenientes da seleção entre silagens de seis híbridos de milho. Realizou-se uma pontuação de acordo com as características produtivas e bromatológicas destes híbridos, sendo os quatro melhores selecionados. Após a seleção, aproximadamente 3 kg de silagem de cada tratamento foram colocadas em um recipiente para a fervura por uma hora com detergente neutro comercial na proporção de 100 g de amostra seca para 100 mL de detergente por litro de água conforme descrito por Udén et al. (1980). Após este procedimento, o material foi filtrado em saco de tecido de algodão e lavado com água corrente de torneira, até o clareamento da água para a remoção dos componentes solúveis, sendo então, levados a estufa a 60 ± 5 °C, durante 72 horas.

Em seguida, foi feita uma solução de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7 \cdot 2 H_2O$), na proporção de 13% de cromo em relação ao peso da fibra a ser marcada. Esta solução foi

diluída em água em um recipiente de vidro, com posterior imersão da fibra nesta solução. O recipiente foi coberto com papel alumínio e mantido em estufa a 105°C por 24 horas. A partir deste procedimento o material foi acondicionado em saco de tecido de algodão e submetido à lavagem em água corrente, para remover o excesso de dicromato de potássio. Depois o material foi imerso em solução de ácido ascórbico comercial, na proporção da metade do peso da fibra, deixando em repouso por uma hora, até atingir a cor verde intensa. Logo após, o material foi novamente acondicionado em saco de tecido de algodão e lavado repetidas vezes até o completo clareamento da água e então seco em estufa de ventilação forçada a 60±5° C por 72 horas, obtendo se então a FDN cromo-mordante.

Foram utilizados quatro bovinos mestiços holandês-zebu, castrados, com peso aproximado de 400 kg, canulados no rúmen conforme técnica descrita por Leão e Coelho da Silva (1980) e Leão et al. (1978), distribuídos em delineamento em quadrado latino, com quatro tratamentos, quatro animais e quatro períodos experimentais. Os animais foram mantidos em regime de confinamento, em baias individuais, e alimentados durante o ensaio, com dieta constituída de silagem de milho fornecida à vontade e 2 kg de concentrado à base de milho, farelo de soja (25% de PB) e mistura mineral. O alimento era fornecido duas vezes ao dia, por volta das 7:00 e 15:00.

As amostras marcadas foram colocadas diretamente no rúmen via cânula ruminal, na quantidade de 200g para cada animal. As fezes foram coletadas nos tempos zero (imediatamente após a administração da fibra complexada com cromo), 1, 2, 4, 6, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 44, 48, 56, 64, 72, 80, 88, 96, 120, 132, 144 e 196 horas, para estimação dos parâmetros de cinética de passagem de partículas. Após as coletas nos tempos indicados, as amostras foram secas em estufa de ventilação forçada à temperatura de 55 a 60° C, durante 72 a 96 horas, processadas em moinho com peneira de malha 1 mm. Aproximadamente 200 mg de fezes respectivas a cada tempo de incubação, animal e período foram diluídas em solução de ácido nitroperclórico para remoção da matéria orgânica e posterior leitura da concentração de cromo conforme método proposto por Willians et al. (1962).

Para estudar a degradação ruminal de partículas, as amostras destas silagens pré-secas foram moídas em peneiras com crivo de 4 milímetros e acondicionadas em saquinhos de náilon com porosidade de 50µm. Aproximadamente 3 gramas, correspondendo a 20 mg por centímetro quadrado foram colocadas nos saquinhos. Após serem incubados no rúmen nos tempos 0, 6, 18, 48 e 96 horas, foram lavados em água corrente até o clareamento. Foram então secas em estufa por 72 horas a temperatura aproximada de 60°C e pesadas, para

posterior determinação da FDN conforme Mertens (2002). Também para o estudo da cinética de degradação foi utilizado um quadrado latino 4X4.

Os perfis de concentração do marcador nas fezes foram descritos por meio do modelo bicompartimental generalizado sugerido por Matis et al. (1989):

$$C_t = e, 0 \leq t \leq \tau;$$

para $t > \tau$,

$$C_t = C_0 k \left\{ \delta^N \exp[-k(t - \tau)] - \exp[-\lambda(t - \tau)] \sum_{h=1}^N \delta^h [\lambda(t - \tau)]^{N-h} / (N - h)! \right\} + e.$$

Os parâmetros do modelo acima fornecem estimativas que explicam a dinâmica da taxa de passagem ou de trânsito de partículas fibrosas pelo trato gastrointestinal dos ruminantes em geral, em que:

N = ordem de dependência de tempo;

λ = transferência de partículas do pool “raft” para o pool de partículas escapáveis dispersas na fase líquida do rúmen;

k = escape de partículas elegíveis do rúmen-retículo para o restante do trato gastrointestinal e

τ = tempo de trânsito (tempo equivalente à saída do marcador do orifício retículo-omasal até o primeiro aparecimento nas fezes).

O modelo utilizado para estimar os parâmetros da cinética de degradação da fibra consiste de uma equação simples de primeira ordem (SMITH et al., 1971), com a adição do tempo de latência discreta como descrito por Mertens & Loften (1980):

$$R_t = B_o + U_o, 0 \leq t \leq L$$

$$\text{para } t > L, R_t = B_o e^{-c(t-L)} + U_o.$$

Em que:

R_t = resíduo de FDN no tempo;

B = fração potencialmente digestível da fibra;

U = fração indigestível da fibra;

L = latência discreta;

c = taxa de digestão;

t = tempo.

As variáveis testadas no presente estudo foram:

(Bn) fração potencialmente digestível da fibra padronizada,

(Un) fração indigestível da fibra padronizada,

(L) latência discreta,

(c) taxa de digestão,

(MRT) tempo médio de retenção no rúmen-retículo,

(EDF) digestibilidade verdadeira e

(RR) repleção ruminal da fibra. As frações B e U foram normalizadas para que pudessem demonstrar uma adequada proporção entre si, como demonstrado abaixo:

$$Bn = B / (B + U);$$

$$Un = U / (B + U).$$

A variável L explica o tempo de preparo e colonização do substrato no rúmen até começar efetivamente a digestão. A variável c representa a porção da fibra digerida no rúmen por unidade de tempo.

O *turnover* ou tempo médio de retenção no rúmen-retículo (MRT) foi estimado com base em interpretações biológicas, no qual ambas as fases ascendente e descendente do perfil de excreção de marcadores nas fezes exercem influência na retenção de partículas no rúmen-retículo (VIEIRA et al., 2008). O tempo médio de retenção de partículas no rúmen-retículo (MRT) foi estimado de acordo com a seguinte equação (MATIS et al., 1989):

$$MRT = N / \lambda + I / k.$$

O coeficiente de digestibilidade verdadeira da fibra (EDF) é adimensional e foi estimado usando o modelo de Vieira et al. (2008) descrito a seguir:

$$EDF = c \left\{ v \sum_{i=1}^N [\lambda^{i-1} / (\lambda + c)^i] + \lambda^N / [(\lambda + c)^N (k + c)] \right\}.$$

Por sua vez, a repleção ruminal (RR) expressa em dias, também foi estimada usando o seguinte modelo deduzido por Vieira et al. (2008):

$$RR = B \left\{ v \sum_{i=1}^N [\lambda^{i-1} / (\lambda + c)^i] + \lambda^N / [(\lambda + c)^N (k + c)] \right\} + U [N/\lambda + 1/k].$$

Os parâmetros do modelo ajustado para a cinética de passagem e perfis de degradabilidade foram estimados com o procedimento NLIN do SAS (SAS System Inc., Cary, NC, USA). Ambos os algoritmos de Newton e Marquardt foram usados. Inicialmente a forma ou algoritmo preferido foi o de Newton, devido à sua boa performance em termos de convergência, porém, sempre que as correlações entre as estimativas dos parâmetros foram altas, optou-se pelo algoritmo de Marquardt.

A seleção da melhor versão para a ordem de dependência de tempo (N) e consequentemente do melhor modelo para explicar a taxa de passagem, foi avaliada pelo cômputo do critério de informação Akaike ($AICc_h$) (Akaike, 1974; Burnham & Anderson, 2004). O $AICc_h$ foi calculado pela soma dos quadrados do erro (SSE_h), número de parâmetros estimados incluindo a variância residual (Θ_h), e o tamanho da amostra (n_h) para todas as diferentes versões de N , $\forall h = 1, 2, \dots, 6$. As diferenças entre os valores do $AICc_h$ (Δ_h), a probabilidade de verossimilhança (w_h), e a razão de evidência (ER_h), foram também computadas usando as seguintes equações (VIEIRA et al., no prelo):

$$AICc_h = n_h \ln(SSE_h/n_h) + 2\Theta_h + 2\Theta_h(\Theta_h + 1)/(n_h - \Theta_h - 1);$$

$$\Delta_h = AICc_h - \min AICc_h;$$

$$w_h = \exp(-\Delta_h/2) / \sum_{h=1}^H \exp(-\Delta_h/2);$$

$$ER_h = (\max w_h) / w_h.$$

O cômputo do critério Akaike nos permite comparar diferentes hipóteses, e por meio dos resultados obtidos selecionar a que melhor prediz a realidade de acordo com grupo de dados em questão.

As estimativas dos parâmetros dos perfis de taxa de passagem foram ajustadas de acordo com procedimentos de regressão robusta (BEATON & TUKEY, 1974), para reduzir o

efeito de observações discrepantes (*outliers*) e eliminar a subjetividade durante a apreciação desses pontos.

Foram realizadas análises de variância dos valores obtidos. O modelo estatístico adotado para testar os parâmetros em questão foi o seguinte modelo misto:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + a_j + e_{ijk}$$

Os efeitos fixos são a média (μ) e os tratamentos (α), já os efeitos aleatórios são atribuídos ao animal (a) e ao erro (e). O modelo estatístico foi ajustado usando o procedimento PROC MIXED do SAS (SAS System Inc., Cary, NC, USA).

Resultados e Discussão

Após as análises estatísticas dos dados chegou-se a conclusão de que a análise de latência discreta (L) não se aplica por apresentar tratamentos com variância zero.

Não observou-se diferença em relação ao tempo médio de retenção no rúmen-retículo (MRT) ($P < 0,05$), isto significa que os diferentes híbridos analisados se equivalem quanto ao tempo em que levam no interior do órgão em questão (Tabela - 1).

Tabela 1-Valores obtidos por meio de análise de variância para as variáveis: fração potencialmente digestível da fibra padronizada (Bn), fração indigestível da fibra padronizada (Un), taxa de digestão (c), tempo médio de retenção no rúmen-retículo (MRT), digestibilidade verdadeira (EDF) e repleção ruminal (RR)

Híbridos	Variáveis					
	Bn	Un	C	MRT	EDF	RR
BX1280	0,5940b	0,4060a	0,0529b	45,1	0,3919b	1,1004a
SHS4070	0,6401b	0,3599a	0,0305b	45,1	0,3386b	1,1785a
2B433	0,6831ab	0,3169ab	0,0620ab	43,8	0,4284b	0,9528ab
DKB390	0,7909a	0,2091b	0,0903a	49,3	0,6206a	0,7295b

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem ($P < 0,05$)

O híbrido DKB390 apresentou um melhor desempenho com relação as variáveis testadas quando comparado aos híbridos BX1280, SHS4070 e 2B433 que por sua vez não apresentaram diferenças entre si ($P < 0,05$). Nas análises do híbrido DKB390, obteve-se maior fração potencialmente digestível da fibra padronizada (Bn) e conseqüentemente menor fração

indigestível da fibra padronizada (*Un*), demonstrando possuir fibra de melhor qualidade em relação aos demais híbridos. Estes resultados se confirmam quando observam-se as outras variáveis analisadas, como por exemplo, a taxa de digestão (*c*) que foi significativamente maior neste híbrido, bem como, a digestibilidade verdadeira (*EDF*) que diferiu estaticamente dos demais híbridos estudados e por fim o menor tempo de repleção ruminal que foi menor ($P < 0,05$) em relação aos demais híbridos, indicando que o animal conseguirá consumir maior quantidade de silagem por unidade de tempo sem que o sistema de regulação de consumo por enchimento ruminal atue, possibilitando maior suprimento de nutrientes.

Conclusão

O híbrido DKB390 apresentou melhor digestibilidade verdadeira que os demais, demonstrando possuir fibra de melhor qualidade.

Estudos de cinética e degradação da FDN podem ser ferramentas úteis para avaliar silagens de milho.

Referências Bibliográficas

- AKAIKE, H. **A New Look at the Statistical Model Identification**. IEEE Transactions on Automatic Control 19, 716-723, 1974.
- BEATON, A. E.; TUKEY, J. W. **The fitting of power series, meaning polynomials, illustrated on bandspectroscopic data**. Technometrics. v. 16(2), p. 147-185, 1974.
- EHLE, F.R. Influence of feed particle density on particulate passage from rumen of holstein cow. **Journal of Dairy Science**., v.67, p.693-697, 1984.
- GOMES, M.S.; VON PINHO, R.G.; RAMALHO, M.A.P. et al. Variabilidade genética em linhagens de milho nas características relacionadas com a produtividade de silagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.9, p.879-885, 2004.
- LASCANO, C.; QUIROZ, R. Metodologia para estimar la dinámica de la digestión en rumiantes. In: RUIZ, M.E.; RUIZ, A. (Eds.). **Nutrición de rumiantes: guía metodológica de investigación**. Analisis biologico y tasa de digestion. San José: IICARISPAL, 1990. p.89-104.
- LEÃO, M.I.; COELHO DA SILVA, J.F.; CARNEIRO, L.N.D.M. 1978. Implantação de fístula ruminal e cânula duodenal reentrante em carneiros para estudos de digestão. *Revista Ceres*, 25:4254.
- LEÃO, M.I.; COELHO DA SILVA, J.F. 1980. Técnica de fistulação de abomaso em bezerros. In.: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 17, Fortaleza, CE, 1980. Anais...Fortaleza: SBZ, 1980. p.37.
- LIRA, V.M.C. **Utilização de diferentes modelos matemáticos e marcadores para simulação da cinética digestiva e de trânsito do capim braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.)**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 90p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- MATIS, J.H., WEHRLY, T.E., ELLIS, W.C. **Some generalized stochastic compartment models for digesta flow**. Biometrics 45, 703-720, 1989.
- MEHREZ, A. Z.; ORSKOV, E. R. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. **Journal Agricultural Science**, Cambridge, v. 88, n. 3, p. 645-650, 1977.
- MENDES, M.C.; VON PINHO, R.G.; PEREIRA, M.N. et al. 2008. **Avaliação de híbridos de milho obtidos do cruzamento entre linhagens com diferentes níveis de degradabilidade da matéria seca**. *Bragantia*, Campinas, v.67, n.2, p.285-297, 2008.
- MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 85, p. 1217-1240, 2002.

- MOREIRA, J.F.C.; RODRIGUEZ, N.M.; FERNANDES, P.C.C. et al. Concentrados protéicos para bovinos. 1. Digestibilidade “in situ” da matéria seca e da proteína bruta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, p.315-323, 2003.
- NOCEK, J.E., RUSSELL, J.B. 1988. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. **Journal of Dairy Science**, 71(8):2070-2107.
- SMITH, L. W., H. K. GOERING, D. R. WALDO, AND D. H. GORDON. In vitro digestion rate of forage cell wall components. *J. Dairy Sci.* 54:71, 1971.
- SNIFFEN, C. J.; O’CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSELL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.
- UDÉN, P.; COLUCCI, P.E.; Van SOEST, P. J. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. **Journal Science Food Agricultural**, v.31, n.7, p.625-632, 1980.
- VALADARES FILHO, S. C. Utilização da técnica “in situ” para avaliação dos alimentos. In: Simpósio Internacional de Produção de Ruminantes, 1994, Maringá. Anais.... Maringá: EDUEM, 1994. p. 95-117.
- VIEIRA, R. A. M.; TEDESCHI, L. O.; CANNAS, A. A generalized compartmental model to estimate the fibre mass in the ruminoreticulum: 2. Integrating digestion and passage. **Journal Theoretical Biology**., v. 255, p. 357-368, 2008.
- WILLIAMS, C.H., DAVID, D.J., IISMAA, D. 1962. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. *Journal Science Food Agricultural*, 59(2):381-385.

4. Conclusões Gerais

As características produtivas, nutritivas e fermentativas dos híbridos avaliados são semelhantes e mesmos recomendados para produção de silagem.

O híbrido DKB390 apresentou melhor digestibilidade verdadeira que os demais, demonstrando possuir fibra de melhor qualidade.

Estudos de cinética e degradação da FDN podem ser ferramentas úteis para avaliar silagens de milho.