

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

**DEMANDA ENERGÉTICA NA COLHEITA, DEGRADABILIDADE E
DIGESTIBILIDADE DA SILAGEM DE HÍBRIDOS DE MILHO**

MARCO AURÉLIO FACTORI

Tese apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Zootecnia como parte das
exigências para obtenção do título de
Doutor.

BOTUCATU - SP
Setembro – 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

**DEMANDA ENERGÉTICA NA COLHEITA, DEGRADABILIDADE E
DIGESTIBILIDADE DA SILAGEM DE HÍBRIDOS DE MILHO**

MARCO AURÉLIO FACTORI
Zootecnista

ORIENTADOR: Prof. Dr. CINIRO COSTA

Tese apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Zootecnia como parte das
exigências para obtenção do título de
Doutor.

BOTUCATU - SP
Setembro – 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

F142d Factori, Marco Aurélio, 1980-
 Demanda energética na colheita, degradabilidade e
 digestibilidade da silagem de híbridos de milho / Marco
 Aurélio Factori. - Botucatu : [s.n.], 2011
 vii, 60 f. : gráfs., tabs.

 Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Fa-
 culdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2011
 Orientador: Ciniro Costa
 Inclui bibliografia

 1. Ensilagem. 2. Milho - Colheita. 3. Milho híbrido -
 Silagem. 4. Textura dentada. 5. Textura dura. I. Costa,
 Ciniro. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de
 Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Medicina
 Veterinária e Zootecnia. III. Título.

A DEUS, a toda minha família, ao meu orientador e aos verdadeiros amigos (aqueles que me ajudaram verdadeiramente), que juntos me possibilitaram desenvolver mais esta etapa.

DEDICO.

Agradecimentos

Primeiramente a DEUS, por me permitir a vida e seguir minha caminhada e a Nossa Senhora Aparecida por interceder junto a Ele por mim...

Aos meus pais Valdir Factori e Maria Aparecida Gamito Factori, por estarem sempre presentes, me ajudando, ao meu lado...

Ao meu irmão Marcelo, esposa Adriana e minhas sobrinhas Bruna e Luana...

Aos meus avós *"in memoriam"*...

Ao meu orientador Prof. Dr. Ciniro Costa pela orientação, amizade e por acreditar e permitir meu crescimento profissional durante mais esta fase...

Ao Prof. Dr. Heraldo César Gonçalves pela orientação, apoio e colaboração na realização das análises estatísticas...

Aos funcionários e técnicos da UNESP (FMVZ e FCA) pela ajuda na elaboração do trabalho que foram muitos e por isso, primo de citar todos eles para não cometer injustiças no esquecimento de algum...

Ao Prof. Paulo Roberto de Lima Meirelles, meu grande amigo...

Ao André Seki e ao Professor Paulo Arbex pela ajuda fundamental para o desenvolvimento do primeiro trabalho...

Aos meus Amigos, que alguns aqui, de forma carinhosa me refiro com apelido: Alcides, André, Barbosa, Beto, Carla, Carlão, Carlos, Claudia, Cido, Cristiano, Dinho, Erico, Erika, Gansa, Gisele, Gui, Gabi, Henrique, Heraldo, Javer, João Paulo, Kátia, Larva, Léo, Luis, Magali, Mário, Mayra, Nelson, Nilton, Nivaldo, Paulo, Renatão, Seila, Simony, Vadão, Zé Leiteiro e muitos outros...

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pela bolsa concedida no período...

Enfim, a todos aqueles que, de alguma maneira contribuíram para a conclusão de mais uma etapa em minha VIDA.

Meu muito obrigado.

Deus lhes pague.

Pensamentos...

...Cada um de nós compõe a sua história,
Cada ser em si carrega o dom de ser capaz e de ser feliz...
(Almir Sater e Renato Teixeira).

A única forma que um passo para trás de leva adiante é a beira de um abismo...
(Autor desconhecido).

O trabalho é a forma mais fácil e justa de se conseguir dinheiro neste mundo...

Decisões maltratam o peito, mas precisam ser tomadas... mesmo que nos
“mate” pra sempre!!!!

Se não encontrar seu sonho, não desista, vá até outra padaria...
(Autor desconhecido).

Trabalhe até o último dia da sua vida... Se optar por parar antes, não esqueça de
desocupar a moita....

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1.....	1
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	2
Silagem de milho como volumoso	2
Textura das cultivares de milho.....	3
Estádios de colheita.....	4
Tamanho de partícula da silagem.....	5
Consumo de energia na colheita.....	6
Processamento, digestibilidade e degradabilidade.....	7
Referências	11
 CAPÍTULO 2.....	 17
DEMANDA ENERGÉTICA NA COLHEITA DE HÍBRIDOS DE MILHO PARA SILAGEM EM FUNÇÃO DO ESTÁDIO DE MADURIDADE E TAMANHO DE PARTÍCULA.....	 18
Resumo.....	18
Abstract.....	19
Introdução.....	20
Material e Métodos.....	21
Resultados e Discussão.....	25
Conclusões.....	33
Referências.....	34
 CAPÍTULO 3.....	 37
DEGRADABILIDADE E DIGESTIBILIDADE DE HÍBRIDOS DE MILHO EM FUNÇÃO DO ESTÁDIO DE COLHEITA, TAMANHO DE PARTÍCULA E PROCESSAMENTO POR MEIO DO ESMAGAMENTO NA ENSILAGEM.....	 38
Resumo.....	38
Abstract.....	39
Introdução.....	40
Material e Métodos.....	41
Resultados e Discussão.....	43
Degradabilidade da matéria seca.....	44

Degradabilidade da proteína bruta.....	46
Degradabilidade da fibra em detergente neutro.....	47
Degradabilidade do amido.....	49
Digestibilidade <i>in vitro</i> da Matéria seca	50
Conclusões.....	53
Referências.....	54
 CAPÍTULO 4.....	 58
IMPLICAÇÕES.....	59

LISTA DE TABELAS

	Página
CAPÍTULO 2.....	17
Tabela 1. Percentagem de matéria seca (%), produtividade de massa seca (kg/ha) e percentagem de grãos na matéria seca (%) em função dos híbridos e estádios de colheita utilizados.....	26
Tabela 2. Percentual do material retido nos respectivos diâmetros de crivos de peneira (menor que 0,78; 0,78 a 1,9 e maior que 1,9 cm) em função do tamanho de partícula (TP), estágio e textura de híbrido utilizados.....	27
Tabela 3. Médias dos parâmetros velocidade (V; km h ⁻¹), consumo horário de combustível (Ch; L h ⁻¹), consumo de combustível por área (Ca; L ha ⁻¹) e consumo de combustível por kg de massa seca produzida (CMS; L kgMS ⁻¹), em função da interação híbrido (dentado e duro)*estádios de colheita (1/2 leitoso, ¼ leitoso, Início maturação e matura fisiológica, 1 a 4 respectivamente)*tamanhos de partículas (TP) onde: F-2; M-7 e G-11 mm.....	28
Tabela 4. Médias dos parâmetros requerimento de potência teórica (PT; KW), potência efetiva (Pe; KW) e rendimento (Re; ha h ⁻¹), em função da interação híbrido (dentado e duro)*estádios de colheita (1/2 Leitoso, ¼ leitoso, Início maturação e matura fisiológica, 1 a 4 respectivamente)*tamanhos de partículas (TP) onde: F-2; M-7 e G-11 mm.....	30
CAPÍTULO 3.....	37
Tabela 1. Percentagem de matéria seca (%), produtividade de massa seca (kg/ha) e percentagem de grãos na matéria seca (%) em função dos híbridos e estádios de colheita utilizados.....	44
Tabela 2. Degradabilidade da matéria seca (%) em função dos estádios de colheita ¼ leitoso, início de camada preta e camada preta.....	45
Tabela 3. Degradabilidade do amido (%) em função do híbrido (dentado e duro) e Processamento (processado ou não processado).....	49

LISTA DE FIGURAS

	Página
CAPÍTULO 3.....	37
Figura 1. Degradabilidade da proteína bruta (DPB) em função da interação processamento e tamanho de partícula (Tp).	46
Figura 2 Degradabilidade da Fibra em Detergente Neutro (DFDN) do híbrido duro em função do estágio de colheita e tamanho de partícula (Tp).....	47
Figura 3. Degradabilidade da Fibra em Detergente Neutro (DFDN) do híbrido dentado não processado em função do tamanho de partícula (Tp).....	48
Figura 4. Degradabilidade do Amido (DEGA) em função do tamanho de partícula (Tp).....	49
Figura 5. Digestibilidade <i>in vitro</i> da Matéria seca (DIVMS) em função da interação do estágio início de maturação fisiológica*tamanho de partícula (Tp).....	51
Figura 6. Digestibilidade <i>in vitro</i> da Matéria seca (DIVMS) em função do processamento*tamanho de partícula (Tp).....	50

CAPÍTULO 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Silagem de milho como volumoso

Principalmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, as variações climáticas acarretam a estacionalidade na produção de forragem durante o período de inverno. Portanto, é necessário produzir durante o verão, alimento de boa qualidade e que possa ser armazenado e conservado para ser fornecido aos animais, com destaque para os ruminantes, visando aumento na eficiência da produção de leite e carne.

Sendo o milho uma planta de ciclo fotossintético C₄, adapta-se muito bem ao clima tropical admitindo alta capacidade de produção de massa seca (Ramos et al., 2002). Por apresentar características desejáveis de uma planta para ensilagem, o milho é a mais popular cultura utilizada. Nesse contexto, Nussio et al. (2001) destacam a adaptabilidade do milho ao clima tropical, alta produtividade, teor adequado de matéria seca (MS), bom valor nutritivo, alto consumo pelos animais, baixo poder tampão e níveis adequados de carboidratos solúveis para a fermentação e sua conseqüente conservação.

Nutricionistas procuram estabelecer novos parâmetros para avaliar a qualidade de forragens a fim de se conseguir incrementos na eficiência do processo de alimentação. A disponibilidade de forragens em quantidade e qualidade é fator determinante para que o animal exponha seu potencial máximo de produção, influenciando diretamente em sua produtividade, potencial reprodutivo e sanitário (Barbosa et al., 2007).

A produtividade de uma lavoura de milho é o resultado do potencial genético das sementes e das condições de plantio (solo, adubação e clima), bem como do manejo da cultura. A cultivar é responsável, em média, por 50% desse rendimento final. Conseqüentemente, a escolha correta das sementes (híbridos ou cultivares, com sua respectiva textura) pode ser a razão do sucesso da cultura (Cruz et al., 2004). Na escolha de um híbrido de milho para produção de silagem almeja-se alta porcentagem de grãos, devendo-se ainda levar em consideração para qualidade dessa silagem, o valor nutritivo da porção haste - folhas e a digestibilidade do material (Nussio et al., 2001), os quais sofrem influência, principalmente pela escolha correta da textura dos materiais utilizados.

Textura das cultivares de milho

Em virtude do grande avanço no melhoramento genético são encontrados hoje no mercado variedades, híbridos duplos, triplos e simples (Cruz e Pereira Filho, 2005). Os mesmos autores ainda ressaltaram que as cultivares se diferenciam em características morfofisiológicas distintas como: arquitetura de planta, sincronismo de florescimento, empalhamento, decumbência, tolerância a estresses hídrico e térmico, tolerância às pragas e ao alumínio tóxico e eficiência no uso de nutrientes, sendo portanto, características que também devem ser consideradas na escolha da cultivar.

Quanto à textura dos híbridos, Cruz et al. (2004) afirmaram que as cultivares de milho podem ser agrupadas de acordo com a textura dos grãos, classificando-se em: dentado (*dent*), grão duro ou cristalino (*flint*) e grãos semiduros ou semidentados os quais apresentam características intermediárias. No mercado são predominantes os grãos semiduros e duros constituindo 93% do volume de grãos comercializados (Cruz e Pereira Filho, 2005).

Em relação às texturas dos grãos de milho, os grânulos de amido dentro das células se apresentam envoltos por uma matriz protéica que possui diferentes localizações no grão. Dessa forma, a matriz protéica acaba tendo distribuição esparsa e fragmentada no endosperma farináceo, sendo na região vítrea, densa e bem desenvolvida. Assim, há um favorecimento para um maior ataque enzimático, o que facilita a degradação do amido (Correa et al., 2002). No entanto, a interação do amido com a proteína pode reduzir sua susceptibilidade à hidrólise enzimática, reduzindo sua digestibilidade (Demarquilly e Andrieu, 1996) e, ainda, proporcionar maior dureza e consequentemente maior dificuldade de trituração ou demandar maior potência nas colhedoras de forragem.

Nesse contexto, a relação amilose:amilopectina é de grande importância na composição do amido. A proporção de amilose no grânulo de amido varia de 14 a 34%, enquanto que a amilopectina representa cerca de 70 a 80% do total de amido presente nos grãos de milho (Kotarski et al., 1992). A proporção de amilose:amilopectina influencia a digestibilidade do amido. Desta forma, fontes de amido com maiores teores de amilopectina, como o grão de milho imaturo, podem apresentar maior digestibilidade (Jobim et al., 2003), sendo o estágio de colheita um fator importante neste aproveitamento.

Estádios de colheita

A linha de leite no grão pode ser um indicador para determinação do seu teor de umidade. Sulc et al. (1996) concluíram que o estágio de linha de leite do grão e o teor de MS na planta inteira se correlacionam positivamente. Porém, a determinação do momento mais indicado para colheita por meio do estágio da linha de leite pode induzir a erros sob condições de veranico, déficit hídrico, presença de *stay green* e características das cultivares.

Inúmeros critérios devem ser adotados em relação à determinação do ponto ideal de colheita, com o intuito de atingir o equilíbrio entre produção de massa seca por hectare e o valor nutritivo da forragem sendo este ponto ótimo tanto quanto discordantes, em função dos diferentes objetivos a serem almejados. Nussio et al. (2001) relatou que o ponto ideal de matéria seca para colheita estaria em torno de 33 a 37%, enquanto Cruz (1998) afirmou que seria entre 28 a 33% e Bal (1997) observou melhor desempenho em vacas alimentadas com silagens colhidas com 2/3 de linha de leite no grão. Esta dispersão pode trazer diferenças inerentes à textura dos híbridos e práticas agrícolas.

A recomendação do momento ideal para colheita sempre sugeriu estádios fisiológicos mais avançados. Considerando a composição bromatológica da planta de milho, Lavezzo et al. (1997) relataram razoável flexibilidade quanto à escolha do momento de corte. Factori et al. (2008) observaram maiores benefícios em silagens com estádios mais avançados desde que estas sejam adequadas para o processo de ensilagem.

O teor de MS constitui um dos fatores mais importantes a ser considerado na avaliação da qualidade das silagens. As perdas de nutrientes por efluente são maiores à medida que a forragem ensilada apresenta alto teor de umidade (Waldo, 1976). Resultados de pesquisas sugerem redução de 1% no consumo pelo animal para cada redução percentual unitária no teor de MS das silagens (Demarquilly e Dulphy, 1977).

O enchimento do grão e a perda de digestibilidade dos componentes da haste são eventos concomitantes. A recomendação do momento ideal para colheita sempre sugeriu estádios fisiológicos mais avançados, onde fosse possível conciliar maior acúmulo líquido de biomassa, tanto de grãos como da planta toda. Blaser (1969) ressaltou que o aumento da maturidade e do teor de MS foram determinantes para uma maior proporção de espigas na planta, sem, no entanto, causar alteração na concentração de NDT.

Para híbridos de texturas diferentes, em um mesmo estágio de colheita, verificam-se desempenhos produtivos distintos. Michalet Doreau e Phillipeau (1998); citados por Johnson (1999) observaram que no mesmo ponto de maturação, as cultivares de grãos dentados apresentaram maior degradabilidade do que as cultivares de grão duro. A perda de digestibilidade por atraso na colheita é menor nos híbridos macios (permitindo maior intervalo de colheita). Híbridos de textura dura admitem menor erro quanto ao ponto de ensilagem (colheitas tardias) sendo o ponto máximo aconselhado, a metade da linha do leite do grão (30 a 33% MS).

Segundo Moraes et al. (2008) em termos qualitativos o híbrido de textura dentada é superior ao híbrido de textura dura nos estádios de $\frac{1}{2}$ leitoso e $\frac{1}{4}$ leitoso quando comparado ao estágio de maturação fisiológica com relação a digestibilidade e proteína bruta.

Tamanho de partícula da silagem

A silagem, quando adequadamente compactada favorece e acelera a fermentação anaeróbia no interior do silo. No entanto, este processo requer alguns cuidados quando o objetivo é a redução de perdas e garantia de uma silagem de qualidade, a exemplo do tamanho de partícula do material colhido, o qual deve ser picado em partículas de 2 e 2,5 cm antes de seu transporte para o silo (Tomich et al., 2003), garantindo a anaerobiose.

A picagem facilita a acomodação do material dentro do silo, além de expor os carboidratos solúveis e facilitar a ação dos microorganismos fermentadores. Tamanhos de partículas menores, principalmente abaixo de 0,5 cm, prejudicam a ruminação, reduzem o consumo voluntário de silagens e a digestão das fibras. Segundo Passini et al. (2004) o tamanho de partícula influencia os padrões de fermentação ruminal, produção microbiana e eficiência da utilização do amido e de outros nutrientes no rúmen.

Portanto, o tamanho de partículas da silagem assume papel importante no controle do consumo e posterior desempenho animal. Para isso, torna-se necessário o ajuste de máquinas que façam a colheita adequada da forragem, pois o sucesso da ensilagem é dependente dessa etapa.

A exemplo, Garbuio et al. (2006) avaliando o efeito da colhedora de Forragem JF 92 Z10 regulada para proporcionar cinco tamanhos de partículas sobre 10 híbridos de milho com texturas duras a dentadas, concluíram que para um mesmo tamanho de

fragmento da ensilagem, são necessárias diferentes regulagens da colhedora de forragens conforme o híbrido escolhido em virtude de sua textura.

Cabe ressaltar que a colhedora não somente colhe a planta, como também promove a picagem da planta em tamanho satisfatório para ocorrência de uma fermentação de qualidade e, posterior aceitabilidade pelos animais mas, para isso, essa etapa do processo requer energia.

Consumo de energia na colheita

A eficiência dos sistemas de conservação de forragens não deve ser avaliada somente pelo valor nutritivo do produto final, mas também pelos custos por kg de massa seca produzida. Segundo Green et al. (1985) a elevação dos custos de produção e a queda dos preços dos produtos agrícolas no mercado têm incentivado os produtores a buscar mecanismos eficientes com baixos custos de produção, dentre eles, o uso de máquinas.

Normalmente, a condução da lavoura (preparo de solo a colheita) de milho é a mais onerosa, correspondendo a 60 – 65% do custo total de produção, estando a ensilagem na faixa de 35 a 40%. Estes valores dependem de vários fatores, com destaque para o tipo e eficiência das máquinas e equipamentos. O custo de produção está diretamente relacionado à produtividade da cultura, sendo esse um dos itens mais importantes na escolha da cultivar (Miranda et al., 2008).

As perdas físicas intrínsecas ao processo de ensilagem, a exemplo da perda de forragem no campo durante a colheita tornam-se significativas quando em estádios de colheita mais avançados. Assim, a ensilagem deve ser feita de forma a proporcionar baixos custos de produção para que seja viável sua utilização, aliando-se o processamento deste material a estádios de colheita que proporcionem menor custo e maior viabilidade por kg de massa seca produzida.

Segundo Silva (1997), a maximização do uso do trator agrícola e seus implementos tornam-se fundamental na redução de custos de produção para aumentar a eficiência do combustível de modo que produza máxima quantidade de trabalho por unidade consumida. Segundo Mialhe (1996), os tratores agrícolas têm seu desempenho avaliado pela potência na TDP (Tomada de Potência) e pelo consumo de combustível, dentre outros.

Estudos conduzidos por Seki (2007) com o objetivo de quantificar a demanda energética no processo de ensilagem de milho indicaram baixo consumo horário de

combustível ($7,40 \text{ L h}^{-1}$) e alto consumo de combustível por área ($34,2 \text{ L ha}^{-1}$), devido à baixa capacidade operacional do equipamento. A velocidade de deslocamento do conjunto trator-equipamento foi reduzida devido ao grande volume do material a ser processado, visto que, o aumento da velocidade de deslocamento, proporciona o aumento das perdas por tombamento de plantas e do tamanho das partículas da forragem processada.

De acordo com a energia gasta para redução da partícula na colheita, essa é decorrente do grau de dureza, da película de cada produto e das características de moagem de qualquer grão triturado (Conceição, 1984; citado por Seki, 2007). Factori et al. (2008) trabalhando com moagem de grãos de milho de textura dentada e dura concluíram que em granulometria de menor Diâmetro Geométrico Médio (DGM) de 570 μm deve-se dar preferência por grãos de milho de textura dentada devido ao menor consumo de energia elétrica (13%) em comparação com os grãos de milho de textura dura.

Para tanto, pesquisas que abordem o consumo de combustível na colheita de diferentes híbridos, estádios e tamanhos de partículas, podem inferir novos conceitos, sobretudo na escolha do melhor momento que vise eficiência no campo até o produto final, seja ele carne, leite ou outro, diminuindo os custos dos sistemas de produção.

Processamento, digestibilidade e degradabilidade

O que se espera de uma cultivar de milho para silagem, é que os grãos estejam úmidos e macios no momento do corte. Caletine et al. (2001) concluíram que o híbrido de textura dura no estágio de maturação fisiológica, diminui consideravelmente seu aproveitamento sendo que nos estádios dentado inicial e metade da linha do leite as degradações foram semelhantes. Pereira et al. (2004) avaliando os efeitos da textura e do estágio de maturidade sobre a degradabilidade ruminal de grãos de milho concluíram que o efeito da textura sobre a degradabilidade foi acentuado no estágio de maturação fisiológica.

Entretanto, o processamento da forragem a ser ensilada visa melhorar a qualidade do material por meio do tratamento mecânico do grão ou da porção vegetativa. O tratamento mecânico pode ser realizado principalmente pelo esmagamento dos grãos ou cortes para diminuir a fração vegetativa da planta. Segundo Passini et al. (2004) o tamanho de partícula influencia os padrões de

fermentação ruminal, produção microbiana e eficiência da utilização do amido e outros nutrientes no rúmen.

O uso de quebradores de grãos nas colhedoras de forragem promove maior aproveitamento e digestibilidade dos grãos com redução na digestibilidade da MS (Zobell et al., 2004), devido à redução do tamanho de partícula, o que indiretamente compromete ou prejudica a ruminação. Existem ainda, em algumas colhedoras automotrizes e, principalmente em máquinas no continente europeu, quites adicionados a estas máquinas que permitem o esmagamento dos grãos de milho com intuito de romper a película que reveste o grão, aumentando seu aproveitamento, sem alterar o tamanho de partícula da forragem (Vita, 2008).

O processamento físico se constitui em estratégia importante para colheita de plantas com avançado estágio de maturação. O benefício do processamento dos grãos da planta de milho com teor de MS inferior a 35% é mais difícil de prever. O ganho em maior digestibilidade do amido não é tão pronunciado nestes teores de MS, devido à maior porção leitosa do grão (Bal e Shaver, 1997). Por essa razão, aumentos significativos na produção de leite são esperados quando vacas que recebem silagens processadas onde os grãos apresentam mais da sua metade endurecida. Johnson et al. (1999) indicaram que o processamento de plantas em avançado estágio de maturação, garantiu maior benefício para a fração grãos.

Dhiman et al. (2000) analisando a influência do processamento mecânico (1 mm de tamanho de partícula) na produção de leite de vacas holandesas concluíram que em estágio mais avançados (40% MS) o processamento foi mais efetivo. O processamento expõe os grãos aos ataques de microorganismos ruminais implicando no maior aporte de carboidratos. Os mesmos autores encontraram valores inferiores para a digestibilidade da MS e proteína bruta (PB) em estádios de $\frac{1}{4}$ e $\frac{3}{4}$ da linha do leite do grão, por volta de 30% de MS. Johnson et al. (1999) também verificaram que o processamento aumentou a degradação ruminal com os tratamentos processados em avançados estádios de maturação. Desta forma, a massa ensilada conterá maior proporção de grãos quebrados, melhorando a utilização pelos animais, sendo esta a principal finalidade do processador, quebrar ou esmagar os grãos de milho.

A qualidade de uma forragem pode ser expressa, segundo Orskov (1986), pela extensão da digestão potencial, taxas de fermentação e redução do tamanho da partícula. A técnica da degradabilidade *in situ* tem sido usada para medir o desaparecimento dos constituintes do alimento contido em sacos de náilon (Mehrez e Orskov, 1977). Após incubação desses sacos na cavidade ruminal, por vários períodos

de tempo, obtém-se, por diferença de peso, o desaparecimento de parte da amostra, sendo este como sinônimo de degradação (Castillo Arias, 1992). A técnica do saco de náilon ou da degradabilidade *in situ* permite o contato íntimo do alimento com o ambiente ruminal, sendo a melhor forma de simulação deste meio, embora o alimento não esteja sujeito a todos os eventos digestivos, como a mastigação, a ruminação e a taxa de passagem (Van Soest, 1994).

Corrêa (2001) avaliando a degradabilidade efetiva da MS observou que, grãos de milho que possuíam maior vitreosidade, ou de textura mais duras, apresentaram menor degradabilidade efetiva no rúmen.

Factori (2008) trabalhando com dois cultivares de milho de textura dentada e dura, verificaram que em estádios mais avançados de colheita, o uso do processamento da planta inteira de milho após a trituração, promoveu aumentos expressivos na degradabilidade ruminal, alcançando até 30 % na degradabilidade da MS, 14 % para amido e 12 % para proteína, mesmo utilizando o híbrido de textura dura no estágio de início de maturação fisiológica, comumente não recomendado segundo a literatura para ser fornecido para os animais em função do seu menor aproveitamento.

Lopes et al. (2004), observaram pela técnica de degradabilidade, valores menores para a silagem com milho de textura dura com degradabilidade efetiva da MS de 52, 46 e 41%, respectivamente para as taxas de passagens de 3, 5 e 8% h⁻¹, respectivamente. A cultivar de milho dentado (AG-1051) apresentou maior degradabilidade efetiva da MS na taxa de passagem de 8% e menor valor para o híbrido de textura dura (SHS-4040).

Em relação aos tratamentos com materiais que se utilizam de processamentos sobre a forragem, a utilização de uma técnica que vise manter este efeito sobre o material a ser incubado torna-se fundamental para verificar o quanto de benefício foi ganho. Assim, os pesquisadores têm demonstrado preocupação quanto aos efeitos dos procedimentos prévios realizados sobre as amostras dos alimentos. Huntington e Givens (1995) recomendaram não proceder a prévia secagem das amostras de forragens e silagens sendo, portanto, inseridas nos sacos de náilon *in natura*. A pré-secagem, procedimento obrigatório para obtenção de amostras secas e moídas, quando se utiliza de alimentos úmidos, aumenta os riscos de perdas de compostos solúveis nesses materiais.

Andrae et al. (2001), estudando a ingestão e digestibilidade com novilhos sobre o processamento (moagem fina) e estádios de colheita de híbridos de milho para

silagem utilizaram-se da técnica *in situ macro bag* (amostras *in natura*) e verificaram que o processamento aumentou a digestibilidade total do alimento encontrando menor digestibilidade da fibra, em virtude da diminuição da sua efetividade.

Portanto, o efeito das texturas de grãos, tamanhos de partículas, estádios de colheita no consumo de combustível e aproveitamento do material aliado ao processamento na ensilagem de milho pode tornar-se uma ferramenta promissora no aproveitamento deste material, sobretudo na melhoria da eficiência dos diversos sistemas de produção animal.

Para tanto, o CAPÍTULO 2, intitulado “Demanda energética na colheita de híbridos de milho para silagem em função do estágio de maturidade e tamanho de partícula” redigido conforme as normas exigidas pela Revista “Engenharia Agrícola - Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering” teve como objetivo avaliar o consumo de energia na colheita de híbridos de milho para ensilagem em função de duas texturas (dentada e dura), quatro estádios de colheita (1/2 leitoso, 1/4 leitoso, início de maturação fisiológica e maturação fisiológica) e três tamanhos de partículas (fino, médio e grosso).

Ainda, no CAPÍTULO 3, intitulado “Degradabilidade e digestibilidade de Híbridos de milho em função do estágio de colheita, tamanho de partícula e processamento por meio do esmagamento na ensilagem” redigido conforme as normas exigidas pela “Revista Brasileira de Zootecnia” teve como objetivo avaliar a degradabilidade da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e amido e a Digestibilidade *in vitro* da MS da silagem de híbridos de milho para ensilagem em função de duas texturas (dentada e dura), três estádios de colheita (1/4 leitoso, início de maturação fisiológica e maturação fisiológica), três tamanhos de partículas (fino, médio e grosso) e processamento por meio do esmagamento.

Referências

- ANDRAE, J.G.; HUNT, C.W.; PRITCHARD, G.T.; KENNINGTON, L.R.; HARRISON, J.H. Effect of hybrid, maturity, and mechanical processing of corn silage on intake and digestibility by beef cattle. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 79, p. 2268–2275, 2001.
- BAL, N.; SHAVER, R. Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion and milk production. **Journal of Dairy Science**. v.80, p. 2497-2503, 1997.
- BARBOSA, R.A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V.P.B.; SILVA, S.C. da; ZIMMER, A.H.; TORRES JÚNIOR, R.A.A. Capim–tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.329–340, 2007.
- BLASER, R. Corn silage, a high energy forage. **Forage Animal Management Systems**. Virginia Polytechnic Institute, p. 53-57, 1969.
- CALESTINE, G.A.; PEREIRA, M.N.; BRUNO, R.G.S.; VON PINHO, R.G.; CORREA, C.E.S. Effect of corn grain texture and maturity on ruminal in situ degradation. **Journal of Dairy Science**, v.84, p.419, 2001. Supplement 1.
- CASTILLO ARIAS A.M. **Avaliação da degradabilidade ruminal e da digestibilidade intestinal de vários alimentos, utilizando-se a técnica do saco de náilon móvel**. Dissertação de Mestrado em Zootecnia. Viçosa: UFV, 1992. 108p.
- CORRÊA C.E.S. **Silagem de milho ou cana-de-açúcar e o efeito da textura do grão de milho no desempenho de vacas holandesas**. 2001. 102f. Tese Doutorado - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.
- CORREA, C.E.S.; SHAVER, R.D.; PEREIRA, M.N.; LAUER, J.G.; KOHN, K. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**, v.85, n.11, p.3008-3012, 2002.

CRUZ, J. C. Cultivares de milho para silagem. Encontro Nacional dos Estudantes de Zootecnia. **Anais...** Viçosa, 1998.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I.A. Cultivares de milho disponíveis no mercado de sementes do Brasil para a safra 2005/2006. 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/> > **Acesso** em: 04/maio/2006.

CRUZ J.C.; CORRÊA L.A.; PEREIRA FILHO I.A.; PEREIRA F.T.F.; GUISCHEM J.M.; VERSIANI R.P. **Cultivares de Milho disponíveis no mercado de sementes do Brasil para a safra 2004/05**, ISSN 0102-0099 Dezembro, 2004 Sete Lagoas, MG.

DEMARQUILLY, C.; ANDRIEU, J. Quelques rappels sur les mesures effectuées pour connaître la valeur nutritive des ensilages de maïs. **In: Colloque maïs ensilage**, 1996. Nantes-France, p. 23 - 33, Nantes, 1996.

DEMARQUILLY, C.; DULPHY, J. P. Effect of ensiling on feed intake and animal performance. **Proceedings** International Meeting on Animal Production from Temperate. Grasslands. Dublin, p.53-61, 1977.

DHIMAN, T. R.; BAL, M. A.; WU, Z.; MOREIRA, V. R.; SHAVER, R. D.; SATTER, L. D.; SHINNERS, K. J.; WALGENBACH, R. P Influence of Mechanical Processing on Utilization of Corn Silage by Lactating Dairy Cows 2000. **Journal of Dairy Science** 83:2521–2528.

FACTORI, M.A. **Degradabilidade ruminal de híbridos de milho em função do estágio de colheita e processamento na ensilagem** 2008. 40 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2008.

FACTORI, M.A.; COSTA, C.; BIAGGIONI, M.A.M.; SALEH, M.A.D. Avaliação do consumo de energia elétrica em duas granulometrias de moagem de grãos de milho de textura dentada e dura. **Boletim da Indústria Animal**, N. Odessa, v.65, n.2, p.83-88, abr./jun. 2008.

GARBUIO, P. W.; WEIRICH NETO, P.H.; DELALIBERA, H. C.; SOUZA, N.M.; LOPES, A. R. C.; PEREIRA, J. R. A. Processamento de plantas inteiras de híbridos de milho (zea mays) para silagem XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola **Anais...** CD ROM 31 de julho a 04 de agosto de 2006 - João Pessoa – PB.

GREEN, M. K.; STOUT, B. A.; SEARCY, S. W. Instrumentation package for monitoring tractor performance. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.28, n.2, p.346, 1985.

HUNTINGTON, J.A.; GIVENS, D.I. The in situ technique for studying the rumen degradation of feeds: a review of the procedure. **Nutricional Abstracts and Reviews**. Series B, Wallingford, v. 65, n. 2, p. 63-93, 1995.

JOBIM, C.C.; BRANCO, A.B.; SANTOS, G.T. Silagem de grãos úmidos na Alimentação de bovinos leiteiros. In: V Simpósio Goiano sobre Manejo e Nutrição de Bovinos de Corte e Leite. **Anais...** Goiânia – Goiás, maio 2003. p. 357-376.

JOHNSON L. HARRISON, J. H.; HUNT, C.; SHINNERS, K., DOGGETT, C. G.; SAPIENZA. D. Nutritive value of corn silage as affected by maturity and Mechanical process. A contemporary review. **Journal of Dairy Science**, v.82, p. 2813-2825, 1999.

KOTARSKI, S.F., WANISHA, R.D., THUR, K.K. Starch hydrolysis by ruminal microflora. **Journal of Nutrition**, 122:178-190, 1992.

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

LOPES, F.C.F.; CARNEIRO, J.C.; NOVAES L.P.; VIANA, A.C.; POSSAS, F.P.; OLIVEIRA, J.S.; GONÇALVES, L.C. Avaliação da degradabilidade ruminal in situ da matéria seca de silagens de milho (zea mays, l.) com diferentes graus de vitreosidade e com perfil de aminoácidos modificado In: **Congresso Brasileiro de Milho e Sorgo**, 2004, Campo Grande - MS.

ORSKOV, E.R. Evaluation of fibrous diets for ruminants. In: International seminar on feedig evaluation modern aspects problems-future trends, 1, 1985, Aberdeen.

Proceedings... Rowett. Research Institute, 1986. p. 38-41.

PASSINI, R.; BORGATTI, L.M.O.; FERREIRA, F.A.; RODRIGUES, P.H.M.

Degradabilidade no rúmen bovino de grãos de milho processados de diferentes formas

Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.39, n.3, p.271-276, mar. 2004.

PEREIRA, M.N.; PINHO, R.G.V.; BRUNO, R.G.S.; CALESTINE, G.A. Ruminal

degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. **Scientia.**

Agricola. v.61, n.4, p.358-363, July/August 2004.

McCULLOUGH, M. E. **Silage Research at Georgia Station**. University of Georgia, 46p., 1968.

MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R. A study of the artificial fiber bag technique for

determining the digestibility of feeds in the rumen. **Journal of Agricultural Science**,

Tokyo, v.88, n.3, p.645-650, June 1977.

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas ensaios e certificação**. Piracicaba, FEALQ,

1996. 722p.

MIRANDA, J.E.C.; RESENDE, H; VALENTE; J.O. SILAGEM DE MILHO. Artigo técnico

<http://www.cnpqi.embrapa.br/nova/sala/artigos/artigolinha.php?id=40>, **Acesso**

23/08/2008.

MORAES, G.J.; COSTA, C.; MEIRELLES, P.R.L.; OLIVEIRA, K. ; FACTORI, M.A.;

ROSALES, L.A.; SANTOS, T.A.B. Produtividade e valor nutritivo das plantas de milho

de textura dentada ou dura em três estádios de colheita para silagem. **Boletim de**

Indústria Animal., N. Odessa,v.65, n.2, p.155-166, abr./jun., 2008

NUSSIO, L. G. Cultura de milho para produção de silagem de alto valor alimentício. IV

Simpósio sobre nutrição de bovinos. **Anais...** Piracicaba, 1991.

NUSSIO, L.G.; SIMAS, J.M.C. ; LIMA, M. M. . Determinação do ponto de maturidade do milho para silagem. In: Luiz Gustavo Nussio; Maity Zopollato; José Carlos de Moura. (Org.). **Anais...** 2º Workshop sobre milho para silagem.1 ed. Piracicaba-SP: FEALQ, 2001, v. 1, p. 11-26.

RAMOS, A. P., HERNANDEZ, G. N., CASTAÑEDA, F. G. 2002. Potencial Forrajero de Poblaciones e maíz y relación entre atributos agronómicos con la calidad. **Técnica Pecuaria en Mexico**. 40 (3):215-228.

SEKI, A.S. **Demanda energética no processo de ensilagem de milho**, Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 101 f. Botucatu, 2007.

SILVA, S. L. **Projeto e construção de um sistema de aquisição de dados para avaliação do desempenho energético de máquinas e implementos agrícolas**. Botucatu, 1997. 148 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

SULC, R. M.; THOMISON, P. R.; WEISS, W. P. Reliability of the Kernel milkline method for timing corn silage harvest in Ohio. **Journal of Production Agriculture** Ohio, Columbus, v. 9, n. 3, p. 376-381, 1996.

TOMICH, T.; PEREIRA, L. G. R.; GONÇALVES, L. C. et al. Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação. Corumbá: **Embrapa Pantanal**, 2003. 20 p. (Embrapa Pantanal. Documentos, 57).

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

VITA, G. Silagem sob encomenda. Máquinas e Equipamentos, Revista DBO; Abril, 2008. Disponível em: <http://www.mundodoleite.com.br/revistadbo/pdf/mat_2349.pdf>
Acesso. 10/maio/2008.

WALDO, D. R. Potential of chemical preservation and improvement of forages. **Journal of Dairy Science.**, v. 60, p.306-26, 1976.

ZOBELL, D.R.; OLSON, K.C.; WIEDMEIER, R.D. Processed Corn Silage Effects on Digestibility and Production of Growing Beef Replacement Heifers Department of Animal, Dairy and Veterinary Sciences, **AG/2004/Beef-03**, Fev. 2004.

CAPÍTULO 2

DEMANDA ENERGÉTICA NA COLHEITA DE HÍBRIDOS DE MILHO PARA SILAGEM EM FUNÇÃO DO ESTÁDIO DE MATURIDADE E TAMANHO DE PARTÍCULA

RESUMO

O milho é a cultura mais utilizada para confecção de silagem nos sistemas de produção de ruminantes. Para tanto, são encontrados no mercado, cultivares que se diferem em características morfofisiológicas. A eficiência do processo não deve ser avaliada somente pelo valor nutritivo do produto final, mas também pelos custos por kg de massa seca colhida. O objetivo deste trabalho foi avaliar o consumo de energia na colheita de híbridos de milho para ensilagem em função da textura do híbrido (dentada e dura), quatro maturidades de colheita (1/2 leitoso, 1/4 leitoso, início de maturação fisiológica e maturação fisiológica) e três tamanhos de partículas - Tp (2, 7 e 11mm). Foi utilizado no experimento um trator da marca Massey Ferguson, modelo MF 610 de 86 cv. Para colheita e corte da forragem, utilizou-se colhedora de forragem, marca JF Máquinas, modelo JF92 Z10. Para obtenção dos dados de consumo de combustível (Cc) e tempo gasto para cada parcela utilizou-se um fluxômetro, instalado próximo ao filtro de combustível do trator. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas. Para os parâmetros avaliados, foi verificada interação tripla entre os fatores híbrido*estádio de colheita*Tp. A velocidade e deslocamento do trator foram diferentes para as maturidades somente para o híbrido de textura dura. O Cc por hora para o híbrido dentado aumentou em maturidades mais precoces de colheita e em menores Tp. O consumo por kg de massa seca produzida foi menor em maturidades mais tardias, textura dentada e dura respectivamente em função da maior produção de massa. A potência teórica foi maior em maturidades mais precoces (textura dentada e dura respectivamente) e para o fator rendimento, foram observados maiores rendimentos para o híbrido de textura dura nas mais avançadas. Pode-se concluir que o consumo de combustível foi menor em maturidades de colheita tardias e o híbrido de textura dura pode ser utilizado para silagem no que tange ao Cc e rendimento em maturidades mais tardias, sendo preferencialmente processados em maiores Tp.

PALAVRAS-CHAVE: colhedora, eficiência, ensilagem, textura dentada, textura dura

ENERGY DEMAND IN THE HARVEST OF CORN HYBRIDS FOR SILAGE AS A FUNCTION OF MATURITY STAGES AND PARTICLE SIZE

ABSTRACT

Corn is the crop most used for making silage in ruminant production systems. For both, are found in the market, cultivars that differ in morpho-physiological characteristics. The efficiency of the process should not be assessed only by the nutritional value of the final product, but also by cost per kg of dry matter harvested. The objective of this study was to evaluate energy consumption in the harvest of corn hybrids for silage due to the texture of the hybrid (and bite hard) and four harvest maturities (1 / 2 milky, 1 / 4 milky beginning of physiological maturity and physiological maturity) and three sizes of particles - Tp (2, 7 and 11mm). Was used in the experiment of a Massey Ferguson tractor, model 610 MF 86 hp. Harvesting and cutting the grass, we used forage harvester, JF Machines brand, model Z10 JF92. To obtain data on fuel consumption (CC) and time spent for each plot, we used a flow meter, installed near the fuel filter of the tractor. The experimental design was completely randomized in a split-plot. All the variables, there was triple interaction between factors harvesting stage hybrid * maturity stages * Tp. The velocity and displacement of the tractor for the different maturities were only for the hybrid hard texture. Cc per hour for the hybrid toothed increased harvest maturity earlier and at lower Tp. Consumption per kg of dry matter produced was lower in later maturities, texture and bite hard respectively due to the greater mass production. The theoretical power was higher in the earliest maturity (hard bite and texture, respectively) and factor income, higher yields were observed for hybrid hard texture in the most advanced. It can be concluded that fuel consumption was lower in late crop maturity and the hybrid hard texture can be used for silage in relation to the Cc and income in later maturities, preferably processed at higher Tp.

KEYWORDS: dent texture, efficiency, hard texture, harvester, silage

INTRODUÇÃO

Por apresentar características desejáveis de uma planta para ensilagem, o milho é a cultura mais utilizada nos sistemas de produção de ruminantes, seja de corte ou leite. Para tanto, são encontrados no mercado, materiais que se diferem em características morfofisiológicas para atender os diversos objetivos propostos, seja para a produção de grãos ou para silagem. Segundo CRUZ et al. (2004), as cultivares de milho podem ser agrupadas de acordo com a textura dos grãos, classificando-se em: dentadas, duras, semiduras ou semidentadas, sendo as de textura dentada, semidentada ou semidura indicadas para a confecção de silagem.

Em relação ao estágio de colheita, o enchimento do grão e a diminuição do valor nutritivo da planta são eventos concomitantes (FACTORI et al. 2008). No processo de ensilagem, a colheita mecanizada das plantas de milho consome a maior parte do combustível (SEKI, 2007). Assim, a eficiência dos sistemas de conservação de forragens não deve ser avaliada somente pelo valor nutritivo do produto final, mas também pelos custos por kg de massa seca (MS) produzida. GREEN et al. (1985) já concluíram que a elevação dos custos de produção e a queda dos preços dos produtos agrícolas no mercado têm incentivado os produtores a buscar mecanismos eficientes com baixos custos de produção, dentre eles, o uso de máquinas.

Normalmente, a fase de preparo de solo, plantio e condução da lavoura do milho é a mais onerosa, correspondendo a 60 – 65% do custo total de produção, estando a ensilagem na faixa de 35 a 40%. Estes valores dependem de vários fatores, com destaque para o tipo e eficiência das máquinas e equipamentos. O custo de produção está diretamente relacionado à produtividade da cultura, sendo esse um dos itens mais importantes na escolha da cultivar (MIRANDA et al., 2008).

Segundo SILVA (1997), a maximização do uso do trator agrícola e seus implementos, tornam-se fundamental como um dos fatores importantes na redução de custos de produção para aumentar a eficiência do uso do combustível de modo que produza máxima quantidade de trabalho por unidade consumida. Segundo MIALHE (1996), os tratores agrícolas têm seu desempenho avaliado pela potência na TDP e pelo consumo de combustível.

Estudos conduzidos por SEKI (2007) com o objetivo de quantificar a demanda energética no processo de ensilagem de milho indicaram baixo consumo horário de combustível ($7,40 \text{ L h}^{-1}$) e alto consumo de combustível por área ($34,2 \text{ L ha}^{-1}$), devido à baixa capacidade operacional do equipamento.

A energia gasta para redução da partícula na colheita, dependerá do grau de dureza, da película de cada produto e das características de moagem de qualquer grão (CONCEIÇÃO, 1984). Ainda, segundo FACTORI et al. (2008) deve-se dar preferência aos grãos de milho de textura dentada devido ao menor consumo de energia na moagem em comparação com os grãos de milho de textura dura.

Para tanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o consumo de energia na colheita de híbridos de milho para ensilagem em função de duas texturas (dentada e dura), quatro estádios de colheita (1/2 leitoso, 1/4 leitoso, início de maturação fisiológica e maturação fisiológica) e três tamanhos de partículas (fino, médio e grosso, 2; 7 e 11 mm respectivamente).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Unesp - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - Botucatu/SP, em área experimental da Fazenda Lageado. Os híbridos utilizados foram o híbrido Agrocerees (AG 4051 - textura dentada) e Dow Agrosiences DOW 2B 710 (textura dura) cultivados sob sistema convencional, com espaçamento entre linhas de 0,85 m e 6,2 sementes por metro da cultura, totalizando 73.000 plantas por hectare, com área útil de 1 hectare para cada híbrido, e plantio em nível em área com declividade menor que 5 %. Os tratamentos consistiram em dois híbridos de milho, dentado e duro, colhidos em quatro maturidades (1, para 1/2 leitoso; 2, para o 1/4 leitoso; 3, para início de maturação fisiológica e 4, para a maturação fisiológica) e três tamanhos de partículas (2, 7 e 11mm), segundo especificações da máquina colhedora de forragem utilizada, denominando-se fino, médio e grosso, respectivamente.

Para determinação da produtividade foram feitas quatro amostragens das plantas a 0,2 m de altura do solo em 1,20 m de linha correspondendo a 1 m² (1,20 x 0,85 m) para cada híbrido e estádios de colheita utilizados. A produtividade de grãos na MS foi mensurada com a separação manual de grãos de quatro amostras por híbrido a cada estádio, antes do processo de picagem, mensurando assim, após a secagem do material em estufa, a percentagem de grãos na MS.

Para corte da forragem e instalação dos equipamentos e obtenção dos dados de consumo de combustível foi utilizado um trator da marca Massey Ferguson, modelo MF 610, tração dianteira auxiliar (4x2 TDA) de 86 cv no motor com rotação da TDP de 540 rpm a constantes 1900 rpm para todos os tratamentos, para que fosse permitido verificar diferenças quanto a velocidade, consumo de combustível e rendimentos em

geral. O trator possuía dois lastros traseiros de 50 kg em cada roda e 8 lastros dianteiros de 35 kg.

Na colheita e corte da forragem, utilizou-se colhedora de forragem, marca JF Máquinas, modelo JF92 Z10, provida de 10 facas e granulometria ajustada para 2, 7 e 11 mm de acordo com o manual da máquina para os respectivos tratamentos. O sistema de recolhimento da forragem da colhedora é por meio de rolos e para armazenagem do material, utilizou-se uma carreta de 1 eixo (Triton) acoplada à barra de tração, com capacidade de 4 toneladas.

Para medidas do consumo de combustível consideraram-se na área, linhas de colheita de 60 metros, as quais para a coleta de dados, foram acionadas mediante balizamento no início e no final de cada parcela medida na área (5 metros de estabilização e 10 metros de coleta, com quatro repetições, com total de 60 metros). Foram utilizadas a cada estádio de colheita, três parcelas de 60 metros para cada híbrido (três tamanhos de partículas). Foram descontadas três linhas de plantio (bordadura) a cada início de coleta para cada estádio.

Para medidas do consumo de combustível em função da granulometrias, foram utilizadas as especificações da colhedora de forragem utilizada com granulometrias ajustadas para 2, 7 e 11 mm. A cada corte das parcelas, efetuaram-se as trocas das engrenagens recomendadas, para que assim, fossem lidos os valores respectivos para cada parcela, de acordo com o híbrido e granulometrias usadas para cada estádio de colheita.

A obtenção dos dados de consumo de combustível e tempo gasto para cada parcela foi realizada utilizando-se um fluxômetro marca “Flowmate oval”, modelo Oval M-III, com precisão de 0,01 mL instalado próximo ao filtro de combustível do trator, registrando uma unidade de pulso a cada mL de combustível que passa pelo mesmo calculando-se assim, a quantidade de pulsos e o tempo gasto para percorrer a parcela, o qual foi registrado em um painel com instrumentos eletrônicos indicadores (micrologger 21X, marca Campbell Scientific). Cabe ressaltar que para a coleta dos dados foi utilizada a mesma equipe para que não ocorressem erros quantos a padronização da técnica em virtude do recurso humano utilizado.

Para cálculo de velocidade de deslocamento na parcela, consumo horário de combustível, consumo de combustível por área trabalhada e consumo por kg de MS processada foram utilizadas as seguintes fórmulas:

Velocidade de deslocamento

$$V = \frac{D_p}{T_p} * 3,6 \quad \text{em que:}$$

V= Velocidade de deslocamento em km/h;

D_p= distância percorrida em metros = 10;

T_p= tempo gasto por parcela em segundos;

3,6= fator correção.

Consumo horário de combustível

$$Ch = 3,6 * \frac{Cc}{T_p} \quad \text{em que:}$$

Ch= Consumo horário de combustível: L h⁻¹;

3,6= fator correção;

C_c= consumo de combustível por parcela em litros;

T_p= tempo gasto por parcela em segundos.

Consumo de combustível por área trabalhada

$$Cha = Ch * \frac{T}{ha} \quad \text{em que:}$$

Cha= Consumo de combustível por área trabalhada em L ha⁻¹;

Ch= Consumo horário em L h⁻¹;

3,6= fator correção;

T/ha= tempo gasto por hectare.

Consumo por massa seca útil processada

$$CMS = Cha * \frac{kgMS}{ha} \quad \text{em que:}$$

CMS= Consumo por massa seca útil processada em L kgMS⁻¹;

Cha= Consumo de combustível/hectare em L ha⁻¹;

kgMS/ha= kg de massa seca útil colhida por hectare em kg.

Para determinação da potência teórica pelo combustível (KW), potência efetiva (KW) e o rendimento (ha h^{-1}), considerando a potência teórica como a resultante da transformação total da energia interna do combustível em trabalho mecânico, foram determinadas por meio das equações:

Potência Teórica

$$P_t = \frac{(Ch * 0,852 * P_c * eq)}{3600 * 75 * 1,36} \quad \text{em que:}$$

P_t = potência teórica (KW);

Ch = consumo horário de combustível (L h^{-1});

0,852 = massa específica do combustível (kg L^{-1}) (MIALHE, 1980);

P_c = 10110 - poder calorífico do combustível (kcal kg^{-1}) (MIALHE, 1980);

Eq = 427 - equivalente mecânico do calor (kgm kcal^{-1});

3600 = segundos por hora;

75 = kgm por cv;

1,36 = fator de conversão.

Potência efetiva

$$P_e = \frac{(0,34 * P_t)}{1,36} \quad \text{em que:}$$

P_e = potência efetiva (KW);

0,34 = rendimento térmico mecânico (MIALHE, 1980);

P_t = potência teórica (cv);

1,36 = fator de conversão.

Rendimento

$$Re = \frac{\left(\frac{Tp}{10}\right) * 11765}{3600} \quad \text{em que:}$$

Re= Rendimento em ha.h⁻¹;

Tp: tempo percorrido por parcela em segundos;

10: tamanho da parcela em metros;

11765: metros de linha/ha com espaçamento de 0,80m;

3600: segundos em uma hora.

Ao final da colheita de cada parcela que corresponde a um tratamento (dois híbridos, quatro estádios e três tamanhos de partículas), o material foi ensilado em baldes plásticos de 20 litros (24 baldes, com três repetições) que foram compactados, fechados e armazenados por 45 dias para posteriores análises e mensuração dos tamanhos de partículas, pelo método Penn State Forage Particle Separator de acordo com KONONOFF et al. (2003), com duas repetições por tratamento.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas que foi analisado pelo SAEG - Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas, versão 9.0 (UFV, 2000), utilizando-se de análise de variância, com médias comparadas pelo teste de Tukey (P<0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade da cultura do milho é fator importante quanto a diluição dos custos no processo de ensilagem. Quanto mais produtiva a área plantada, menores são os custos por kg de massa seca produzida. Na Tabela 1 estão apresentadas as produtividades de MS e as percentagens de grãos na massa ensilada. Houve aumento da produtividade para as maturidades mais avançadas de colheita com maiores valores para o estágio de maturação fisiológica para ambos os materiais utilizados, de textura dentada e dura. Em relação às percentagens de grãos, houve aumento para o híbrido de textura dura nas maturidades de início da maturação fisiológica e maturação fisiológica.

TABELA 1. Percentagem de matéria seca (%), produtividade de massa seca (kg/ha) e percentagem de grãos na matéria seca (%) em função dos híbridos e estádios de colheita utilizados. **Percentage of dry matter (%), dry matter yield (kg / ha) and percentage of grain dry matter (%) according to hybrid and stage of harvest used.**

Híbrido	Estádio	% MS	Produtividade (kg/ha) *	% de Grãos na MS **
Duro	½ leitoso	33	14.300 D	41 B
Dentado			13.940 D	37 B
Duro	¼ leitoso	38	15.725 C	42 B
Dentado			16.575 C	38 B
Duro	Início camada preta	47	22.443 B	44 A
Dentado			22.325 B	40 B
Duro	Camada preta	50	23.400 A	46 A
Dentado			23.300 A	41B

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$);

*CV: 2,7%; **CV: 12,2%.

Com relação aos tamanhos de partículas utilizados (Tabela 2), as médias nas mesmas granulometrias sejam finas, médias e grossas não diferiram em função do híbrido e maturidades de colheitas utilizadas. Para tanto, houve diferenças entre os diâmetros de crivos de peneiras de 1,9; 0,78 a 1,9 e menor que 0,78 cm.

Para os resultados referentes ao consumo de combustível e aos demais parâmetros avaliados, foram influenciados pela interação tripla entre os fatores Híbrido*estádio de colheita*tamanho de partícula. Para tanto, seguem na Tabela 3 os valores obtidos para velocidade, consumo de combustível por hora, consumo por hectare e consumo por kg de MS produzida.

Para a velocidade de deslocamento, houve diferenças em função das maturidades somente para o híbrido de textura dura. Embora os trabalhos não recomendem maturidades mais avançadas de colheita, constatou-se maiores valores para estas maturidades ($4,3 \text{ km h}^{-1}$), que pode ser explicado em função do menor teor de água da forragem cortada. Embora o híbrido de textura dura admite maior dureza de grão em estádios mais avançados (DEMARQUILLY e ANDRIEU, 1996), este fator não foi determinante para diminuir a velocidade do conjunto máquina colhedora. Em relação ao tamanho de partícula, verifica-se que a velocidade tornou-se maior em

maturidades mais avançadas de colheita, à medida que aumentou o tamanho de partícula.

TABELA 2. Percentual do material retido nos respectivos diâmetros de crivos de peneira (menor que 0,78; 0,78 a 1,9 e maior que 1,9 cm) em função do tamanho de partícula (TP), estágio e textura de híbridos utilizados.
Percentage of material retained in the respective diameters of shakers sieve (less than 0.78, 0.78 to 1.9 and greater than 1.9 cm) as a function of particle size (PD), level and texture of hybrid used.

Textura	Estádio	TP	Diâmetro de crivo de peneira (cm)		
			1,9 >	0,78 -1,9	< 0,78
Dentada	½ Leitoso	Fino	6,6 Ac	56,8 Aa	36,5 Ab
		Médio	8,4 Bc	62,4 Ba	29,2 Bb
		Grosso	20,2 Cc	63,4 Ca	16,4 Cb
Dura	½ Leitoso	Fino	6,6 Ac	56,8 Aa	36,5 Ab
		Médio	7,2 Bc	53,5 Ba	39,3 Bb
		Grosso	13,9 Cc	63,7 Ca	22,3 Cb
Dentada	1/4 Leitoso	Fino	5,7 Ac	44,3 Aa	50,0 Ab
		Médio	9,5 Bc	49,1 Ba	41,5 Bb
		Grosso	19,9 Cc	58,1 Ca	22,0 Cb
Dura	1/4 Leitoso	Fino	5,6 Ac	42,5 Aa	51,9 Ab
		Médio	10,9 Bc	46,4 Ba	42,7 Bb
		Grosso	24,4 Cc	50,4 Ca	25,2 Cb
Dentada	Início Maturação fisiológica	Fino	5,3 Ac	43,8 Aa	50,9 Ab
		Médio	9,4 Bc	43,4 Ba	47,2 Bb
		Grosso	15,5 Cc	55,4 Ca	29,1 Cb
Dura	Início Maturação fisiológica	Fino	4,7 Ac	40,1 Aa	55,2 Ab
		Médio	6,3 Bc	47,9 Ba	45,8 Bb
		Grosso	11,6 Cc	58,4 Ca	30,0 Cb
Dentada	Maturação fisiológica	Fino	8,4 Ac	42,9 Aa	48,7 Ab
		Médio	16,2 Bc	43,5 Ba	40,2 Bb
		Grosso	13,0 Cc	57,5 Ca	29,5 Cb
Dura	Maturação fisiológica	Fino	6,4 Ac	41,3 Aa	52,3 Ab
		Médio	8,3 Bc	41,1 Ba	50,6 Bb
		Grosso	17,4 Cc	53,7 Ca	28,9 Cb

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna e minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey – ($P < 0,05$).

TABELA 3. Médias dos parâmetros velocidade (V; km h⁻¹), consumo horário de combustível (Ch; L h⁻¹), consumo de combustível por área (Ca; L ha⁻¹) e consumo de combustível por kg de massa seca produzida (CMS; L kgMS⁻¹), em função da interação híbrido (dentado e duro)*estádios de colheita (1/2 leitoso, ¼ leitoso, início maturação e maturação fisiológica, 1 a 4 respectivamente)*tamanhos de partículas (TP) onde: F-2; M-7 e G-11 mm. **Medium speed parameters (V, km h⁻¹), hourly consumption of fuel (Ch, L h⁻¹), fuel consumption by area (Ca, L ha⁻¹) and fuel consumption per kg of dry matter produced (CMS; kgMS L⁻¹), depending on the interaction hybrid (toothed and hard) * stage of harvest (1 / 2 milky milky ¼, Home maturation and physiological maturity, 1 to 4 respectively) * particle sizes (TP) where F-2, M-7 and G-11 mm.**

TP		Híbrido Dentado (Estádios)				Híbrido Duro (Estádios)			
		1	2	3	4	1	2	3	4
F	V	3,9	3,8	3,8	4,0	3,8 b	4,0 ab	4,1 a	4,0Bab
M	*	3,9	3,9	4,1	4,1	3,9 b	3,9b	4,2 ab	4,3 Aa
G		3,8	3,8	3,9	4,0	4,1 b	4,1 b	4,0 b	4,3 Aa
F	Ch	9,3 Aa	8,6 Ab	8,6 Ab	8,5 b	7,4 Bc	8,7Aab	7,9 Ab	8,4 Aa
M	**	8,1 B	7,9 B	8,6 A	8,5	7,8 A	7,4 B	7,4 B	7,7 B
G		7,6Bab	7,3 Cb	7,4 Bb	7,9 a	7,4Bab	7,5 Ba	7,3 Bb	7,1 Cc
F	Ca	41,5	40,3	40,0	37,9	33,8ABb	35,9Aa	34,4Ab	36,8Aa
M	***	37,1	36,1	37,3	34,7	35,3 Aa	33,5Ab	31,8Bc	31,8Bc
G		35,3	34,1	32,9	33,9	32,4 Ba	32,7Aa	32,1Ba	29,1Cb
F		0,0030	0,0024	0,0018	0,0016	0,0022	0,0023	0,0015	0,0016
		Aa	Ab	Ac	C	AA	Aa	Ab	Ab
M	CMS	0,0027	0,0022	0,0017	0,0014	0,0023	0,0021	0,0014	0,0014
	****	Ba	Bb	Bc	D	AA	Bb	BC	Bc
G		0,0026	0,0021	0,0015	0,0014	0,0021	0,0021	0,0014	0,0012
		Ba	Ca	Ca	c	BA	Ba	BB	Cc

1: estágio ½ leitoso; 2: estágio ¼ leitoso; 3: início de maturação fisiológica e 4: maturação fisiológica.

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna e minúsculas na linha diferem pelo teste de Tukey (P<0,05); *cv: 2,99%; **cv: 3,51%; ***cv: 4,23%; ****cv: 4,25%.

Para o consumo de combustível por hora e por hectare verifica-se que para o híbrido dentado, o consumo horário aumentou em maturidades mais precoces de colheita ($9,3 \text{ L h}^{-1}$) e em menores tamanhos de partículas, excetuando-se pontualmente a maturidade de maturação fisiológica no maior tamanho de partícula. Para o híbrido de textura dura, os valores de consumo horário aumentaram em maturidades mais avançadas, porém somente em tamanhos de partículas mais finas ($8,4 \text{ L h}^{-1}$), evidenciando a influência do rearranjo de proteína e amido resultando na maior dureza dos grãos (CORREA et al., 2002).

Quanto ao consumo de combustível por kg de MS produzida, embora o comportamento dos híbridos seja diferente em relação ao rearranjo da proteína e amido dentro do grão contribuindo para maior ou menor dureza dos grãos, pode-se inferir que foi maior o consumo em maturidades mais precoces ($0,003$ e $0,002 \text{ L Kg MS}^{-1}$) para a textura dentada e dura respectivamente, sendo que em avançadas maturidades, em função da maior produção de massa, o consumo diminui em função de sua diluição, implicando assim em maior eficiência.

Para a potência efetiva (Tabela 4) comportou-se de forma semelhante, também com maior ênfase para o híbrido de textura dentada (33 KW). Embora seja indicado para silagem, a partir dos dados observados, pode-se inferir que o teor de água da silagem influenciou de forma mais direta o híbrido dentado onde, o conjunto parte vegetativa (folhas e colmos) e grãos, influenciou a potência requerida do conjunto máquina colhedora, considerando que o híbrido de textura dura é indicado e selecionado para a produção de grãos, com menor produção de massa.

Sobre o rendimento, não foi significativo para o híbrido de textura dentada, porém, em maiores tamanhos de partícula observaram-se maiores rendimentos para o híbrido de textura dura, não sendo influenciado pelo tamanho de partícula.

Segundo FLARESSO et al. (2000) as produtividades dos híbridos de milho variaram entre 18.092 e $23.869 \text{ kg ha}^{-1}$, independente da textura. Considerando o aspecto de dureza de grãos e quantidade de massa picada, torna-se fundamental o conhecimento da participação destes grãos uma vez que apresentam diferenças de arranjo de suas estruturas (KOTARSKI et al., 1992) determinando desta forma maior requerimento de energia para quebrá-los (FACTORI et al. 2008). Assim é de extrema importância quantificar em relação ao consumo de combustível por kg de MS processada, uma vez que as texturas dos grãos dos híbridos utilizados foram diferentes.

TABELA 4. Médias dos parâmetros requerimento de potência teórica (PT; KW), potência efetiva (Pe; KW) e rendimento (Re; ha h⁻¹), em função da interação híbrido (dentado e duro)*estádios de colheita (1/2 Leitoso, ¼ leitoso, Início maturação e matura fisiológica, 1 a 4 respectivamente)*tamanhos de partículas (TP) onde: F-2; M-7 e G-11 mm. **Medium power requirement of theoretical parameters (PT, KW), effective power (Pe; KW) and income (Re, h ha-1), depending on the interaction hybrid (toothed and hard) * stage of harvest (1 / 2 Milk ¼ milky Home maturation and physiological maturity, 1 to 4 respectively) * particle sizes (TP) where: F-2, M-7 and G-11 mm.**

TP	(P)	Híbrido Dentado				Híbrido Duro			
		(Estádios)				(Estádios)			
		1	2	3	4	1	2	3	4
F	Pt *	95 Aa	88 Ab	88 Ab	88Ab	76 c	83 Aab	82 Ab	86 Aa
M		89 B	81 B	88 A	82 B	76	74 B	74 B	79 B
G		79 Bab	75 Cb	77 Bb	81 B	74 a	74 Ba	75 Bb	73 Cc
F	Pe *	33 Aa	30 Ab	30Ab	30 b	26c	28 Aab	28 Ab	29 Aa
M		29 B	28 B	30 A	29	26	26 B	26 B	27 B
G		27 Bab	26 Cb	26 Bb	28 a	26 ab	26 Ba	25 Bb	25 Cb
F	Re **	4,5	4,7	4,7	4,4	4,1b	4,3 b	4,4 ab	4,4 ab
M		4,6	4,6	4,4	4,3	4,1b	4,3 b	4,5 ab	4,5 a
G		4,6	4,7	4,5	4,4	4,4b	4,4 b	4,5 a	4,6 a

1: estágio ½ leitoso; 2: estágio ¼ leitoso; 3: início de maturação fisiológica e 4: maturação fisiológica; Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna e minúsculas na linha diferem pelo teste de Tukey (P<0,05); *cv: 3,51%; **cv: 3,10%.

Em relação à percentagem de grãos na MS, SARTI et al. (2005) verificaram valores variando de 35 a 55%, semelhantes ao encontrado no presente experimento. No entanto, verifica-se que os valores para o híbrido de textura dura, foram maiores uma vez que estes híbridos são selecionados para produção de grãos. Um aspecto interessante foi o pequeno aumento para o híbrido de textura dura e o decréscimo para a textura dentada, mostrando a maior participação de folhas e colmos na massa ensilada, nestes híbridos de textura dentada indicados para produção de silagem em função do maior aproveitamento e maior produção de massa.

Os tamanhos de partículas encontrados não diferiram dentro das granulometrias utilizadas, não corroborando com GARBUIO et al. (2006) que concluíram que para um mesmo tamanho de fragmento na ensilagem, foram necessárias diferentes regulagens da colhedora de forragens conforme o híbrido escolhido em virtude de sua textura. Embora o presente estudo não fora para avaliar a máquina quanto à eficiência de picagem, salienta-se que nas mesmas engrenagens utilizadas para compor os tratamentos, os tamanhos de partículas não diferiram, uma vez que para o efeito consumo de combustível foi necessário permanecer as mesmas engrenagens para ambos os híbridos nos estádios colhidos, para mesmo efeito de rotação e potências requerias.

Embora a participação dos grãos na massa ensilada seja ao redor de 40%, pode-se inferir que este rearranjo nos grãos de milho não contribui para o maior consumo de combustível em estádios mais tardios de colheita. Os grânulos de amido dentro das células se apresentam envoltos por uma matriz protéica que possui diferentes localizações no grão, em função da vitreosidade do grão (textura dentada ou dura). Nos grãos dentados, a matriz protéica acaba tendo distribuição esparsa e fragmentada no endosperma farináceo segundo CORREA et al. (2002). A proporção de amilose no grânulo de amido varia de 14 a 34%, enquanto que a amilopectina representa cerca de 70 a 80% do total de amido presente nos grãos de milho (KOTARSKI et al., 1992).

A proporção de amilose:amilopectina influencia a digestibilidade do amido. Desta forma, fontes de amido com maiores teores de amilopectina, como o grão de milho imaturo, podem apresentar maior digestibilidade (JOBIM et al., 2003), sendo o estádio de colheita um fator importante neste aproveitamento. A eficiência dos sistemas de conservação de forragens não deve ser avaliada somente pelo valor nutritivo do produto final, mas também pelos custos por kg de MS produzida. As perdas físicas intrínsecas ao processo de ensilagem, a exemplo da perda de forragem no campo durante a colheita tornam-se significativas quando em maturidades de colheita mais avançadas. Assim, a ensilagem deve ser feita de forma a proporcionar baixos custos de produção para que seja viável sua utilização, aliando-se o processamento deste material a maturidades de colheita que proporcionem menor custo e maior viabilidade por kg de MS produzida.

Cabe ressaltar que segundo CALESTINE et al. (2001) o híbrido de textura dura na maturação fisiológica, diminui consideravelmente seu aproveitamento sendo que nas maturidades dentado inicial e metade da linha do leite, as degradações da matéria

seca foram semelhantes. O tratamento mecânico pode ser realizado principalmente pelo esmagamento dos grãos ou cortes para diminuir a fração vegetativa da planta. Segundo PASSINI et al., (2004) o tamanho de partícula influencia os padrões de fermentação ruminal, produção microbiana e eficiência da utilização do amido e outros nutrientes no rúmen. Para tanto, a escolha do híbrido correto deve ser mais abrangente, levando-se em consideração o maior número de fatores possíveis, principalmente o fator aproveitamento.

Considerando a demanda pelo conjunto máquina colhedora, todo em qualquer fator que imprima maior ou menor potência, requer gastos diretos para o produtor. Em função dos dados encontrados para a Pt (130 e 103 cv, textura dentada e dura respectivamente) pode ser explicado em função do maior teor de água na planta (BAL e SHAVER, 1997) e menores tamanhos de partícula sendo este para o híbrido dentado. Neste caso, pode-se inferir que o fator “embuchamento” ou a grande quantidade de material retido no conjunto de facas em função da maior umidade, pode ter ocorrido. Toda e qualquer adaptação da máquina no sistema ou do sistema a máquina, por meio do uso de cultivares adequadas, podem imprimir maior eficiência ao sistema. O uso da granulometria correta, bem como a textura adequada aumenta a eficiência e sobretudo o rendimento do conjunto.

Estudos conduzidos por SEKI (2007) com o objetivo de quantificar a demanda energética no processo de ensilagem de milho indicaram baixo consumo horário de combustível ($7,40 \text{ L h}^{-1}$) e alto consumo de combustível por área ($34,2 \text{ L ha}^{-1}$), devido à baixa capacidade operacional do equipamento. A velocidade de deslocamento do conjunto trator-equipamento foi reduzida devido ao grande volume do material a ser processado, visto que, o aumento da velocidade de deslocamento, proporciona o aumento das perdas por tombamento de plantas e do tamanho das partículas da forragem processada, o que em parte foi observado no presente estudo em função da maior dureza dos grãos para o híbrido de textura dentada.

FACTORI et al. (2008) trabalhando com moagem de grãos de milho de textura dentada e dura concluíram que em granulometria de menor Diâmetro Geométrico Médio - DGM (570 μm) deve-se dar preferência por grãos de milho de textura dentada devido ao menor consumo de energia (13%) em comparação com os grãos de milho de textura dura.

Segundo CONCEIÇÃO (1984), a energia consumida para redução da partícula na colheita, é decorrente do grau de dureza, da película de cada produto e das características de moagem de qualquer grão triturado.

CONCLUSÕES

Recomenda-se a utilização do híbrido de milho de textura dura para ensilagem em virtude do menor consumo de combustível na colheita.

A colheita do milho para ensilagem no estágio de início de maturação fisiológica e maturação fisiológica apresenta menor consumo de combustível e maior rendimento do conjunto mecanizado.

A maior granulometria de colheita (11 mm) resultou em menor consumo de combustível e maior rendimento operacional como um todo no processo de ensilagem.

REFERÊNCIAS

BAL, N.; SHAVER, R. Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion and milk production. **Journal of Dairy Science**. v.80, p. 2497-2503, 1997.

CALESTINE, G.A.; PEREIRA, M.N.; BRUNO, R.G.S.; VON PINHO, R.G.; CORREA, C.E.S. Effect of corn grain texture and maturity on ruminal in situ degradation. **Journal of Dairy Science**, v.84, p.419, 2001. Supplement 1.

CORREA, C.E.S.; SHAVER, R.D.; PEREIRA, M.N.; LAUER, J.G., KOHN, K. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**, v.85, n.11, p.3008-3012, 2002.

CONCEIÇÃO, E. P. **Consumo de energia no processamento de milho (*Zea mays* (L) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) em moinhos a martelos**. Botucatu, 1984. 139 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

CRUZ J.C.; CORRÊA L.A.; PEREIRA FILHO I.A.; PEREIRA F.T.F.; GUISCHEM J.M.; VERSIANI R.P. **Cultivares de Milho disponíveis no mercado de sementes do Brasil para a safra 2004/05**, ISSN 0102-0099 Dezembro, 2004 Sete Lagoas, MG, 2004.

DEMARQUILLY, C.; DULPHY, J. P. Effect of ensiling on feed intake and animal performance. **Proceedings** International Meeting on Animal Production from Temperate Grasslands. Dublin, p.53-61, 1977.

FACTORI, M.A.; COSTA, C.; BIAGGIONI, M.A.M.; SALEH, M.A.D. Avaliação do consumo de energia elétrica em duas granulometrias de moagem de grãos de milho de textura dentada e dura. **Boletim da Indústria Animal**, N. Odessa, v.65, n.2, p.83-88, abr./jun. 2008.

FLARESSO J.A., GROSS, C.D., ALMEIDA, E.X. Cultivares de milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) para ensilagem no alto vale do Itajaí, Santa Catarina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.6, p. 1608- 1615, 2000.

GARBUIO, P. W.; WEIRICH NETO, P.H.; DELALIBERA, H. C.; SOUZA, N.M.; LOPES, A. R. C.; PEREIRA, J. R. A. Processamento de plantas inteiras de híbridos de milho (zea mays) para silagem XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola **Anais...** CD ROM 31 de julho a 04 de agosto de 2006 - João Pessoa – PB.

GREEN, M. K.; STOUT, B. A.; SEARCY, S. W. Instrumentation package for monitoring tractor performance. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.28, n.2, p.346, 1985.

JOBIM, C.C.; BRANCO, A.B.; SANTOS, G.T. Silagem de grãos úmidos na Alimentação de bovinos leiteiros. In: V Simpósio Goiano sobre Manejo e Nutrição de Bovinos de Corte e Leite. **Anais...** Goiânia – Goiás, maio 2003. p. 357-376.

KONONOFF, P. J.; HEINRICHS, A. J.; BUCKMASTER, D. R. Modification of the Penn State Forage and Total Mixed Ration Particle Separator and the Effects of Moisture Content on its Measurements. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n.5, p.1858-1863, 2003.

KOTARSKI, S.F., WANISHA, R.D., THUR, K.K. Starch hydrolysis by ruminal microflora. **Journal of Nutrition**, 122:178-190, 1992.

MIALHE, L. G. **Máquinas motoras na agricultura**. São Paulo: EPU: Ed. da Universidade de São Paulo, v.1, 289 p. 1980.

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas ensaios e certificação**. Piracicaba, FEALQ, 1996. 722p.

MIRANDA, J.E.C.; RESENDE, H; VALENTE; J.O. SILAGEM DE MILHO. Artigo técnico <http://www.cnpqgl.embrapa.br/nova/sala/artigos/artigolinha.php?id=40>, **Acesso** 23/08/2008.

PASSINI, R.; BORGATTI, L.M.O.; FERREIRA, F.A.; RODRIGUES, P.H.M. Degradabilidade no rúmen bovino de grãos de milho processados de diferentes formas **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.3, p.271-276, mar. 2004.

SARTI, L.L.; JOBIM, C.C.; BRANCO, A.F. ; JACOBS, F. Degradação ruminal da matéria seca, da proteína bruta e da fração fibra de silagens de milho e de capim-elefante **Ciência Animal Brasileira** v. 6, n. 1, p. 1-10, jan./mar. 2005.

SEKI, A.S. **Demanda energética no processo de ensilagem de milho**, Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 101 f. Botucatu, 2007.

SILVA, S. L. **Projeto e construção de um sistema de aquisição de dados para avaliação do desempenho energético de máquinas e implementos agrícolas**. Botucatu, 1997. 148 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA . Sistema de Análise Estatística e Genéticas **SAEG**. Versão 9.0. Viçosa: 2000.

CAPÍTULO 3

Degradabilidade e digestibilidade de híbridos de milho em função do estágio de colheita, tamanho de partícula e processamento por meio do esmagamento na ensilagem

Resumo

Durante o processo de confecção de silagem de milho, devem-se levar em consideração alguns aspectos que resultarão em melhor aproveitamento. O objetivo do presente estudo foi avaliar a degradabilidade ruminal da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e amido e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da silagem de híbridos de milho para ensilagem em função de duas texturas (dentada e dura), 3 estádios de colheita ($\frac{1}{4}$ leitoso, início de maturação fisiológica e maturação fisiológica), três tamanhos de partículas (2, 7 e 11mm) e processamento por meio do esmagamento. Os materiais utilizados foram os híbridos AG 4051 (textura dentada) e DOW 2B 710 (textura dura). Após colheita e picagem de cada tamanho de partícula nos respectivos estádios, parte do material foi esmagado por meio da máquina para ensilagem de grãos úmidos para silos *bags* providas de rolos que giram em sentido oposto, sendo posteriormente ensilados e vedados por 45 dias. Após a abertura dos silos, analisou-se a degradabilidade ruminal no tempo de incubação de 20 horas para determinação das degradabilidades utilizando-se duas vacas fistuladas, por meio da técnica *in situ macro bag*. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas. A degradabilidade da MS foi influenciada apenas pelo efeito dos estádios de colheita utilizados. A degradabilidade da PB apresentou interação entre os fatores processamento e tamanho de partícula (Tp), observando aumento desta degradação em função do processamento. Para a degradação da FDN houve interação dos fatores, híbrido e processamento, sendo semelhante para a degradação do amido. A DIVMS, foi influenciada pelos efeitos de híbrido, estágio, Tp e processamento. Em relação aos parâmetros utilizados no presente estudo pode-se concluir que foram maiores os benefícios com o uso do processamento associado a estádios mais avançados de colheita, em maiores granulometrias.

Palavras-Chave: *macro bag*, silagem, textura dentada, textura dura

Degradability and digestibility of corn hybrids as a function of harvesting stage, particle size and processing through the crushing of silage

Abstract

During the process of making corn silage, should take into consideration some aspects that lead to better use. The purpose of this study was to evaluate the degradability of dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and starch and in vitro dry matter (IVDMD) of silage maize hybrids for silage as a function of two textures (and bite hard), third stage of harvest ($\frac{1}{4}$ milky beginning of physiological maturity and physiological maturity), three particle sizes (2, 7 and 11mm) and processing through the crushing. The materials used were the hybrid AG 4051 (texture notched) and 2B DOW 710 (hard texture). After harvesting and chopping of each particle size in their respective stadiums, some of the material was crushed by the machine for wet grain silage silo bags fitted with rollers that rotate in opposite directions, and was then sealed and ensiled for 45 days. After opening the silos, we analyzed the degradability of incubation time of 20 hours to determine the degradability using two fistulated cows through the macro in situ bag technique. The experimental design was completely randomized in a split-plot. The degradability of DM was influenced only by the effect of the stages of sampling used. The CP degradability interaction between the factors presented processing and particle size (Tp), noting that increased degradation due to processing. For the degradation of NDF was an interaction between hybrid and processing, similar to the degradation of starch. The IVDMD was influenced by the effects of hybrid, stage, Tp and processing. Regarding the parameters used in this study can be concluded that the benefits were greater with the use of the processing associated with more advanced stages of harvest, in more sizes.

Keywords: hard texture, macro bag, silage, soft texture

Introdução

Os nutricionistas procuram estabelecer novos parâmetros para avaliar a qualidade de forragens a fim de se conseguir incrementos na eficiência no processo de alimentação. Segundo Carmo et al. (2006), para uma silagem de milho de boa qualidade, o ponto de colheita é um fator muito importante. O corte precoce (menor que 30% de matéria seca - MS) implica em plantas cujos grãos não estão devidamente formados ou cheios, com percentagem de água muito alta, resultando em perdas por efluentes. Silagens feitas em estádios mais tardios (42% MS) possuem menor valor nutritivo e podem resultar em menor compactação com maiores perdas de massa seca.

O que se espera de uma cultivar de milho para silagem, é que os grãos estejam úmidos e macios no momento do corte. Celestine et al. (2001) concluíram que o híbrido de textura dura no estágio de maturação fisiológica, diminui consideravelmente seu aproveitamento sendo que nos estádios dentado inicial e metade da linha do leite, as degradações foram semelhantes. Entretanto, o processamento da forragem a ser ensilada visa melhorar a qualidade do material por meio do tratamento mecânico do grão ou da porção vegetativa, realizado principalmente pelo esmagamento dos grãos ou cortes para diminuir a fração vegetativa da planta.

O tamanho de partícula da silagem assume papel importante no controle do consumo e posterior desempenho animal. Para isso, torna-se necessário o ajuste de máquinas que façam a colheita adequada da forragem, pois o sucesso da ensilagem é dependente dessa etapa. A colhedora não somente colhe a planta, como também promove a picagem da planta em tamanho satisfatório para ocorrência de uma fermentação de qualidade e, posterior aceitabilidade pelos animais.

O objetivo do presente estudo foi avaliar a degradabilidade ruminal da MS, proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), amido e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da silagem de híbridos de milho em função de duas texturas (dentada e dura), três estádios de colheita ($\frac{1}{4}$ leitoso, início de maturação fisiológica e maturação fisiológica), três tamanhos de partículas (fino, médio e grosso) e processamento por meio do esmagamento antes da ensilagem.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na Unesp - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - Botucatu/SP, em área experimental da Fazenda Lageado. Os híbridos utilizados foram o AG 4051 (textura dentada) e DOW 2B 710 (textura dura) cultivados sob sistema convencional, 0,85 m entre linhas e 6,2 sementes por metro (73.000 plantas por hectare), com área útil de 1 ha para cada híbrido. Os tratamentos consistiram em dois híbridos de milho, dentado e duro, colhidos em três estádios (1, para o $\frac{1}{4}$ leitoso; 2, para início de maturação fisiológica e 3, para a maturação fisiológica) e três tamanhos de partículas (2, 7 e 11 mm), segundo especificações da máquina colhedora de forragem utilizada, denominando-se fino, médio e grosso, respectivamente.

Para determinação da produtividade foram feitas quatro amostragens das plantas a 0,2 m de altura do solo em 1,20 m de linha correspondendo a 1 m² (1,20 x 0,85 m) para cada híbrido e estádios de colheita utilizados. A produtividade de grãos na massa seca foi mensurada com a separação manual de grãos de quatro amostras por híbrido a cada estádio, antes do processo de picagem, mensurando assim, após a secagem do material em estufa, a percentagem de grãos na massa.

Para corte da forragem nos tamanhos de partículas desejados foi utilizado um trator da marca Massey Ferguson, modelo MF 610, tração dianteira auxiliar (4x2 TDA) acoplado a este, uma colhedora de forragem, marca JF Máquinas, modelo JF92 Z10, provida de 10 facas (granulometria ajustada para 2, 7 e 11 mm) de acordo com o manual da máquina para os respectivos tratamentos e para armazenagem do material, utilizou-se uma carreta de 1 eixo (Triton) com capacidade de 4 toneladas acoplada à barra de tração.

No campo utilizaram-se na área plantada parcelas que correspondiam a linhas de plantio de 60 metros para cada tamanho de partícula colhido (3 tamanhos de partículas e consequentemente 3 trocas de engrenagens da colhedora), nos respectivos estádios de colheita e híbridos, totalizando-se para cada estádio, 6 linhas de milho colhidas (três para cada híbrido).

Após colheita e picagem de cada tamanho de partícula nos respectivos estádios, foi ensilado parte do material em baldes plásticos de 18 litros que permaneceram vedados por 45 dias. Para cada estádio e tamanho de partícula, em metade do material picado respectivamente para cada híbrido, estádio e tamanho de partícula foi efetuado o esmagamento (após a picagem) por meio de máquina para

ensilagem de grãos úmidos para silos *bags* (BOELTER, modelo OB 20, acoplada à TDP do trator, modelo Ursus 70 cv 4x2), providas de rolos que giram em sentido oposto, para proporcionar o esmagamento da massa a ser ensilada, com regulagem até o ponto em que não passem grãos inteiros, de modo que esses sejam esmagados e não quebrados. Os baldes resultantes também permaneceram vedados por 45 dias para posteriores análises de degradabilidade e digestibilidade *in vitro*.

Após a abertura destes baldes, foram determinados os tamanhos de partículas pelo método Penn State Forage Particle Separator das amostras *in natura* segundo metodologia proposta por Kononoff et al. (2003), com duas amostras por tratamento. Também, foram retiradas 108 amostras para análise de pH (sendo estes resultados utilizados para certificação de fermentação dentro do silo), segundo Macdonald et al. (1991) e DIVMS segundo Tilley e Terry (1963), adaptado por Silva e Queiroz (2002). Parte do material foi seco em estufa de circulação forçada de ar (65° C) por 48 horas para determinação do teor de MS.

Para a avaliação da degradabilidade ruminal, foram utilizados dois animais fistulados do Departamento de Zootecnia – Setor de Ruminantes e Laboratório de Bromatologia, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP). Foram utilizadas duas vacas da raça holandesa com peso vivo médio de 520 kg e providas de cânula ruminal permanente. Os animais. Embora não estivessem em lactação, permaneceram em lotes de produção de leite manejados juntamente com os animais lactantes consumindo silagem de milho *ad libitum* e suplementados com 30 % de concentrado, sendo que este concentrado apresentava 18 % de proteína bruta (PB) e 68% de NDT, sem uréia.

Para a análise de degradabilidade utilizou-se a técnica *in situ macro bag* em sacos de *náilon* com poros de 50 µm, medindo 15 x 27 cm. Foram incubados aproximadamente 35 g de silagem de milho (ao redor de 15 g de massa seca) *in natura*, sem prévia secagem e moagem (Huntington e Givens, 1995; Andrae et al., 2001; Factori, 2008) retiradas do silo, pesadas e mantidas sob refrigeração para posterior incubação nos animais por um período de 20 horas (Factori, 2008).

Após a retirada dos sacos do rúmen e devidamente separados por animal foram lavados ao mesmo tempo em máquina de lavar (tanquinho) com água corrente, até que esta se tornou incolor. Em seguida, os sacos foram secos em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas para posterior pesagem e determinação da quantidade do material que havia desaparecido (degradabilidade).

A partir do material seco em estufa, este foi moído e enviado para análises de PB segundo AOAC (1990), fibra em detergente neutro (FDN) de acordo com o método de Goering e Van Soest (1970) e amido, segundo Poore *et al.* (1989).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas analisado pelo SAEG - Sistema de Análise Estatística e Genéticas, versão 9.0 (UFV, 2000), utilizando-se de análise de variância, com médias comparadas pelo teste de Duncan ($P < 0,01$).

Resultados e discussão

Para os dados de pH, conclui-se que não houveram limitações para o processo de ensilagem, mesmo em estádios mais tardios de colheita no que tange a compactação e fermentação do material. Os valores para os tratamentos variam de 3,7 a 4,3 estando de acordo McDonald *et al.* (1991) que descreveram silagens que apresentam boa fermentação e correta conservação do material dentro do silo.

A produtividade da cultura do milho é fator importante quanto a diluição dos custos no processo de ensilagem. Quanto mais produtiva a área plantada, menores são os custos por kg de massa seca produzida. Na Tabela 1 estão apresentadas as produtividades de massa seca e as percentagens de grãos na massa ensilada. Houve aumento da produtividade para os estádios mais avançados de colheita com maiores valores para o estágio de maturação fisiológica para ambos os materiais utilizados, de textura dentada e dura. Em relação às percentagens de grãos, houve aumento significativo para o híbrido de textura dura nos estádios de início de maturação fisiológica e maturação fisiológica.

Com relação aos tamanhos de partículas utilizados, não foram diferentes as médias nas mesmas granulometrias, fina, média e grossa (2, 7 e 11 mm respectivamente), para os estádios de colheita, não corroborando com Garbui *et al.* (2006) que concluíram que para um mesmo tamanho de fragmento da ensilagem, são necessárias diferentes regulagens da colhedora de forragens conforme o híbrido escolhido em virtude de sua textura. Embora o presente estudo não objetive avaliar a máquina quanto à eficiência de picagem, salienta-se que para as mesma regulagens, não foram diferentes os tamanhos de partículas em função dos híbridos e estádios utilizados.

Segundo Flaresso *et al.* (2000) as produtividades dos híbridos de milho variaram entre 18.092 e 23.869 kg ha⁻¹, independente da textura. Considerando o aspecto de

dureza de grãos e quantidade de massa picada, torna-se fundamental o conhecimento da participação destes grãos uma vez que apresentam diferenças de arranjo de suas estruturas (Kotarski et al., 1992).

Tabela 1. Percentagem de matéria seca (%MS), produtividade de massa seca (kg/ha) e percentagem de grãos na matéria seca (%) em função dos híbridos e estádios de colheita utilizados

Híbrido	Estádio	%MS	Produtividade (kg/ha) *	% de Grãos na MS **
Duro	¼ leitoso	38	15.725 C	42 B
Dentado			16.575 C	38 B
Duro	Início de maturação fisiológica	47	22.443 B	44 A
Dentado			22.325 B	40 B
Duro	Maturação fisiológica	50	23.400 A	46 A
Dentado			23.300 A	41B

Médias seguidas de letras Maiúsculas diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Duncan (P<0,01); *CV: 2,7%; **CV: 12,2%;

Em relação à percentagem de grãos na massa seca, SARTI et al. (2005) verificaram valores variando de 35 a 55%, valores estes semelhantes ao encontrado no presente experimento. A quantidade de grãos interfere diretamente no aproveitamento do material e por conseguinte melhora o valor nutritivo da massa ensilada, sendo que silagens de melhor qualidade são aquelas que apresentam maiores percentagens de grãos, desde que este estejam aproveitáveis, em função do estádio de colheita. No entanto, verifica-se que os valores para o híbrido de textura dura, foram maiores uma vez que estes híbridos são selecionados para produção de grãos. Um aspecto interessante foi o pequeno aumento para o híbrido de textura dura e o decréscimo para a textura dentada, mostrando a maior participação de folhas e colmos na massa ensilada, nestes híbridos de textura dentada indicados para produção de silagem em função do maior aproveitamento e maior produção de massa.

Degradabilidade da Matéria Seca

Para os resultados de degradabilidade da matéria seca (DMS) houve efeito apenas nos estádios de colheita utilizados (Tabela 2) com maiores valores para o

estádio ¼ leitoso, sendo este indicado na literatura como ideal para colheita no processo de ensilagem, juntamente com o início de maturação fisiológica, estando estes por volta de 39 e 47%, respectivamente. A DMS para os híbridos de textura dentada e dura, respectivamente, foram de 47 e 48 %, enquanto para os tamanhos de partículas, fino médio e grosso, respectivamente, foram de 47,6; 43,2 e 47,9 %.

Tabela 2. Degradabilidade da matéria seca (%) em função dos estádios de colheita ¼ leitoso, início de maturação fisiológica e maturação fisiológica

Estádio de colheita		
¼ leitoso	Início de maturação fisiológica	Maturação fisiológica
49,0 a	48,5 ab	44,4 b

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Duncan - (P<0,01); CV: 24,6%.

Factori et al. (2008) observaram diferenças significativas na utilização destes mesmos híbridos e processamento, inclusive nos estádios de colheita ¼ leitoso e início de maturação fisiológica, concordando com os dados do presente estudo. No entanto, estes autores trabalharam com até 72 horas de incubação ruminal sendo significativa esta degradação.

Ainda, Andrae et al. (2001) trabalhando com processamento com diminuição do tamanho de partícula e estádios de colheita (30 e 40% de MS) verificaram que com 24 horas de incubação (4 horas a mais de incubação que o presente trabalho), o processamento aumentou e DEGMS predominando o segundo estágio.

Mesmo apresentando dados que não concordam com os dados do presente estudo, Pereira et al. (2004) avaliando os efeitos da textura e da maturação sobre a degradabilidade ruminal de grãos de milho colhidos nos estádios metade da linha do leite e maturação fisiológica, verificaram que a degradação ruminal da MS em 24 horas foi de 63% nos grãos dentados e 52% nos grãos de textura dura sendo explicado pelo rearranjo entre proteína e amido dentro do grão, dificultando a degradação do híbrido de textura dura, em função da maior vitreosidade.

É de fundamental importância que a escolha dos híbridos seja a mais indicada para cada situação escolhida a fim de proporcionar a melhor degradação. Para isso, os fatores estágio de colheita e uso do processamento, ajudam na tomada de decisão, uma vez que o processamento viabiliza o uso destes híbridos, mesmo que em estádios avançados de colheita.

Degradabilidade da Proteína Bruta

A degradabilidade da proteína bruta (DPB) foi influenciada pela interação dos fatores processamento e tamanhos de partícula (Tp), segundo a Figura 1. Houve aumento na DPB de 0,3915 % com o uso do processamento e decréscimo de 0,1951 % sem o uso do processamento para cada mm de tamanho de partícula utilizado. Pode-se inferir ainda, que os valores de DPB para os híbridos de textura dura e dentada foram de 86,1%.

O arranjo da proteína com o amido pode permitir maior ou menor degradação. Na porção farinácea, os grânulos de amido estão mais acessíveis ao ataque microbiano e enzimático (Corrêa *et al.*, 2002). O processamento, aumenta a exposição do amido ao ataque de microorganismos aumentando a degradação principalmente em maiores Tp. Mesmo não sendo a silagem de milho um alimento rico em PB, todo e qualquer aumento torna-se significativo pro aumentar a eficiência dos sistemas de produção que se utilizem desta técnica.

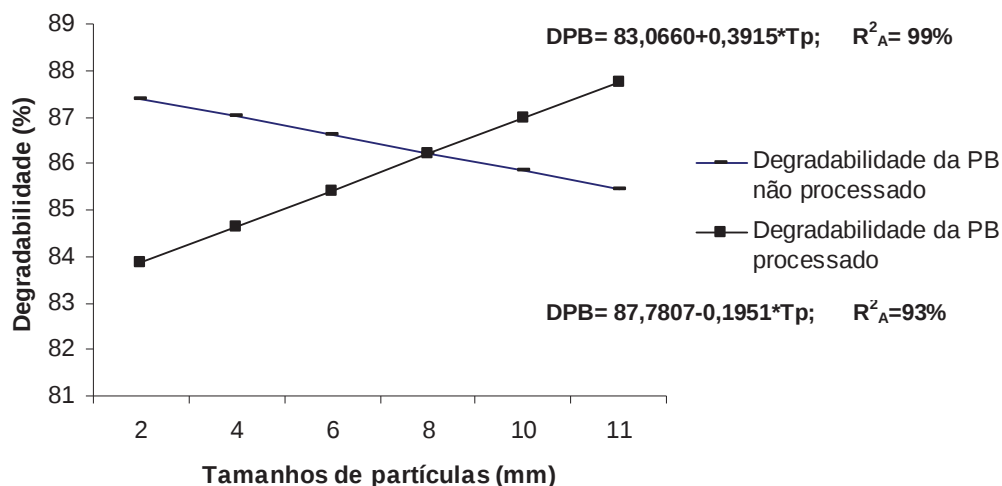


Figura 1. Degradabilidade da proteína bruta (DPB) em função da interação processamento e tamanho de partícula (Tp).

Cantarelli *et al.* (2007), embora trabalhando com vitreosidade de grãos de diferentes texturas para suíno, verificaram menores aproveitamentos da PB, para os híbridos de textura dura em função da maior dificuldade de ação das enzimas digestivas e das maiores vitreosidades dos grãos, fator este, que pode ter analogia

com a ação de microrganismos ruminais em relação à degradabilidade do alimento, em função da maior superfície de ação destes, ao alimento degradado.

Em relação aos tamanhos de partículas, Passini et al.(2004) concluíram que partículas menores, principalmente abaixo de 5 mm, prejudicam a ruminação, reduzem o consumo voluntário de silagens e a digestão das fibras. O tamanho de partícula influencia os padrões de fermentação ruminal, produção microbiana e eficiência da utilização do amido, proteína e de outros nutrientes no rúmen. Contudo, Neumann et al. (2007) recomendaram a colheita da planta de milho com tamanho de partícula entre 0,2 e 0,6 cm devido à conseqüente redução nas perdas após a desensilagem sendo estas, principalmente, nutricionais. Assim, pode-se inferir, que a utilização de maiores tamanhos de partículas associados ao processamento podem viabilizar o sistema em função de aumentos na taxa de DEGPB.

Degradabilidade da Fibra em Detergente Neutro

Houve influência da interação híbrido*estádios de colheita*Tp e híbrido*processamento*Tp. Pode-se observar na Figura 2, que a degradação da Fibra em detergente neutro (DFDN) para o híbrido duro diminui 1,4864% com aumento de um mm no Tp, no estágio ¼ leitoso. No estágio de início de maturação fisiológica, os valores de DFDN aumentam 0,4006% para o híbrido de textura dentada à medida que aumenta o Tp, que pode ser explicado, uma vez que, o processamento foi significativo para a DFDN. Para os demais estádios de colheita a DFDN foi em média 11%.

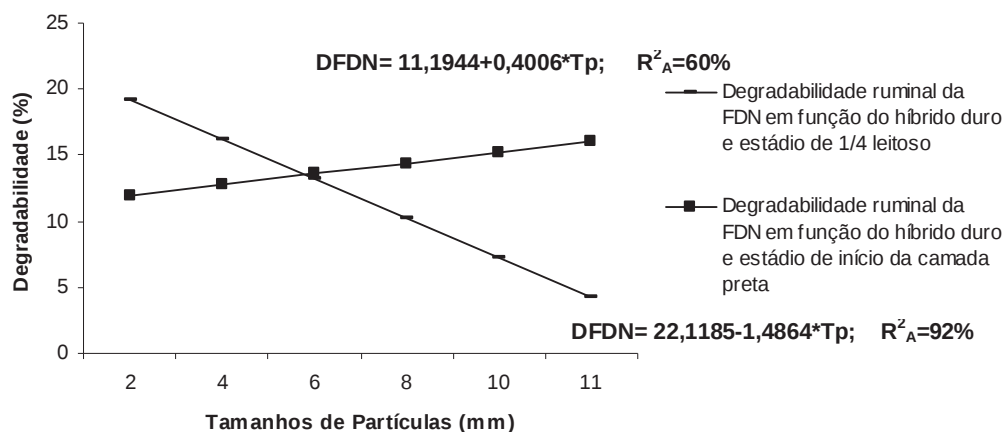


Figura 2. Degradabilidade da Fibra em Detergente Neutro (DFDN) do híbrido duro em função do estágio de colheita e tamanho de partícula (Tp).

Ainda para a DEGFND, pode-se observar na Figura 3 que a interação híbrido dentado*não processado implica no menor aproveitamento da FDN (diminuição de 1,4075%) à medida que aumenta um mm o Tp. Embora o processamento tenha visado somente a parte de grãos, pode-se inferir que o aumento da degradação da fibra tenha sido ocasionada pelo maior aporte de energia e consequentemente maior sincronismo ruminal com o aumento do ataque destes microrganismos a parte fibrosa e consequentemente maior degradação.

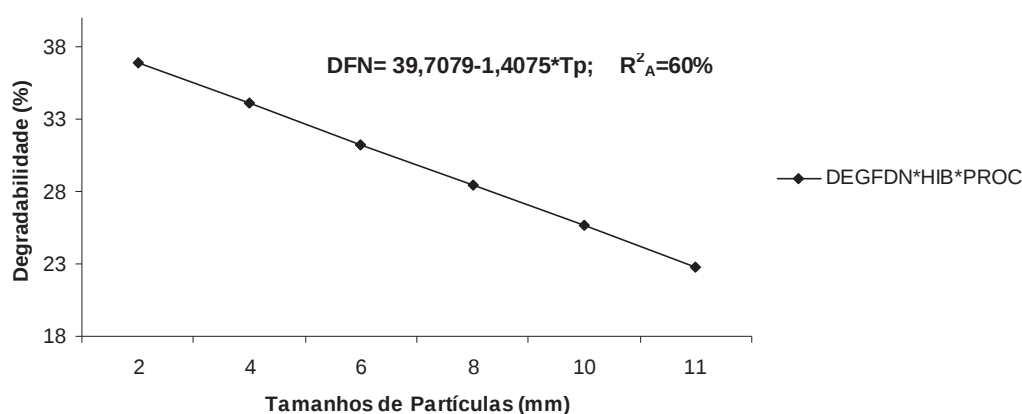


Figura 3. Degradabilidade da Fibra em Detergente Neutro (DFDN) do híbrido dentado não processado em função do tamanho de partícula (Tp).

A menor digestibilidade da forragem determina sua menor ingestão. Carvalho *et al.* (2003) ressaltaram que a menor degradação da fibra diminui o consumo voluntário de forragem. Rode *et al.* (1985) verificaram que o aumento do nível de concentrado e a redução do nível da FDN aumentaram a digestibilidade aparente da MS e matéria orgânica.

Ainda, Zobell *et al.*, (2004) fazendo uso do processamento com a diminuição do tamanho de partícula para plantas inteiras de milho com teores de MS ao redor de 30% verificaram que a digestibilidade da FDN foi maior com o uso do processamento (65% em comparação às não processadas, 63%). Harrison *et al.* (1997) concluiu que o processamento de silagens em estádios de colheita mais avançados teriam maiores efeitos quanto a fração FDN em termos de aproveitamento, uma vez que ela está mais presente e por muitas vezes de difícil apresentação e aproveitamento pelo animal.

No entanto, Dhiman *et al.* (2000) fazendo uso do processamento sem alterações consideráveis no tamanho de partícula, observaram que, ainda que trabalhando com

digestibilidade da FDN diminuiu em três pontos percentuais para a silagem processada, sendo esta com 36% de MS.

Degradabilidade do Amido

A degradação do amido (DA) sofreu influência da interação híbrido*processamento (Tabela 3) e do tamanho de partícula. Com o uso do processamento não houve significância entre os híbridos, porém sem o processamento, o híbrido de textura dentada foi superior em função do rearranjo de proteína dentro do grão e conseqüentemente sua maior vitreosidade, diminuindo sua degradação. A DA para os demais fatores obtiveram valores ao redor de 70%.

Tabela 3. Degradabilidade do amido (%) em função do híbrido (dentado e duro) e Processamento (processado ou não processado)

Processamento	Híbrido Duro	Híbrido Dentado
Processado	67,7 aA	64,8 aA
Não Processado	51,5 aB	60,4 bA

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna e minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Duncan - ($P < 0,01$); CV: 20,21%.

Para cada aumento de um mm no tamanho de partícula a degradabilidade do amido diminuiu 1,1131% (Figura 4), fato este esperado em função da possibilidade da maior degradação do amido pela menor área de contato do substrato e microorganismos.

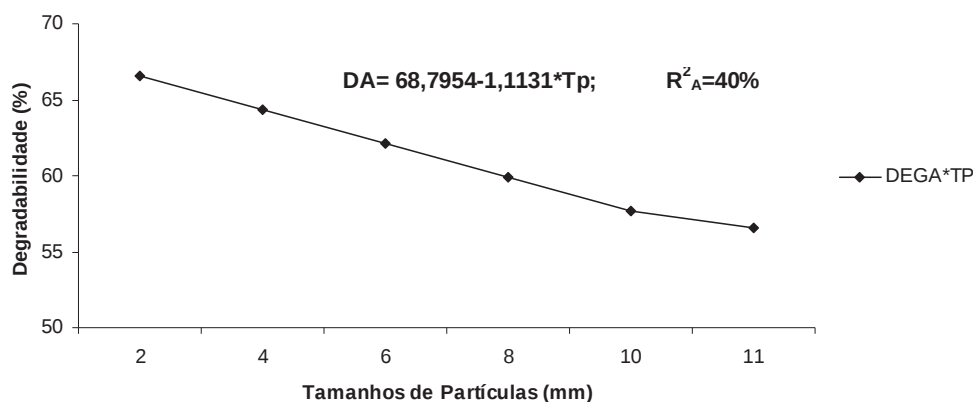


Figura 4. Degradabilidade do Amido (DA) em função do tamanho de partícula (Tp).

Factori et al. (2008) concluiu que para o aumento da degradação de amido, o uso do processamento aumentou em até 14% esta degradação, principalmente para o híbrido de textura dura, no estágio de início de maturação fisiológica. Dhiman et al. (2000) utilizando-se do processamento em silagens, observou em estádios de colheita mais avançados (40% de MS), menor excreção de amido nas fezes de vacas holandesas em lactação, principalmente pela maior disponibilidade do amido em virtude do processamento.

Andrae et al. (2001), trabalhando com maturidade e processamento (moagem fina) verificaram que este processamento mecânico aumentou a degradabilidade do amido, porém com menor digestibilidade da fibra, em virtude do menor tamanho de partícula. Passini et al. (2004), embora trabalhando com grãos de milho quebrados com duas granulometrias e floculados, observaram aumento na degradabilidade efetiva da MS e do amido do milho pela floculação, em relação à moagem fina e à quebra.

Segundo Johnson e Koons, (1997), grãos laminados ou moídos finamente são melhor aproveitados por vacas em lactação. Simas (1996) destaca que o aumento da produção decorrente do aumento da utilização de amido em fontes de alta degradabilidade ruminal é consequência provável do aumento da energia absorvida (ácidos graxos de cadeia curta) e do maior aporte de proteína microbiana disponível para absorção.

É de fundamental importância que os sistemas que se utilizam da silagem de milho possam viabilizar o uso do amido, uma vez que a silagem, rica em grãos, proporciona rico aporte de energia nas dietas dos animais. Todo e qualquer incremento nesta energia poderá trazer consideráveis benefícios, principalmente para animais confinados em dietas de alto grão, bem como na lactação de vacas de alta produção, no balanço de energia ruminal.

Digestibilidade *in vitro* da Matéria seca

Para a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) apresentada na Figura 5, houve influência da interação híbrido*estádio*Tp e processamento*Tp. No estágio de maturação fisiológica observou-se influência do Tp, sendo que para cada um mm de TP aumentado, a DIVMS aumenta em 0,354%.

A interação em função dos fatores processamento*tamanho de partícula (Figura 6) mostra que a medida que aumenta o Tp aumenta em 0,1638% a DIVMS. Embora

as análises da DIVMS não utilizem o material *in natura*, desconsiderando assim o processamento por meio do esmagamento, pode-se inferir que o processamento foi significativo por aumentar a disposição do material para a ação microbiana mesmo na fase de silo, em função da ação de ácidos orgânicos, aumentando a digestibilidade pelo maior aporte de amido.

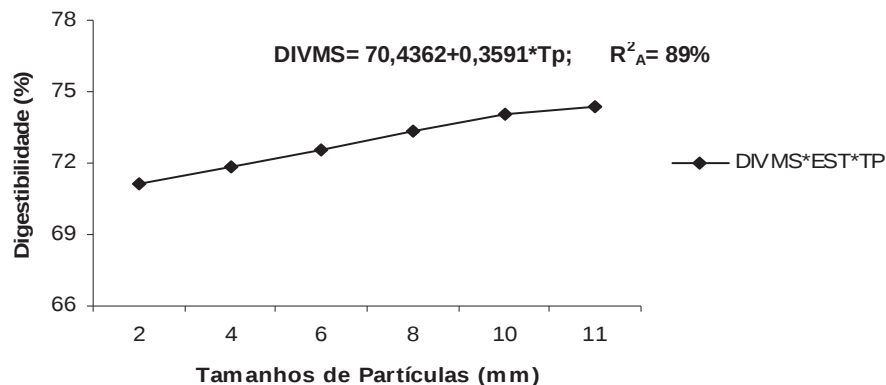


Figura 5. Digestibilidade *in vitro* da Matéria seca (DIVMS) em função da interação do estágio início de maturação fisiológica*tamanho de partícula (Tp).

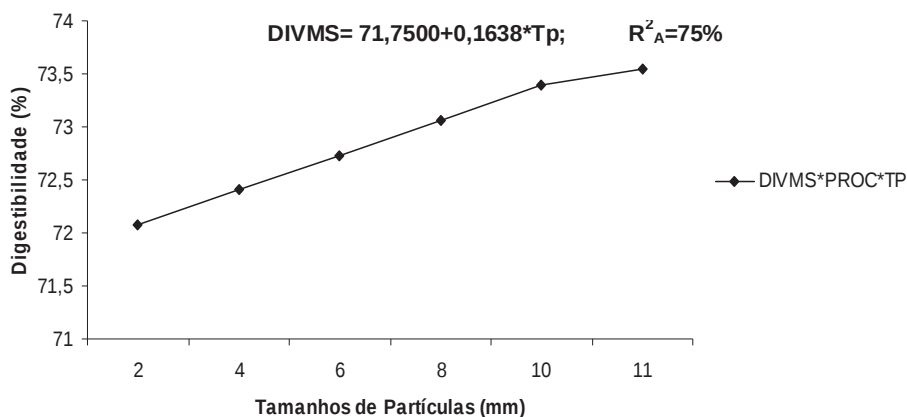


Figura 6. Digestibilidade *in vitro* da Matéria seca (DIVMS) em função do processamento*tamanho de partícula (Tp).

Wilkerson et al.(1997); citado por Jobim et al. (2003) trabalhando com vacas leiteiras com o fornecimento de grãos úmidos na dieta, verificaram diferenças na produção e composição do leite em função do aumento na digestibilidade da matéria

orgânica da dieta com silagem de grãos úmidos, devido a maior digestibilidade da proteína, do amido e dos carboidratos não fibrosos, destes grãos após o processo de ensilagem comparados a grãos secos.

Segundo Simas (1987) conclui que o aumento da produção de leite em vacas recebendo fontes de amido de alta degradabilidade ruminal, é provavelmente devido ao aumento da energia absorvida e mais proteína microbiana disponível para absorção, o que foi verificado no presente estudo pelo aumento da digestibilidade.

O uso de quebradores de grãos nas colhedoras de forragem promove maior aproveitamento e digestibilidade dos grãos com redução na digestibilidade da MS (Zobell et al., 2004), devido à redução do tamanho de partícula, o que indiretamente compromete ou prejudica a ruminação.

O processamento físico constitui-se em estratégia importante para colheita de plantas com avançado estágio de maturação. O ganho em maior digestibilidade do amido não é tão pronunciado nestes teores de MS, devido à maior porção leitosa do grão (Bal e Shaver, 1997). Por essa razão, aumentos significativos na produção de leite são esperados quando vacas que recebem silagens processadas onde os grãos apresentam mais da sua metade endurecida. Johnson et al. (1999) indicaram que o processamento de plantas em avançado estágio de maturação, garantiu maior benefício para a fração grãos.

Andrae et al. (2001), estudando a ingestão e digestibilidade com novilhos sobre o processamento (moagem fina) verificaram que o processamento aumentou a digestibilidade total do alimento encontrando menor digestibilidade da fibra, em virtude da diminuição da sua efetividade.

Conclusões

O processamento por meio do esmagamento da forragem antes da ensilagem melhora a digestibilidade da matéria seca da silagem de híbridos de milho em estádios mais avançados de colheita pelo maior aporte de amido no grão.

O esmagamento da massa de forragem antes da ensilagem proporciona maiores benefícios nos estádios mais avançados de colheita e em maiores granulometrias (11mm) em função das maiores degradabilidades encontradas, ampliando o intervalo de colheita e permitindo o uso de materiais de textura dura para ensilagem.

Referências

ANDRAE, J.G.; HUNT, C.W.; PRITCHARD, G.T.; KENNINGTON, L.R.; HARRISON, J.H. Effect of hybrid, maturity, and mechanical processing of corn silage on intake and digestibility by beef cattle. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 79, p. 2268–2275, 2001.

AOAC. **Official methods of analysis**. 13.ed. Washington: AOAC, 1990, 1015p.

BAL, N.; SHAVER, R. Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion and milk production. **Journal of Dairy Science**. v.80, p. 2497-2503, 1997.

CANTARELLI, V.S.; FIALHO, E.T.; SOUSA, R.V.; FREITAS, R.T.F.; LIMA, J.A.F. Composição química, vitreosidade e digestibilidade de diferentes híbridos de milho para suínos. **Ciência e Agrotecnologia**., Lavras, v. 31, n. 3, p. 860-864, maio/jun., 2007.

CELESTINE, G.A.; PEREIRA, M.N.; BRUNO, R.G.S.; VON PINHO, R.G.; CORREA, C.E.S. Effect of corn grain texture and maturity on ruminal in situ degradation. **Journal of Dairy Science**, v.84, p.419, 2001. Supplement 1.

CANTARELLI, V.S.; FIALHO, E.T.; SOUSA, R.V.; FREITAS, R.T.F.; LIMA, J.A.F. Composição química, vitreosidade e digestibilidade de diferentes híbridos de milho para suínos. **Ciência e Agrotecnologia**., Lavras, v. 31, n. 3, p. 860-864, maio/jun., 2007.

CARMO, S.G.; OLIVEIRA, J.S.; LANES, E.C.M.; ALMEIDA, E.J.D.; MOTTA, A.C.S. Efeito do avanço fenológico sobre o valor nutricional da forragem de milho Resumos - XXIX **Semana de Biologia e XII Mostra de Produção Científica** – UFJF Diretório Acadêmico de Ciências Biológicas - Walter Machado Cout, 2006.

CARVALHO, F.A.N.; BARBOSA, F.A.; McDOWELL, L.R. Nutrição de bovinos a pasto. Belo Horizonte: **Papelform**, 2003. 438p.

CORREA, C. E. S.; SHAVER, R. D.; PEREIRA, M. N.; LAUER, J. G.; KOHN
Relationship Between Corn Vitreousness and Ruminant In Situ Starch Degradability
Journal of Dairy Science Vol. 85 No. 11 3008-3012, 2002.

DHIMAN, T. R.; BAL, M. A.; WU, Z.; MOREIRA, V. R.; SHAVER, R. D.; SATTER, L.
D.; SHINNERS, K. J.; WALGENBACH, R. P Influence of Mechanical Processing on
Utilization of Corn Silage by Lactating Dairy Cows 2000 **Journal of Dairy Science**
83:2521–2528.

FACTORI, M.A.; COSTA, C.; MEIRELLES, P.R.L.; OLIVEIRA, K. ROSALES, L.A.;
Moraes, G.J.; GONÇALVES, H.C. Degradabilidade ruminal de híbridos de milho em
função do estágio de colheita e processamento na ensilagem. **Boletim da Indústria**
Animal, Nova Odessa, v.65, n.4, p.259-273, out./dez., 2008.

FLARESSO J.A., GROSS, C.D., ALMEIDA, E.X. Cultivares de milho (*Zea mays* L.) e
sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) para ensilagem no alto vale do Itajaí, Santa
Catarina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.6, p. 1608- 1615, 2000.

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. Forage fiber analysis (Apparatus, reagents,
procedures and some applications). **Agricultural Handbook**. Washington, DC: USDA,
1970, 379p.

HARRISON, J.H.; JOHNSON, L.; HUNT, C.; BOLSEN, K.K.; YOUNG, M.A.;
SHINNERS, K. Pre- and post-processing of corn and sorghum silages. **Journal of**
Dairy Science 75:140 (Suppl. 1), 1997.

HUNTINGTON, J.A.; GIVENS, D.I. The in situ technique for studying the rumen
degradation of feeds: a review of the procedure. **Nutricional Abstracts and Reviews**.
Series B, Wallingford, v. 65, n. 2, p. 63-93, 1995.

JOBIM, C.C.; BRANCO, A.B.; SANTOS, G.T. Silagem de grãos úmidos na
Alimentação de bovinos leiteiros. In: V Simpósio Goiano sobre Manejo e Nutrição de
Bovinos de Corte e Leite. **Anais...** Goiânia – Goiás, maio 2003. p. 357-376.

JOHNSON, L.; HARRISON, J.H.; HUNT, C.; SHINNERS, K.; DOGGETT, C.G.; SAPIENZA, D. Nutritive value of corn silage as affected by maturity and Mechanical process. A contemporary review. **Journal of Dairy Science**, v.82, p. 2813-2825, 1999.

JOHNSON, T.R., KOONS, C.W. Utilization of further processed high moisture shelled corn by lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, 75(Suppl. 1): Abstract ,62, 1997.

KONONOFF, P. J.; HEINRICHS, A. J.; BUCKMASTER, D. R. Modification of the Penn State Forage and Total Mixed Ration Particle Separator and the Effects of Moisture Content on its Measurements. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n.5, p.1858-1863, 2003.

KOTARSKI, S.F., WANISHA, R.D., THUR, K.K. Starch hydrolysis by ruminal microflora. **Journal of Nutrition**, 122:178-190, 1992.

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

NEUMANN, M.; MÜHLBACH, P.R.F.; NÖRNBERG, J.L.; RESTLE, J.; OST, P.R. Efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho (*Zea mays* L.) sobre as perdas durante o processo fermentativo e o período de utilização das silagens. **Revista brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1395-1405, 2007.

PASSINI, R.; BORGATTI, L.M.O.; FERREIRA, F.A.; RODRIGUES, P.H.M. Degradabilidade no rúmen bovino de grãos de milho processados de diferentes formas **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.3, p.271-276, mar. 2004.

PEREIRA, M.N.; PINHO, R.G.V.; BRUNO, R.G.S.; CALESTINE, G.A. Ruminant degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. **Scientia Agricola**. v.61, n.4, p.358-363, July/August 2004.

POORE, M.H., ECK, T.P., SWINGLE, R.S. et al. Total starch and relative starch availability of feed grains. In: BIENAL CONFERENCE ON RUMEN FUNCTION, 1989, Chicago. **Proceedings...** Chicago: 1989.

RODE, L. M.; WEAKLEY, D. C.; SATTER, L. D. Effect of forage amount and particle size in diets of lactating dairy cows on site digestion and microbial protein synthesis. **Canadian Journal Animal Science**, Ottawa, v. 65, p. 101–111, 1985.

SARTI, L.L.; JOBIM, C.C.; BRANCO, A.F. ; JACOBS, F. Degradação ruminal da matéria seca, da proteína bruta e da fração fibra de silagens de milho e de capim-elefante **Ciência Animal Brasileira** v. 6, n. 1, p. 1-10, jan./mar. 2005

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos biológicos**. 2. ed. Belo Horizonte: Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária, 2002. 265p.

SIMAS, J.M. Processamento de grãos para rações de vacas leiteiras. In: Simpósio Sobre Produção Animal, **Anais...** 9, 1996. Piracicaba, FEALQ, 1997. p. 7-32.

TILLEY, J. M. A. & TERRY, R. A. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **J. Br. Grassl. Soc.**, 18(2): 104-111, 1963.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Sistema de Análise Estatística e Genéticas SAEG**-. Versão 9.0. Viçosa, MG, 2000.

ZOBELL, D.R.; OLSON, K.C.; WIEDMEIER, R.D. Processed Corn Silage Effects on Digestibility and Production of Growing Beef Replacement Heifers Department of Animal, **Dairy and Veterinary Sciences**, AG/2004/Beef-03, Fev. 2004.

CAPÍTULO 4

IMPLICAÇÕES

Avaliações do comportamento de cultivares para silagem no Brasil, em especial daqueles com textura dura é relevante para o sistema de produção de forragens conservadas, principalmente em estádios mais avançados de colheita com uso do processamento por meio do esmagamento e diferentes tamanhos de partículas, para determinação da extensão do impacto dessa variável no valor nutritivo da silagem, adequando tudo isso, a espécie animal e ao sistema utilizado.

O momento de colheita ideal para a ensilagem é por muitas vezes fator de grande impacto na qualidade da silagem, uma vez que o corte precoce ou ainda, muito tardio, pode alterar o valor nutritivo da silagem e desta forma transformar um excelente volumoso em um material muito ruim. Para tanto, todo e qualquer argumento ou técnica que leve a aumentar este intervalo ou esta janela de colheita é fundamental para proporcionar maiores opções e tempo para tomadas de decisões pelos produtores rurais.

Toda técnica, deve ser amparada em comprovação científica e desta forma, trabalhos que visem aprimorar novas técnicas ou desenvolvê-las é de suma importância. Trabalhar com tamanhos de partículas, associados ao esmagamento da massa ensilada e sobretudo desempenho animal (corte e leite) deve ser mencionado para que estes respondam as inúmeras perguntas dos sistemas de produção.

Para tanto, estudos que visem a avaliação do benefício de uma máquina específica para o processamento seriam muito importante, principalmente no que tange a viabilidade econômica, a qual foi iniciada neste trabalho. Uma máquina pequena, para áreas menores, seria o ideal para atender pequenos e médios produtores, que com esta oportunidade, com certeza trariam mais lucro e viabilidade aos sistemas de produção dos quais se utilizam.