



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

GIANNE EVANS CUNHA

**CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO DE DIFERENTES  
GENÓTIPOS DE MILHO E DESEMPENHO PRODUTIVO DE  
BOVINOS NELORE CONFINADOS**

GIANNE EVANS CUNHA

**CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO DE DIFERENTES  
GENÓTIPOS DE MILHO E DESEMPENHO PRODUTIVO DE  
BOVINOS NELORE CONFINADOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Ciência Animal como parte das exigências para  
obtenção do título de Doutor em Ciência Animal,  
Área de Concentração em Produção Animal.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dra. Ivone Y. Mizubuti.

Londrina  
2013

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da  
Universidade Estadual de Londrina**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

C972c Cunha, Gianne Evans.  
Cinética de degradação de diferentes genótipos de milho e desempenho produtivo de bovinos Nelore confinados / Gianne Evans Cunha. – Londrina, 2013.  
70 f. : il.

Orientador: Ivone Yurika Mizubuti.  
Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, 2013.  
Inclui bibliografia.

1. Bovino de corte – Alimentação e rações – Teses. 2. Amido de milho – Teses. 3. Rúmen – Fermentação – Teses. 4. Milho como ração – Teses. 5. Ruminante – Teses. 6. Produção animal – Teses. I. Mizubuti, Ivone Yurika. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. III. Título.

CDU 636.085:636.2

GIANNE EVANS CUNHA

**CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO DE DIFERENTES GENÓTIPOS DE  
MILHO E DESEMPENHO PRODUTIVO DE BOVINOS NELORE  
CONFINADOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Ciência Animal como parte das exigências para  
obtenção do título de Doutor em Ciência Animal,  
Área de Concentração em Produção Animal.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientadora: Profa. Dra. Ivone Y. Mizubuti  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Profa. Dra. Odimári Priscila Pires do Prado  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Valter Harry Bumbieris Júnior  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Edson Luís de Azambuja Ribeiro  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Dr. Rodrigo da Costa Gomes  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -  
EMBRAPA

Londrina, 28 de março de 2013.

A DEUS,

Por ter me permitido conquistar mais esta vitória, me dando saúde e entendimento para chegar até o final deste trabalho.

Ao meu esposo José Franklin Falocci Filho com  
todo meu amor, alegria e gratidão,

Aos meus pais José Aparecido da Cunha e Geni da  
Costa Cunha, com amor e respeito,

A toda a minha família com amor e carinho, em  
especial minha irmã Gislene, com todo meu amor e  
gratidão,

A minha amiga Bruna Bonini Sestari, com toda  
minha gratidão, respeito e carinho.

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ivone Yurika Mizubuti, pela confiança, amizade, dedicação e orientação na realização deste trabalho;

Ao Programa de Pós Graduação em Ciência Animal da Universidade Estadual de Londrina pela oportunidade de realizar o curso de Pós-Graduação na área de concentração em Produção Animal;

À todos os docentes pelos ensinamentos transmitidos;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo;

À Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná pelo apoio financeiro ao projeto de Pesquisa;

Ao Grupo Matsuda pela doação do sal mineral utilizado neste estudo;

Ao Aluno do curso de pós-graduação Eduardo Peixoto e ao professor Dr. Rodrigo da Costa Gomes pelo apoio e ajuda nas análises estatísticas;

Aos estagiários, Camila, Carla, Aretha, Maciel, Nathali, Fernanda, Helena, e os outros 20, pela ajuda na condução do experimento, amizade e dedicação;

Aos funcionários da fazenda escola, Pedro, Ermínio, Jorge, Zé, Antônio, Zilda e Leonardo, pela ajuda e amizade;

Ao amigo Fernando Massaro por toda a atenção e ajuda durante a realização deste trabalho e análises no Laboratório de Nutrição Animal;

Aos amigos da pós-graduação da Universidade Estadual de Londrina, Bruna, Fernando, Elaine, Ana Paula, Arturo, Filipe, Roberta, pelo agradável convívio, companheirismo, colaboração e amizade.

Aos meus pais, José Aparecido da Cunha e Geni da Costa Cunha, pela vida, pelo amor e incentivo em todos esses anos de estudo;

À minha irmã, Gislene, pelo amor, compreensão e paciência, principalmente na fase final do doutorado;

Aos meus irmãos, sobrinhos e cunhados, pela alegria, amor e dedicação;

Aos meus sogros, José Franklin Falocci e Vera Ligia Falocci, pelo amor, carinho e apoio em todos esses anos de convívio;

As amigas Bruna Sestari, Keli Bergamo e Alessandra Iasbek, pela amizade e carinho dedicados a mim, tornando o caminho mais suave;

Ao meu esposo José Franklin Falocci Filho, por dedicar seu amor, pelo incentivo em todos os momentos, por me ensinar a ser forte, a ter coragem e por toda felicidade que me traz todos os dias de minha vida;

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o meu aprendizado e para que fosse possível a realização deste trabalho.

## BIOGRAFIA DA AUTORA

Gianne Evans Cunha, filha de José Aparecido da Cunha e Geni da Costa Cunha, nasceu em Londrina - Pr, em 13 de março de 1981.

Graduou-se em Zootecnia pela Universidade Estadual de Londrina, em agosto de 2006.

Ingressou no curso de Mestrado em Ciência Animal, área de concentração em Produção Animal, da Universidade Estadual de Londrina, em janeiro de 2007.

Em fevereiro de 2009, submeteu-se à defesa de dissertação para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal pela Universidade Estadual de Londrina.

Ingressou no curso de Doutorado em Ciência Animal, área de concentração em Produção Animal, da Universidade Estadual de Londrina, em janeiro de 2009, defendendo tese em 28 de março de 2013.

CUNHA, Gianne, Evans. **Cinética de degradação de diferentes genótipos de milho e desempenho produtivo de bovinos Nelore confinados**. 2013. 70 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

## RESUMO

Foram realizados três experimentos para avaliar três genótipos de milho (milho duro, semiduro e semidentado). **No experimento 1**, os milhos foram moídos em peneira de 10 mm de diâmetro e separados em quatro tamanhos de partículas: maiores que 1400  $\mu\text{m}$ ; entre 1400 e 850  $\mu\text{m}$ ; entre 850 e 420  $\mu\text{m}$ ; e menores que 420  $\mu\text{m}$ . Todas as amostras foram analisadas por meio da técnica *in situ*, sendo incubadas nos tempos de 3, 6, 9, 15, 24 e 48 horas, no rúmen de três bovinos machos, sem raça definida, com média de 550 kg de peso corporal, providos de cânula ruminal permanente para se verificar a degradação do amido. Houve efeito do genótipo sobre as frações **a**, **b** e **c** e sobre a degradabilidade potencial e degradabilidade efetiva com taxas de passagem de 0,02h<sup>-1</sup> e 0,06h<sup>-1</sup>. Para a fração **a**, o milho semidentado apresentou maior valor de solubilidade do amido (13,1%). O milho semidentado apresentou maiores valores de fração **b** (63,29%) e maior taxa de degradação (0,09h<sup>-1</sup>) (fração **c**). A degradação potencial do amido do milho semidentado e duro (48,72% e 49,52%, respectivamente) foram superiores ao do milho semiduro (44,38%). Considerando a taxa de passagem de 0,02h<sup>-1</sup> observou-se que o milho semidentado apresentou melhor degradação efetiva (43,5%). Comportamento semelhante foi observado com o milho semidentado, considerando a taxa de passagem de 0,06h<sup>-1</sup>, pois apresentou degradação superior (30,27%) ao do milho duro (28,07%). Houve efeito do tamanho de partícula sobre as frações **a**, **b** e **c**, e sobre a degradabilidade potencial e degradabilidade efetiva com taxas de passagem de 0,04h<sup>-1</sup> e 0,06h<sup>-1</sup>. A solubilidade do amido (fração **a**) aumentou à medida que o tamanho de partículas diminuiu e o oposto ocorreu para a fração **b** (insolúvel, mas degradável), sendo que os maiores valores (61,82% e 59,48%) foram observados em partículas maiores que 1400  $\mu\text{m}$  e partículas entre 1400  $\mu\text{m}$  e 850  $\mu\text{m}$ . Partículas menores que 420  $\mu\text{m}$  apresentaram valor de fração **c** bem superior (0,17h<sup>-1</sup>) aos demais tamanhos de partículas. A degradabilidade potencial das partículas entre 1400  $\mu\text{m}$  e 850  $\mu\text{m}$  e entre 850  $\mu\text{m}$  e 420  $\mu\text{m}$  foram (49,28% e 49,49%, respectivamente) superiores às demais partículas estudadas. Considerando as taxas de passagem de 0,04h<sup>-1</sup> e 0,06h<sup>-1</sup>, à medida que diminuiu o tamanho das partículas, melhorou a degradação efetiva do amido. Houve interação entre genótipo e tamanho de partícula para os parâmetros analisados e, de modo geral, milho semidentado com partículas menores que 420  $\mu\text{m}$  apresentaram melhores características de fermentação do amido. Concluiu-se que genótipos de milho com menor índice de vitreosidade apresentam maiores índices de solubilidade, taxa de passagem ruminal e degradação ruminal do que milhos com maior índice de vitreosidade. Genótipos de milho com tamanho de partículas menores apresentam índices de degradação superiores às partículas maiores. **No experimento 2**, as mesmas amostras foram avaliadas por meio da técnica de produção acumulativa de gases, sendo as amostras incubadas em frascos de 50 mL com 0,3 g de amostra, 24 mL de solução tampão e 6 mL de líquido ruminal e mantidos em câmara incubadora tipo BOD a 39° C durante todo o período experimental. Houve efeito do genótipo sobre a produção total de gases, sendo que o milho duro apresentou maior produção de gases (237,96 mL). Também se observou efeito do tamanho de partícula sobre o volume total de gases produzido, sendo que partículas menores que 420  $\mu\text{m}$  apresentaram maior produção de gases (237,88 mL). A taxa de degradação da fração potencialmente degradável (c) sofreu efeito do genótipo, sendo que o milho tipo duro (0,0843 h<sup>-1</sup>) e semiduro (0,0829 h<sup>-1</sup>) apresentaram valores superiores ao milho semidentado (0,0764 h<sup>-1</sup>). Houve efeito do tamanho de partícula sobre a fração c, sendo que a maior taxa de

degradação foi observada em partículas menores que 420  $\mu\text{m}$  ( $0,0964 \text{ h}^{-1}$ ) e a menor taxa de degradação ( $0,0724 \text{ h}^{-1}$ ), em partículas maiores que 1400  $\mu\text{m}$ . Houve interação entre tamanho de partícula e genótipo de milho sobre o tempo de colonização, sendo que em partículas finamente moída (menor que 420  $\mu\text{m}$ ) o genótipo duro apresentou menor tempo de colonização (7,63h) do que milho semiduro e semidentado (8,17h e 9,52h, respectivamente). Conclui-se que o milho duro fornece os melhores parâmetros de fermentação ruminal, com maior produção de gases pelas bactérias ruminais, maior taxa de degradação da fração potencialmente degradável dos carboidratos e menor tempo de colonização. **No experimento 3**, avaliou-se os três genótipos de milho na alimentação de bovinos confinados, utilizando-se 27 animais da raça Nelore, machos, castrados com peso inicial de  $350 \pm 24 \text{ kg}$  e 24 meses de idade. Os animais foram confinados durante 95 dias, sendo 14 dias de adaptação e 3 períodos de 27 dias, em 9 baias, com 3 animais cada, em delineamento experimental inteiramente casualizado com 3 dietas, DTMDU: dieta total contendo milho tipo duro, DTMSDU: dieta total contendo milho tipo semiduro e DTMSDE: dieta total contendo milho tipo semidentado. A dieta fornecida e sobras foram pesadas diariamente, para determinação do consumo. Os animais foram pesados a cada 27 dias para determinação de ganho de peso. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância. Não houve diferença entre as dietas para peso vivo final, sendo os valores médios de:  $443 \pm 31 \text{ kg}$ ,  $454 \pm 28 \text{ kg}$ ,  $436 \pm 23 \text{ kg}$ , para dieta contendo milho duro, semiduro e semidentado, respectivamente. Também não foram observadas diferenças entre as dietas para ganho de peso diário e consumo de matéria seca, sendo os valores médios de  $1,02 \pm 0,3 \text{ kg}$ ,  $0,95 \pm 0,26 \text{ kg}$ ,  $1,03 \pm 0,28 \text{ kg}$  para ganho de peso, e  $8,5 \pm 0,57 \text{ kg}$ ,  $8,8 \pm 0,48 \text{ kg}$ ,  $8,4 \pm 0,36 \text{ kg}$ , para consumo de MS em animais recebendo dietas com milho duro, semiduro e semidentado, respectivamente. A conversão alimentar e a eficiência alimentar não foram influenciadas pelas dietas, sendo os valores médios de conversão alimentar:  $8,59 \pm 1,3$ ,  $9,38 \pm 1,29$ ,  $8,67 \pm 2,13 \text{ kg/d}$ , e de eficiência alimentar:  $0,118 \pm 0,02$ ,  $0,108 \pm 0,01$ ,  $0,121 \pm 0,03 \text{ kg/kg}$  em animais recebendo dietas contendo milho duro, semiduro e semidentado, respectivamente. Pode-se concluir que os diferentes genótipos de milho estudados não influenciam o desempenho de bovinos Nelore confinados.

**Palavras Chave:** Amido. Avaliação *in situ*. Avaliação *in vitro*. Endosperma farináceo. Endosperma vítreo. Produção de gases. Ruminantes.

CUNHA, Gianne, Evans. **Degradation kinetics of different corn genotypes and performance of feedlot Nellore cattle.** 2013. 70 p. Thesis (Doctor in Animal Science) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

## ABSTRACT

Three experiments were carried out to evaluate three corn genotypes (flint, semi-flint and semi-dent corn). In **experiment 1**, the corns were ground into sieve holes of 10 mm and separated in four particle sizes: larger than 1400  $\mu\text{m}$ ; between 1400 and 850  $\mu\text{m}$ ; between 850 and 420  $\mu\text{m}$ ; and smaller than 420  $\mu\text{m}$ . The samples were analyzed by *in situ* technique, and incubated at times 3, 6, 9, 15, 24 and 48 hours in three males bovines, mixed breed, averaging 550 kg of body weight, with permanent rumen cannula to check the starch degradation. Genotype effect was found on the fractions **a**, **b** and **c**, and in potential degradability (PD) and effective degradability (ED) with a passage rate of  $0.02\text{h}^{-1}$  and  $0.06\text{h}^{-1}$ . In fraction **a**, semi-dent corn showed higher solubility of the starch (13.1%) than others genotypes. Semi-dent corn also showed highest values for the fraction **b** (63.29%) and degradation rate ( $0.09\text{h}^{-1}$ ) (fraction **c**). The potential degradation of starch in semi-dent and flint corn (48.72% and 49.52%, respectively) were higher than the semi-flint corn (44.38%). Considering the passage rate of  $0.02\text{h}^{-1}$ , semi-dent corn showed better effective degradation (43.5%). Considering the passage rate of  $0.06\text{h}^{-1}$ , similar behavior was observed for semi-dent-corn, which showed higher degradation (30.27%) than flint corn (28.07%). Likewise, particle size effect was found on the fractions **a**, **b** and **c**, and in potential degradability (PD) and effective degradability (ED) with a passage rate of  $0.04\text{h}^{-1}$  and  $0.06\text{h}^{-1}$ . There was an increase in starch solubility (fraction **a**) as the particle size decreased and the opposite occurred for the fraction **b** (insoluble but degradable fraction), where the highest values (61.82% and 59.48%) were observed for particles larger than 1400  $\mu\text{m}$  and particles between 1400  $\mu\text{m}$  and 850  $\mu\text{m}$ . Particles smaller than 420  $\mu\text{m}$  showed much higher fraction **c** value ( $0.17\text{h}^{-1}$ ) than others particle sizes. The potential degradability of the particles between 1400 and 850  $\mu\text{m}$  and between 850 and 420  $\mu\text{m}$  (49.28% and 49.49%, respectively) were higher than others studied particles. Considering the passage rate of  $0.04\text{h}^{-1}$  and  $0.06\text{h}^{-1}$ , was observed that as the particle size decreases, improved the starch effective degradation. There was an interaction between genotype and particle size and, overall, samples of semi-dent corn with particles smaller than 420  $\mu\text{m}$  showed better starch fermentation characteristics. It was concluded that corn genotypes with lowest vitreousness have higher rates of ruminal solubility, passage and degradation than corn with highest vitreousness. Different corn genotypes ground into smaller particles exhibit higher degradation rates than those coarse particles. In **experiment 2**, the same samples were evaluated using the technique of cumulative gas production, where the samples were incubated in 50 mL vials with, 0.3 g of sample, 24 mL of buffer solution and 6 mL of ruminal fluid and kept in incubator BOD at 39 °C throughout the experimental period. It was observed a genotype effect on total gas production, and flint corn showed higher gas production (237.96 mL). It was also observed effect of particle size on the total volume of gas produced, whereas particles smaller than 420  $\mu\text{m}$  showed higher gas production (237.88 mL). The degradation rate of potentially degradable fraction (**c**) was affected by genotype, and, flint ( $0.0843\text{h}^{-1}$ ) and semi-flint corn ( $0.0829\text{h}^{-1}$ ) showed higher values than semi-dent corn ( $0.0764\text{h}^{-1}$ ). Particle size effect was observed in the fraction **c**, which the higher degradation rate was observed in particles smaller than 420  $\mu\text{m}$  ( $0.0964\text{h}^{-1}$ ) and the lower degradation rate ( $0.0724\text{h}^{-1}$ ) in particles larger than 1400  $\mu\text{m}$ . There was interaction between particle size and corn genotype on lag time, and it was observed that in small particles (smaller than 420  $\mu\text{m}$ ) flint corn had

shorter lag time (7.63 h) than semi-flint and semi-dent corn (8.17 h and 9, 52h, respectively). It was concluded that flint corn and smaller particles provide better ruminal fermentation parameters, with higher gas production, higher rate of degradation of the potentially degradable carbohydrate and shorter lag time. In **experiment 3**, were evaluated the three corn genotypes in feeding of feedlot cattle, using 27 male Nellore steers, castrated with an initial body weight averaging  $350 \pm 24$  kg and 24 months of age. The animals were housed for 95 days (14 days in adaptation and 3 periods of 27 days each) in 9 pens with 3 animals each in a completely randomized design with 3 diets: TDFC: total diet with flint corn; TDSFC: total diet with semi flint corn and TSDC: Total diet with semi dent corn. Each 27 days they were weighed to evaluate the average daily gain (ADG). Feed deliveries and orts were registered daily to determine the dry matter intake (DMI). The data were submitted to one-way analysis of variance. There were no significant differences between diets for final body weight (FBW), and means $\pm$ SD for FBW were  $443 \pm 31$  kg,  $454 \pm 28$  kg,  $436 \pm 23$  kg, for diets with flint (FC), semi-flint (SFC) and semi-dent corn (SDC), respectively. No significant differences were also observed for ADG and DMI, with means  $\pm$ SD for ADG of  $1.02 \pm 0.3$  kg,  $0.95 \pm 0.26$  kg,  $1.03 \pm 0.28$  kg and for DMI of  $8.5 \pm 0.57$  kg,  $8.8 \pm 0.48$  kg,  $8.4 \pm 0.36$  kg, for diets with FC, SFC and SDC, respectively. The feed conversion ratio (FCR) and crude feed efficiency (CFE) were not influenced by the diets, and mean values  $\pm$  SD for FCR were  $8.59 \pm 1.3$ ,  $9.38 \pm 1.29$ ,  $8.67 \pm 2.13$  kg/d, and for CFE were  $0.118 \pm 0.02$ ,  $0.108 \pm 0.01$ ,  $0.121 \pm 0.03$  kg/kg for diets with FC, SFC and SDC, respectively. It was conclude that different corn genotypes studied did not influence the performance of Nellore steers confined.

**Key words:** Floury endosperm. Gas production. *in situ* Evaluation. *in vitro* Evaluation. Ruminants. Starch. Vitreous endosperm.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	14
2.1	<i>Características do milho</i> .....	14
2.2	<i>Processamento do milho</i> .....	16
2.3	<i>Métodos de avaliação da Cinética de Degradação Ruminal</i> .....	18
2.4	<i>Bovinocultura de corte</i> .....	18
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	20
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	23
3.1	<b>Objetivo Geral</b> .....	23
3.2	<b>Objetivos Específicos</b> .....	23
<b>4</b>	<b>ARTIGOS PARA PUBLICAÇÃO</b> .....	24
4.1	<b>Degradabilidade in situ do amido de diferentes genótipos de milho e em diferentes tamanhos de partículas</b> .....	24
	<b>Resumo</b> .....	24
	<b>Abstract</b> .....	25
	<b>Introdução</b> .....	26
	<b>Material e Métodos</b> .....	27
	<b>Resultados e Discussão</b> .....	30
	<b>Conclusões</b> .....	36
	<b>Referências</b> .....	36
4.2	<b>Cinética da fermentação ruminal de diferentes genótipos de milho e tamanho de partículas por meio da técnica de produção acumulativa de gases</b> .....	39
	<b>Resumo</b> .....	39
	<b>Abstract</b> .....	40
	<b>Introdução</b> .....	41
	<b>Material e Métodos</b> .....	42
	<b>Resultados e Discussão</b> .....	44

<b>Conclusões</b>	.....	49
<b>Referências</b>	.....	49
<b>4.3</b>	<b>Desempenho de bovinos Nelore alimentados com diferentes genótipos de milho</b> .....	53
<b>Resumo</b>	.....	53
<b>Abstract</b>	.....	54
<b>Introdução</b>	.....	55
<b>Material e Métodos</b>	.....	56
<b>Resultados e Discussão</b>	.....	59
<b>Conclusões</b>	.....	62
<b>Referências</b>	.....	63
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	66
<b>ANEXO 1 -</b>	<b>Normas editoriais para publicação na Semina: Ciências Agrárias, UEL</b> .....	67

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos houve aumento significativo da população mundial, que causou o aumento na demanda de carne. A necessidade de se aumentar a produtividade e a eficiência na produção de carne tem mudado o perfil da pecuária brasileira. A melhoria da eficiência significa maior lucratividade para o produtor e uma das ferramentas utilizadas para melhorar esse índice é o confinamento que ajuda a reduzir a idade de abate, melhora a taxa de desfrute dos rebanhos e aumenta o giro de capital.

Os alimentos concentrados utilizados em confinamentos são compostos principalmente por grãos de cereais. O milho é um dos principais grãos que compõe a dieta de bovinos confinados, representando uma fonte energética de alta qualidade (CORREA et al., 2002).

O grão de milho é produzido em quase todo o mundo e o Brasil é o terceiro maior produtor mundial, atrás apenas dos EUA e China, totalizando 53,2 milhões de toneladas na safra 2009/2010 (MAPA, 2013), sendo que cerca de 70% desse montante foi destinado à alimentação animal. De maneira geral, cerca de 80% da produção mundial de milho é destinada à alimentação animal, e em alguns países desenvolvidos esse índice pode chegar a 85% da produção (PAES, 2006).

O Paraná é líder na produção brasileira de milho, participando, em média, com 23% da produção total na safra 2011/2012. A maior parte do milho produzido no Paraná é consumida no próprio Estado, destinando-se às atividades pecuárias, que absorvem 65% do volume ofertado (YAGUSHI, 2012).

A maioria do milho produzido no Brasil é representado por genótipos duro e semiduro, que possuem matriz proteica envolvendo os grânulos de amido. Essa matriz proteica dificulta a colonização e degradação do amido pelos microrganismos ruminais, diminuindo o aproveitamento do amido.

Como a alimentação é responsável pela maior parte dos custos, a escolha de híbridos de milho em função do tipo de grão produzido, pode ter impactos sobre o desempenho animal e, sobretudo sobre a rentabilidade.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 *Características do milho*

O grão de milho possui quatro principais estruturas anatômicas na sua formação, que são: endosperma, gérmen, pericarpo (casca) e ponta. No endosperma é que se encontra o amido que corresponde de 60% a 80% da composição do milho.

Estruturalmente, o amido é um homopolissacarídeo composto por cadeias de amilose e amilopectina. A amilose é uma molécula linear formada por unidades de glicose unidas por ligações

glicosídicas  $\alpha$ -1,4, que compõem de 14% a 34% dos grânulos de amido, dependendo da espécie do grão e da variedade genética dessa espécie. Já a amilopectina é um polímero grande, ramificado, formado por uma cadeia linear de glicose ( $\alpha$ -1,4) com ramificações  $\alpha$ -1,6 a cada 20 unidades e compõe de 70% a 80% dos grânulos de amido do grão de milho ou sorgo (KOTARSKI; WANISKA; THURN, 1992; DENARDIN; SILVA, 2009).

Durante muito tempo, acreditou-se que a degradação do amido da dieta de ruminantes era mais eficaz quando ocorria no intestino delgado, pois se acreditava que o processo fermentativo no rúmen consumia alta quantidade de nutrientes que os animais não poderiam aproveitar. No entanto, ao longo dos anos demonstrou-se que o principal local de degradação é o rúmen, onde a maior porção de amido é fermentada pelos microrganismos, produzindo ácidos graxos voláteis (AGV). O amido que escapa sem sofrer fermentação ruminal pode ser enzimaticamente digerido no intestino delgado (ANTUNES; RODRIGUEZ, 2006).

Segundo Rémond et al. (2004), a digestão do amido no intestino delgado depende de enzimas específicas, principalmente a amilase, e os ruminantes não possuem quantidade suficiente para digerir todo o amido consumido, sendo necessária uma fermentação ruminal, para aumentar a eficiência de utilização desse nutriente. Os produtos finais dessa fermentação ruminal, são o acetato, propionato e butirato que podem suprir até 80% das exigências energéticas dos animais (VAN SOEST, 1994) e também, são essenciais para a nutrição protéica dos ruminantes devido a importância da proteína microbiana para esses animais.

A fermentação do amido no rúmen é mais interessante do que a digestão intestinal, pois na fermentação, as bactérias produzem grandes quantidades de acetato, que é utilizado na lipogênese. Em ruminantes, a lipogênese ocorre no tecido adiposo e necessita de grande quantidade de Acetil CoA, e o acetato possui quantidade suficiente para suprir essas necessidades. Quando a digestão do amido ocorre no intestino delgado, é produzido glicose que fornece baixa quantidade de Acetil CoA no tecido adiposo, sendo desprezível para a lipogênese nos ruminantes. Sendo assim, a eficiência de produção de energia a partir da fermentação do amido de grãos é melhor quando a digestão ocorre no rúmen (ANTUNES; RODRIGUEZ, 2006).

O endosperma pode ser classificado como endosperma vítreo ou farináceo, dependendo da distribuição dos grânulos de amido e da matriz de proteína. O endosperma farináceo não possui matriz protéica circundando os grânulos de amido, enquanto que o endosperma vítreo possui matriz proteica densa, estruturada que circunda esses grânulos, conferindo ao grão de milho aparência vítrea e dura (PAES, 2006). Essa matriz protéica é um dos principais fatores que afetam a utilização do amido, pois dificulta a ação das enzimas microbianas e pancreáticas e estão presentes em maiores quantidades nos grãos de milho e sorgo (SNIFFEN; ROBINSON, 1987; KOTARSKI; WANISKA; THURN, 1992).

A principal diferença entre os tipos ou classes de milho é a relação entre o endosperma vítreo e farináceo. Os principais tipos de milho são: duro ou “flint” que possui alta quantidade de endosperma vítreo; dentado que possui média quantidade de endosperma vítreo e o farináceo que possui baixa ou

inexistente quantidade de endosperma vítreo. Além desses três genótipos, existem híbridos semiduro e semidentado que apresentam características intermediárias entre duro e dentado (SALVADOR, 1997).

Essa classificação é importante, pois segundo Philippeau e Michalet-Doreau (1997), o aumento na vitreosidade do grão está associado com a diminuição na degradação do amido. Essa textura do grão também está relacionada ao estágio de maturidade da planta, sendo que quanto mais madura a planta, maior a vitreosidade do grão (CORREA et al., 2002).

Philippeau, Le Deschault de Monredon e Michalet-Doreau (1999) estudaram as características do grão de milho e a degradação ruminal do amido, concluindo que a degradação do amido está intimamente relacionada com a textura do grão (vitreosidade), sendo que esta determina em que parte do aparelho digestivo o amido será digerido, influenciando o produto da digestão. Se o amido for degradado no rúmen produzirá ácidos graxos voláteis e se for degradado no intestino delgado, produzirá glicose.

Pereira et al. (2004) trabalhando com textura do grão de milho e estágio de maturidade, verificaram que grãos do tipo dentado são mais degradáveis no rúmen quando comparados com grãos de textura dura e que em situações de colheita tardia (textura mais firme), a utilização de híbridos dentados melhorou a degradação do amido.

No endosperma vítreo, as bactérias proteolíticas aderem-se primeiramente ao grânulo de amido fermentando a matriz proteica, e somente após o término da fermentação desta matriz proteica é que as bactérias amilolíticas se aderem aos grânulos de amido para iniciar a fermentação. Já o endosperma farináceo, é fermentado mais rapidamente e diretamente pelas bactérias amilolíticas, pois não possui matriz proteica (ANTUNES; RODRIGUEZ, 2006).

## ***2.2 Processamento do milho***

O pericarpo, camada fibrosa que cobre todo o grão, representa o maior impedimento físico para a colonização microbiana e digestão dos grãos. Após o rompimento dessa estrutura por meio do processamento ou mastigação do grão, a taxa de fermentação dos grânulos de amido é determinada pela quantidade de matriz proteica que circunda os grânulos de amido (ANTUNES; RODRIGUEZ, 2006).

O processamento do grão atua aumentando a área de superfície, reduzindo a interação da matriz proteica com os grânulos de amido e aumentando a solubilidade do amido em água através do rompimento das pontes de hidrogênio das moléculas de amilose e amilopectina, o que facilita a adesão e digestão enzimática pelas bactérias ruminais (ANTUNES; RODRIGUEZ, 2006).

O processamento físico do grão consiste em quebra, moagem, trituração, pelletização, floculação e ensilagem de grão úmido, a fim de proporcionar melhor digestão do amido pelas enzimas de microrganismos ruminais e também de enzimas pancreáticas no intestino delgado (NOCEK; TAMMINGA, 1991). Sendo assim, o tamanho da partícula tem influência na fermentação ruminal,

produção microbiana e eficiência da utilização de nutrientes no rúmen (BEAUACHEMIN et al., 1994; PASSINI et al., 2004).

Teixeira, Santos e Oliveira (1996) estudando a degradabilidade efetiva da matéria seca e a taxa de degradação *in situ* do milho, constataram que o milho moído foi superior ao milho quebrado. Em outro estudo, *in situ*, Lykos e Varga (1995) verificaram que o milho finamente moído apresentou maior valor (53,3%) de solubilidade da fração protéica em comparação com o milho quebrado (31,7%) e o milho floculado (29,4%), confirmando que o tamanho das partículas de milho tem influência na degradação dos nutrientes no rúmen e são extremamente importantes para o aproveitamento dos mesmos.

Rémond et al. (2004) trabalhando com diferentes tamanhos de partículas de milho na digestão do amido no rúmen e no intestino, concluíram que o milho do tipo semi-duro deve ser finamente moído, pois partículas maiores do que 1 mm não foram totalmente digeridas no rúmen e o intestino não conseguiu compensar esse déficit na digestão. Por outro lado, o grão do tipo dentado teve melhor digestão ruminal e intestinal até mesmo em partículas mais grosseiras, no entanto, essa digestão intestinal foi pequena e não significativa para o suprimento de energia para o animal, mostrando que o amido deve ser preferencialmente degradado no rúmen. Verificaram ainda que genótipos de milho, de textura mais macia, proporcionam maior digestão ruminal do amido.

Segundo pesquisa realizada por Millen et al. (2009), 79,3% dos nutricionistas brasileiros utilizam o milho como fonte de energia em dietas para bovinos em confinamento, sendo que 90,9% relataram utilizar o grão do tipo duro. Ainda nesse estudo, verificou-se que 54,8% dos nutricionistas utilizam o grão moído fino e 38,7% utilizam apenas grãos quebrados. Diante desses dados, verifica-se que no Brasil, se utiliza milho com maior quantidade de endosperma vítreo e que grande parte dos nutricionistas recomendam apenas milho quebrado para fornecer ao animal, enquanto que o milho do tipo duro deveria ser moído finamente para ser melhor aproveitado pelos animais confinados.

Em estudo realizado por Corona et al. (2006), verificou-se que a digestão ruminal do amido foi 14,4% menor em milho laminado comparado ao milho floculado. Verificou-se que para o milho laminado houve efeito linear da vitreosidade na digestão pós ruminal do amido, sendo que o aumento da vitreosidade diminuiu a digestão do amido. Esse efeito não foi observado no milho floculado. Todos os milhos estudados tiveram semelhante digestibilidade do amido, reiterando a importância do processamento do milho no aproveitamento do grão pelos animais.

Como os grãos representam o maior custo da ração, o nutricionista deve aplicar técnicas (processamento e escolha do híbrido) que permitam obter o máximo de energia possível para diminuir o custo de energia metabolizável da dieta.

### **2.3 Métodos de Avaliação da Cinética de Degradação Ruminal**

Para avaliar a degradabilidade e digestibilidade de alimentos existem vários métodos, e, dentre eles os mais utilizados são técnicas *in situ* e *in vitro*. A técnica *in situ* consiste em colocar pequena quantidade de alimento em sacos de náilon não degradáveis e suspendê-los no rúmen onde deverá permanecer por um tempo determinado pelo pesquisador. Após esse período, os sacos são retirados e as amostras analisadas. Essa é uma das técnicas mais utilizadas para determinar a degradação da proteína, mas também pode ser utilizada para avaliar a dinâmica ruminal de outros nutrientes (ØRSKOV; McDONALD, 1979).

Madsen e Hvelplund (1985) compararam as metodologias *in vitro*, *in vivo*, a de solubilidade em tampão e em sacos de náilon para a degradação de proteína, e concluíram que a metodologia dos sacos de náilon tem uma relação mais estreita com a técnica *in vivo*. No entanto, sabe-se que essa técnica é mais onerosa e lenta.

Uma alternativa foi o desenvolvimento da técnica de degradabilidade *in vitro*, que hoje é muito utilizada por ser rápida, segura e de baixo custo em relação ao método *in situ* (BARCELOS et al., 2001). Pell e Schofield (1993) desenvolveram uma técnica rápida, segura e de boa precisão que consiste no monitoramento computadorizado da produção de gás, que é uma medida direta do crescimento microbiano e possui um ótimo índice para medir a energia metabolizável produzida. Essa técnica considera a conversão de todas as principais fontes de energia metabolizável (monossacarídeos, polissacarídeos, celulose, hemicelulose, pectinas e amido) em CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>.

Todos os trabalhos que envolvem degradabilidade de nutrientes visam obter resultados próximos aos que ocorrem naturalmente no rúmen do animal, por esse motivo existem desenvolvimentos de tantas técnicas alternativas, na tentativa de se obter resultados seguros, com análises mais fáceis e menos onerosas.

### **2.4 Bovinocultura de Corte**

A bovinocultura de corte vem se destacando na economia nacional e hoje já representa grande parte do agronegócio brasileiro. Atualmente, o Brasil possui um dos maiores rebanho comercial do mundo, com 212,8 milhões de cabeças registradas em 2011 (VALLE, 2011; IBGE, 2012). Está entre os maiores produtores mundial de carne, com produção, em 2011, de 9,77 milhões de ton. de equivalente carcaça e ocupa lugar de destaque na exportação de carne bovina no mundo, com volume exportado em 2011, de 1,65 milhões de ton. (ABIEC, s.d.).

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (ABIEC, s.d.), o rebanho brasileiro é composto de 80% de animais de raças zebuínas (*Bos indicus*), que são animais rústicos e que apresentam uma ótima adaptação às condições ambientais brasileiras, sendo que dentre as raças zebuínas, se destaca a raça Nelore que representa 90% desta parcela.

Com a necessidade de aumento na produção, lucros e eficiência, o uso de confinamento na engorda de bovinos de corte vem aumentando a cada ano. Segundo levantamento realizado pela ASSOCON (2012), em 2010 foram confinados 2,1 milhões de animais no Brasil e esse número elevou-se para cerca de 3,9 milhões de animais em 2012, representando um aumento de 46% no número de animais confinados.

Esses dados demonstram que a pecuária nacional está se especializando e garantindo ao Brasil destaque na produção mundial de carne. No entanto, alguns fatores desestimulam o uso do confinamento, como por exemplo, a qualidade dos ingredientes que afeta o desempenho do animal refletindo negativamente sobre os índices produtivos. Além disso há o impacto econômico da alimentação que representa aproximadamente 85% do custo da atividade produtiva, sendo que a ração concentrada é a principal limitante nesse sistema (EZEQUIEL et al., 2006).

O milho está presente na maioria dos confinamentos sendo um alimento essencial para fornecimento de amido para a fermentação ruminal, resultando em AGV que os ruminantes transformam em energia. O que ocorre atualmente é que a maioria do milho utilizado no Brasil é de variedade com endosperma mais vítreo (mais duro e seco), que são cultivares com grãos duro e semiduro, pois essas variedades mantêm melhor qualidade no armazenamento. Os cultivares com grãos dentados representam em torno de 5-6% das opções de mercado e a maioria é recomendada para a produção de milho verde ou silagem (CRUZ; PEREIRA FILHO, 2008).

Segundo Millen et al. (2009) 79,3% dos nutricionistas brasileiros utilizam o milho como fonte de energia em dietas de confinamento, e apenas 20,7% utilizam o sorgo. Do total dos nutricionistas entrevistados, 90,9% relataram utilizar o grão do tipo duro e 8,1% utilizam grão tipo dentado. Ainda nesse estudo, verificou-se que 54,8% dos nutricionistas utilizam o grão moído fino e 38,7% utilizam apenas o grão quebrado, confirmando que no Brasil a maior parte dos confinamentos, utilizam milho com alto teor de vitreosidade (duro) e que grande parte dos nutricionistas (38,7%) recomendam apenas milho quebrado para fornecer ao animal.

O conhecimento do efeito que as variedades de milho podem causar na produção é essencial para agropecuária que poderá utilizar uma variedade ideal para a alimentação de ruminantes. Considerando que a margem de lucro dos pecuaristas é pequena e que, o conteúdo energético seja responsável pela engorda dos animais e também um dos itens mais onerosos em um confinamento, a determinação de uma variedade ideal que melhore o desempenho e rendimento de carcaça é crucial para aumentar o lucro do produtor.

Os resultados de alguns trabalhos de pesquisa mostram que a vitreosidade e a granulometria do grão de milho tem grande influência na degradação do amido, sendo que quando a textura do grão é mais dura e as partículas são maiores, ocorre diminuição significativa da degradabilidade do amido (PHILIPPEAU; MICHALET-DOREAU, 1997; PHILIPPEAU; LE DESCHAULT DE MONREDON; MICHALET-DOREAU, 1999; CORREA et al., 2002).

Os estudos sobre o tema no Brasil são recentes e ainda há muito que se estudar, para que se possa entender o comportamento de degradação dessas partículas e determinar a melhor forma de oferecer esse alimento aos ruminantes, no intuito de maximizar sua utilização.

## REFERÊNCIAS

ANTUNES, R. C.; RODRIGUEZ, N. M. Metabolismo dos carboidratos não estruturais. In: Telma Teresinha Berchielli; Alexandre Vaz Pires; Simone Gisele de Oliveira. (Org.). *Nutrição de Ruminantes*. 1.ed. Jaboticabal: Funep, p. 151-182, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES (ABIEC): *Rebanho Bovino Brasileiro*. Disponível em: [http://www.abiec.com.br/3\\_rebanho.asp](http://www.abiec.com.br/3_rebanho.asp). Acesso em: 14 de janeiro de 2013.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS CONFINADORES (ASSOCON): *Levantamento da ASSOCON Sobre o Sistema de Produção em Confinamento no Brasil*. 2012. Disponível em: <http://www.assocon.com.br/wordpress/wp-content/uploads/2012/12/Levantamento-sobre-Confinamento-ASSOCON-2012.pdf>. Acesso em: 15 de março de 2013.

BARCELOS, A.F.; PAIVA, P.C.A.; PERÉZ, J.R.O.; TEIXEIRA, J.C.; CARDOSO, R.M. Avaliação da casca e da polpa desidratada de café (*coffea arabica* L.) pela técnica de degradação *in vitro* de produção de gás. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.30, n.6, p.1829-1836, 2001.

BEAUACHEMIN, K.A.; McALLISTER, T.A.; DONG, Y.; FARR, B.I.; CHENG, K.J. Effects of mastication on digestion of whole cereal grains by cattle. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.72, n.1, p.236-246, 1994.

CORONA, L.; OWENS, F.N.; ZINN, R.A. Impact of corn vitreousness and processing on site and extent of digestion by feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.84, n.11, p.3020-3031, 2006.

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

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A. Perfil das cultivares de milho comercializadas no Brasil. Ministério da Agricultura e Abastecimento. *Circular Técnica (EMBRAPA)*, dezembro de 2008. Sete Lagoas, MG, v.101, 8p., 2008.

DENARDIN, C.C.; SILVA, L.P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.39, n.3, p.945-954, 2009.

EZEQUIEL, J. M. B.; GALATI, R. L.; MENDES, A. R.; FATURI, C. Desempenho e características de carcaça de bovinos Nelore em confinamento alimentados com bagaço de cana-de-açúcar e diferentes fontes energéticas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.35, n.5, p.2050-2057, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Comunicação Social de outubro de 2012: Produção da Pecuária Municipal 2011*. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=2241&id\\_pagina=1](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=2241&id_pagina=1). Acesso em: 16 de março de 2013.

KOTARSKI, S.F.; WANISKA, R.D.; THURN, K.K. Starch hydrolysis by the ruminal microflora. *Journal of Nutrition*, Philadelphia, v.22, n.1, p.178-190, 1992.

LYKOS, T.; VARGA, G.A. Effects of processing method on degradation characteristics of protein and carbohydrate sources in situ. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.78, n.8, p.1789-1801, 1995.

MADSEN, J.; HVELPLUND, T. Protein degradation in the rumen. A comparison between in vivo, nylon bag, in vitro, and buffer measurements. *Acta Agriculturae Scandinavica Stockholm*, v.25, *Supplementum*, p.103-124, 1985.

MILLEN, D.D.; PACHECO, R. D. L.; ARRIGONI, M. D. B.; GALYEAN, M. L.; VASCONCELOS, J. T. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.87, n.10, p.3427-3439, 2009.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (MAPA): *Milho*. Disponível em: [www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/milho](http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/milho) . Acesso em: 07 jan. 2013.

NOCEK, J.E.; TAMMINGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.74, n.10, p.3598-3629, 1991.

ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal of Agricultural Science*, Aberdeen, v.92, n.2, p.499-503, 1979.

PAES, M.C.D. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. Ministério da Agricultura e Abastecimento. *Circular Técnica (EMBRAPA)*, dezembro de 2006. Sete Lagoas, MG, v.75, 6p., 2006

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, 2004.

PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.76, n.4, p.1063-1073, 1993.

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

PHILIPPEAU, C.; MICHALET-DOREAU, B. Influence of genotype and stage of maturity of maize on rate of ruminal starch degradation. *Animal Feed Science Technology*, Amsterdam, v.68, n.1, p.25-35, 1997.

PHILIPPEAU, C.; LE DESCHAULT DE MONREDON, F.; MICHALET-DOREAU, B. Relationship between ruminal starch degradation and the physical characteristics of corn grain. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.77, n.1, p.238-243, 1999.

RÉMOND, D.; CABRERA-ESTRADA, J.I.; CHAMPION, M.; CHAUVEAU, B.; COUDURE, R.; PONCET, C. Effect of corn particle size on site and extent of starch digestion in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.87, n.5, p.1389-1399, 2004.

SALVADOR, R. J. *Maize*. Adaptação de artigo publicado na “Encyclopedia of Mexico”, Fitzroy Dearborn Publishers, 1997. Disponível em: <http://oregonstate.edu/instruct/css/330/six/index.htm>. Acesso em: 14 de janeiro 2013.

SNIFFEN, C.J.; ROBINSON, P.H. Microbial growth and flow as influenced by dietary manipulations. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.70, n.2, p.425-441, 1987.

TEIXEIRA, J.C.; SANTOS, R.M.; OLIVEIRA, A.I.G. Degradabilidade ruminal da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro de rações contendo caroço de algodão e grão de milho, em diferentes formas físicas, em vacas da raça Holandesa. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.25, n.4, p.814-823, 1996.

VALLE, E. R. *Boas práticas agropecuárias: bovinos de corte: Manual de orientações*. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2011. 69p. Disponível em: [http://cloud.cnpqc.embrapa.br/bpa/files/2013/02/MANUAL\\_de-BPA\\_NACIONAL.pdf](http://cloud.cnpqc.embrapa.br/bpa/files/2013/02/MANUAL_de-BPA_NACIONAL.pdf). Acesso em: 14 de janeiro de 2013.

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

YAGUSHI, J. T. *Milho: Análise da conjuntura agropecuária*. 2012. Disponível em: [www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/milho\\_12\\_13.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/milho_12_13.pdf) . Acesso em: 05 de Janeiro de 2013.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo Geral**

Avaliar genótipos de milho por meio das características bromatológicas, vitreosidade, degradação ruminal do amido e efeitos de sua adição em dietas sobre o desempenho e rendimento de carcaça de bovinos Nelore confinados.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

Avaliar as características bromatológicas de três diferentes genótipos de milho e determinar a vitreosidade.

Avaliar degradação ruminal do amido desses genótipos por meio de técnicas *in situ* e *in vitro*.

Avaliar os efeitos da utilização dos genótipos de milho sobre o desempenho e o rendimento de carcaça de bovinos Nelore em confinamento.

## 4. ARTIGOS PARA PUBLICAÇÃO

### 4.1. Degradabilidade *in situ* do amido de diferentes genótipos de milho e em diferentes tamanhos de partículas

#### *In situ* degradability of starch from different corn genotypes and in different particle sizes

**Resumo:** Objetivou-se avaliar três genótipos de milho (milho duro, semiduro e semidentado) que foram moídos em peneira de 10 mm de diâmetro e separados em quatro tamanhos de partículas: partículas maiores que 1400 µm; partículas entre 1400 e 850 µm; partículas entre 850 e 420 µm; e partículas menores que 420 µm. As amostras foram incubadas nos tempos de 3, 6, 9, 15, 24 e 48 horas no rúmen de três bovinos machos, sem raça definida, com média de 550 kg ( $\pm 25$  Kg) de peso corporal, providos de cânula ruminal permanente para se verificar a degradação do amido. Houve efeito do genótipo sobre as frações **a**, **b** e **c**, e sobre a degradabilidade potencial e degradabilidade efetiva com taxas de passagem de  $0,02h^{-1}$  e  $0,06h^{-1}$ . Para a fração **a**, o milho semidentado apresentou maior solubilidade do amido (13,1%), seguido do milho semiduro (11,82%) e duro (9,44%). O milho semidentado apresentou maior valor de fração **b** (63,29%), do que o milho duro (50,96%) e semiduro (36,37%). Contudo, na fração **c**, observou-se que o milho semidentado apresentou a maior taxa de degradação ( $0,09h^{-1}$ ), seguido do milho semiduro ( $0,07h^{-1}$ ) e duro ( $0,04h^{-1}$ ). A degradação potencial do amido do milho semidentado e duro (48,72% e 49,52%, respectivamente) foram superiores ao do milho semiduro (44,38%). Considerando a taxa de passagem de  $0,02h^{-1}$  observou-se que o milho semidentado apresentou melhor degradação efetiva (43,5%), do que o milho duro (41,23%) e semiduro (38,36%). Comportamento semelhante foi observado para o milho semidentado, considerando a taxa de passagem de  $0,06h^{-1}$ , pois apresentou degradação superior (30,27%) ao do milho duro (28,07%). Também se observou efeito do tamanho de partícula sobre as frações **a**, **b** e **c**, e sobre a degradabilidade potencial e degradabilidade efetiva com taxas de passagem de  $0,04h^{-1}$  e  $0,06h^{-1}$ . Houve aumento na solubilidade do amido (fração **a**) à medida que o tamanho de partículas diminuiu e o oposto ocorreu para a fração **b** (insolúvel, mas degradável), sendo que os maiores valores (61,82% e 59,48%) foram observados para partículas maiores que 1400 µm e partículas entre 1400 µm e 850 µm. Partículas menores que 420 µm apresentaram valor de fração **c** bem superior ( $0,17h^{-1}$ ) aos demais tamanhos de partículas, que apresentaram valores semelhantes (partículas maiores que 1400 µm =  $0,03h^{-1}$ , partículas entre 1400 µm e 850 µm =  $0,04h^{-1}$  e partículas entre 850 µm e 420 µm  $0,03h^{-1}$ ). A degradabilidade potencial das partículas entre 1400 µm e 850 µm e entre 850 µm e 420 µm foram semelhantes (49,28% e 49,49%, respectivamente) e superiores às demais partículas estudadas. Considerando as taxas de passagem de  $0,04h^{-1}$  e  $0,06h^{-1}$ , observou-se que à medida que diminuiu o tamanho das partículas, melhorou a degradação efetiva do amido, sendo que partículas de tamanho entre 1400 µm e 850 µm e partículas de tamanho entre 850 µm e 420 µm apresentaram degradabilidade semelhantes. Houve interação entre genótipo e tamanho de partícula para os parâmetros analisados e, de modo geral, amostras de genótipo semidentado com partículas menores que 420 µm apresentaram melhores características de fermentação do amido. Conclui-se que genótipos de milho com menor índice de vitreosidade apresentam maiores índices de solubilidade, taxa de passagem ruminal e degradação ruminal do que milhos com maior índice de vitreosidade. Milhos de diferentes genótipos moídos em partículas menores apresentam índices de degradação superiores às partículas maiores. Genótipo de milho com baixa vitreosidade associado à moagem mais fina apresenta melhores parâmetros de fermentação ruminal do amido.

**Palavras Chave:** bovinos, degradação ruminal, solubilidade, vitreosidade

**Abstract:** The aim of this study was to evaluate three corn genotypes (flint corn, semi-flint corn and semi-dent corn) that were ground into sieves of 10 mm and separated in four mean particle sizes: particles larger than 1400  $\mu\text{m}$ ; particles between 1400 and 850  $\mu\text{m}$ ; particles between 850 and 420  $\mu\text{m}$ ; and particles smaller than 420  $\mu\text{m}$ . The samples were incubated at times 3, 6, 9, 15, 24 and 48 hours in three crossbreed steers, averaging 550 kg of body weight, with permanent rumen cannula to evaluate the starch degradation. Genotype effects were found on the fractions **a**, **b** and **c**, and on potential degradability (PD) and effective degradability (ED) with a passage rate of  $0.02\text{h}^{-1}$  and  $0.06\text{h}^{-1}$ . To fraction **a**, semi-dent corn showed higher solubility of the starch (13.1%) followed by semi-flint corn (11.82%) and flint corn (9.44%). Semi-dent corn showed higher fraction **b** (63.29%) than flint corn (50.96%) and semi-flint corn (36.37%). In fraction **c**, it was observed that semi-dent corn showed the highest degradation rate ( $0.09\text{h}^{-1}$ ) followed by semi-flint corn ( $0.07\text{h}^{-1}$ ) and flint corn ( $0.04\text{h}^{-1}$ ). The potential degradation of starch in semi-dent and flint corn (48.72% and 49.52%, respectively) were higher than the semi-flint corn (44.38%). Considering the passage rate of  $0.02\text{h}^{-1}$ , it was observed that semi-dent corn had better effective degradation (43.5%) than flint corn (41.23%) and semi-flint corn (38.36%). Considering the passage rate of  $0.06\text{h}^{-1}$ , similar behavior was observed for semi-dent corn, which showed higher effective degradation (30.27%) than flint corn (28.07%). Likewise, particle size effect was found on the fractions **a**, **b** and **c**, and PD and ED with a passage rate of  $0.04\text{h}^{-1}$  and  $0.06\text{h}^{-1}$ . There was an increase in starch solubility (fraction **a**) as the particle size decreased and the opposite occurred for the fraction **b** (insoluble but degradable fraction), where the highest values (61.82% and 59.48%) were observed for particles larger than 1400  $\mu\text{m}$  and particles between 1400  $\mu\text{m}$  and 850  $\mu\text{m}$ . Particles smaller than 420  $\mu\text{m}$  showed much higher fraction **c** value ( $0.17\text{h}^{-1}$ ) than others particle sizes, which showed very similar values (particles larger than 1400  $\mu\text{m}$  =  $0.03\text{h}^{-1}$ , particles between 1400 and 850  $\mu\text{m}$  =  $0.04\text{h}^{-1}$  and particles between 850 and 420  $\mu\text{m}$  =  $0.03\text{h}^{-1}$ ). The potential degradability of the particles between 1400  $\mu\text{m}$  and 850  $\mu\text{m}$  and particles between 850  $\mu\text{m}$  and 420  $\mu\text{m}$  were similar (49.28% and 49.49%, respectively) and higher than the other particles size studied. Considering the passage rate of  $0.04\text{h}^{-1}$  and  $0.06\text{h}^{-1}$ , it was observed that as the particle size decreases, improved the starch effective degradation, and particles between 1400  $\mu\text{m}$  and 850  $\mu\text{m}$  and particles between 850  $\mu\text{m}$  and 420  $\mu\text{m}$  showed similar degradability. There was an interaction between genotype and particle size for all parameters and, overall, samples of semi-dent corn with particles smaller than 420  $\mu\text{m}$  showed better starch fermentation characteristics. It was concluded that corn genotypes with lowest vitreousness have higher rates of ruminal solubility, passage and degradation than corn with highest vitreousness. Different corn genotypes ground into smaller particles exhibit higher degradation rates than those coarse particles. Corn with low vitreousness genotype associated with finer grind presents the best parameters of ruminal starch fermentation.

**Key words:** beef cattle, rumen degradation, solubility, vitreousness.

## Introdução

Os alimentos concentrados utilizados na alimentação de bovinos de corte são compostos principalmente por grãos de cereais. O milho é um dos principais grãos que compõe a dieta de bovinos confinados, pois representa uma fonte energética de alta qualidade (CORREA et al., 2002).

O grão de milho é formado por endosperma, gérmen, pericarpo (casca) e ponta. No endosperma encontra-se o amido que corresponde de 60% a 80% da composição do milho. O endosperma pode ser classificado como endosperma vítreo ou farináceo, dependendo da distribuição dos grânulos de amido e da matriz proteica. Essa matriz é um dos principais fatores que afetam a utilização do amido pelas bactérias ruminais, pois dificulta a ação das enzimas digestivas e estão presentes em maiores quantidades nos grãos de milho e sorgo (SNIFFEN; ROBINSON, 1987; KOTARSKI; WANISKA; THURN, 1992; PAES, 2006).

A principal diferença entre os milhos é a relação entre o endosperma vítreo e farináceo (SALVADOR, 1997), sendo que essa classificação é de extrema importância. Segundo Philippeau e Michalet-Doreau (1997), o aumento na vitreosidade do grão está associado com a diminuição na degradação do amido, já que, para as bactérias amilolíticas terem acesso ao amido e degradá-lo, antes se faz necessária a fermentação da matriz proteica que é realizada por bactérias proteolíticas. Esse processo atrasa a fermentação do amido de genótipos com maior índice de vitreosidade, conferindo ao grão menor degradabilidade quando comparado a genótipos com maior quantidade de endosperma farináceo (ANTUNES; RODRIGUEZ, 2006).

Além da vitreosidade do grão, o grau de processamento também interfere na degradação ruminal do amido. O pericarpo, camada fibrosa que cobre todo o grão, representa o maior impedimento físico para a colonização microbiana e digestão dos grãos. Após o rompimento dessa estrutura através de processamento ou mastigação do grão, a taxa de fermentação dos grânulos de amido é determinada pela quantidade de matriz proteica que circunda os grânulos de amido (ANTUNES; RODRIGUEZ, 2006).

O processamento do grão atua aumentando a área de superfície dos grãos, reduzindo a interação da matriz proteica com os grânulos de amido e aumentando a solubilidade do amido em água por meio do rompimento das pontes de hidrogênio das moléculas de amilose e amilopectina dos grânulos de amido, que facilita a adesão e digestão enzimática pelas bactérias ruminais (ANTUNES; RODRIGUEZ, 2006).

Segundo Millen et al. (2009) 79,3% dos nutricionistas brasileiros utilizam o milho como fonte de energia em dietas de confinamento, sendo que destes, 90,9% relataram utilizar o grão do tipo duro. Verificou-se ainda que 54,8% dos nutricionistas utilizam o grão moído fino e 38,7% utilizam apenas a grãos quebrados.

No intuito de aumentar os ataques enzimáticos na molécula de amido, estudos foram feitos para determinar a melhor forma de processamento do grão e os resultados mostraram que o milho

moído finamente e de genótipos de textura macia (com maior quantidade de endosperma farináceo), apresentam melhor degradabilidade ruminal do que milhos moídos grosseiramente e do que genótipos com maior quantidade de endosperma vítreo (BEAUACHEMIN et al., 1994; LYKOS; VARGA, 1995; TEIXEIRA; SANTOS; OLIVEIRA, 1996).

Para avaliar a degradabilidade de alimentos existem vários métodos e dentre eles o mais utilizado é a técnica *in situ* que permite determinar a degradação de proteína, mas também pode ser utilizada para avaliar a dinâmica ruminal de outros nutrientes (ØRSKOV; McDONALD, 1979). Essa metodologia é a que gera resultados mais próximos daquelas obtidas com a técnica *in vivo*, com a vantagem de ser menos onerosa (MADSEN; HVELPLUND, 1985).

Considerando que o milho contribui com grande parte dos custos de produção de bovinos e que a vitreosidade e a granulometria do grão de milho tem grande influência na degradação do amido, esse estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a cinética de degradação *in situ* do amido de três genótipos de milho moídos com quatro tamanhos de partícula.

## **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido nas dependências do Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia e da Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina, em Londrina, Paraná. Os grãos de milho de três genótipos distintos (Agrocere AG9010: grão duro; Dow AgroSciences 2B710: grão semiduro; e Dow AgroSciences 2B587: grão semidentado) foram adquiridos diretamente de produtores locais. Os grãos foram inicialmente avaliados quanto ao índice de vitreosidade por meio da metodologia descrita por Erasmus e Taylor (2004). Dez grãos de cada genótipo foram utilizados para a realização da análise de MS e umidade do grão, que serviu de base para o cálculo do índice de vitreosidade. Posteriormente, dez grãos de cada genótipo foram numerados, pesados em balança analítica de precisão e submersos em água destilada a 4°C por cinco dias. Após esse período os grãos foram enxugados com papel absorvente para remover o excesso de água e pesados novamente. Em seguida, foi realizada a secção longitudinal do grão e a dissecação com remoção das porções na seguinte ordem: a porção farinácea do grão, o gérmen e a casca, mantendo-se apenas o endosperma vítreo, que foi pesado ao final. As diferentes porções separadas foram submetidas à análise de MS (104°C por 24 horas) e o índice de vitreosidade calculado a partir dos pesos da matriz vítrea em relação ao peso inicial do grão. Além do índice de vitreosidade, foi possível determinar o índice de endosperma farináceo e a quantidade total de endosperma do grão; e do total determinou-se a quantidade percentual representada pelos endospermas vítreo e farináceo (Tabela 1).

**Tabela 1-** Composição do endosperma de grãos de milho de genótipo duro (Agrocere AG9010), semiduro (Dow AgroSciences 2B710) e semidentado (Dow AgroSciences 2B587).

Genótipo de Milho	Índice de vitreosidade <sup>1</sup> (%)	Índice de endosperma farináceo <sup>2</sup> (%)	Endosperma (%) <sup>3</sup>		
			Vítreo <sup>3,1</sup>	Farináceo <sup>3,2</sup>	Total de endosperma <sup>3</sup>
Duro	62,65	9,12	87,23	12,77	71,77
Semiduro	58,5	13,35	81,29	18,71	71,85
Semidentado	57,7	17,85	76,37	23,63	75,55

<sup>1</sup> Quantidade de endosperma vítreo em relação ao grão de milho analisado

<sup>2</sup> Quantidade de endosperma farináceo em relação ao grão de milho analisado

<sup>3</sup> Quantidade de endosperma em relação ao grão de milho analisado, sendo que desse total parte é composto por endosperma vítreo e parte de endosperma farináceo.

<sup>3,1</sup> Quantidade de endosperma vítreo em relação ao total de endosperma

<sup>3,2</sup> Quantidade de endosperma farináceo em relação ao total de endosperma

Fonte: Do autor

Foram realizadas análises bromatológicas dos três genótipos de milho determinando-se os teores de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) (Tabela 2), segundo as metodologias descritas por Mizubuti et al. (2009). O amido foi determinado segundo a metodologia descrita por Lane e Eynon (1934). Os teores de NDT foram estimados pela fórmula descrita por Patterson et al. (2000):  $NDT = [88,9 - (0,779 \times FDA\%)]$ .

**Tabela 2-** Composição bromatológica de grãos de milho de genótipo duro (Agrocere AG9010), semiduro (Dow AgroSciences 2B710) e semidentado (Dow AgroSciences 2B587).

Genótipos de milho	Composição Bromatológica *							
	MS	MM	PB	EE	FDN	FDA	NDT	Amido
	% na MN	% na MS						
Duro	89,45	1,39	12,28	4,55	25,82	4,27	85,57	67,99
Semiduro	89,54	1,33	13,05	4,59	18,29	2,28	87,12	66,98
Semidentado	89,49	1,20	11,86	4,24	19,64	2,61	86,87	74,56

\* MN- Matéria Natural; MS- Matéria Seca; MM- Matéria Mineral; PB- Proteína Bruta; FDN- Fibra em Detergente Neutro; FDA- Fibra em Detergente Ácido; EE- Extrato Etéreo; NDT – Nutrientes Digestíveis Totais

Fonte: Do autor

Os três genótipos de milho foram moídos em moinho equipado com peneira de 10 mm de diâmetro. Posteriormente, as amostras passaram pelo equipamento vibrador de peneiras, contendo peneiras com aberturas de 1400, 850 e 420  $\mu\text{m}$  durante 10 minutos. Foram obtidos quatro tamanhos de partículas: maiores que 1400  $\mu\text{m}$  (P1); entre 1400 e 850  $\mu\text{m}$  (P2); entre 850 e 420  $\mu\text{m}$  (P3) e inferiores a 420  $\mu\text{m}$  (P4).

Para a estimativa dos parâmetros cinéticos de degradação ruminal do amido foram realizadas incubações *in situ* conforme a técnica do saco de náilon proposta por Ørskov e McDonald (1979). Para tanto, utilizou-se três bovinos machos, sem raça definida, com peso vivo médio de 550 kg, com aproximadamente 36 meses de idade e providos de cânula ruminal. Os animais permaneceram durante todo o experimento em galpão coberto, com piso de concreto e em baias individuais medindo 3,0 m x 1,5 m, equipadas com comedouro e bebedouro individuais. A dieta foi formulada segundo as recomendações do NRC (2000) para exigências de manutenção e composta de silagem de sorgo, grão de milho moído e suplemento mineral, com relação volumoso: concentrado de 60:40, e consumo *ad libitum*, sendo o arraçoamento feito duas vezes ao dia, pela manhã (07h30min) e a tarde (17h00min). Os animais foram estabelecidos 15 dias antes do início da incubação para se adaptarem ao local e a dieta experimental.

Foram confeccionadas bolsas em náilon 100% poliamida, com poros de 50 µm e dimensões internas de 14 x 7 cm, que receberam cerca de 7g de amostra dos alimentos experimentais. As bolsas foram incubadas diretamente no saco ventral do rúmen dos animais antes do arraçoamento matinal e foram removidas após 3, 6, 9, 15, 24 e 48 horas de incubação. Após a retirada do rúmen juntamente com as bolsas correspondentes ao tempo zero hora, estas foram lavadas com água em temperatura ambiente, secas em estufa de circulação de ar forçada (55°C por 72 horas) e pesadas, conforme recomendações de Cummins et al. (1983). Os resíduos foram agrupados por tipo de genótipo de milho nas diferentes granulometrias e por tempo de incubação para posterior análise quantitativa de amido.

As cinéticas de degradação do amido para cada tamanho de partícula de cada genótipo de milho foram ajustadas ao modelo exponencial proposto por Mehrez e Ørskov (1977), em que:  $DP = a + b(1 - e^{-ct})$ , sendo DP (%), a degradabilidade potencial no tempo t; **a**, a fração solúvel; **b**, a fração potencialmente degradável e **c**, a taxa de degradação da fração b, usando o procedimento de regressão não linear do SAS (2001). Para estimar a degradabilidade efetiva foi usado o modelo proposto por Ørskov e McDonald (1979):  $DE = a + ((b * c) / (c + K))$ , onde DE é a degradabilidade efetiva em porcentagem, e K são as taxas de passagens de sólidos no rúmen, definida nesta pesquisa como 0,02; 0,04 e 0,06h<sup>-1</sup>, em decorrência dos níveis de consumo alimentar baixo, médio e alto, respectivamente e **a**, **b** e **c**, as mesmas constantes da equação anteriormente citadas.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial três x quatro, sendo três genótipos de milho (duro, semiduro e semidentado) e quatro tamanhos de partículas (P1- maiores que 1400 µm; P2- entre 1400 e 850 µm; P3- entre 850 e 420 µm e P4- inferiores a 420 µm), com três repetições cada. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias, comparadas pelo teste de Tukey (P<0,05) utilizando-se o procedimento PROC GLM (SAS, 2001).

## Resultados e Discussão

Observou-se diferença entre os genótipos de milho para a fração solúvel (**a**) do amido (Tabela 3). O milho semidentado apresentou o maior valor de fração solúvel (**a**) (13,10%), representando uma superioridade de 27,9% em relação ao genótipo duro e 9,8% em relação ao genótipo semiduro. Philippeau, Le Deschault de Monredon e Michalet-Doreau. (1999) comparando milho dentado e duro também obtiveram maiores valores de fração solúvel para o genótipo dentado (26,6%) em comparação com genótipo duro (19,4%).

Além da vitreosidade do milho, o tamanho das partículas também interferiu na solubilidade do amido, observando-se aumento na fração **a** do amido à medida que diminuiu o tamanho de partículas, sendo que, a maior fração solúvel ocorreu em partículas menores que 420  $\mu\text{m}$ . Este fato foi confirmado para os três genótipos ( $P < 0,05$ , Tabela 3). Deste modo, o efeito do genótipo sobre a fração solúvel foi irrelevante quando os grãos sofreram maior nível de moagem, ou seja, partículas menores que 420  $\mu\text{m}$  apresentam fração solúvel semelhante para os três genótipos.

Segundo Philippeau, Le Deschault de Monredon e Michalet-Doreau (1999) a moagem fina iguala a densidade dos genótipos e aumenta a superfície de contato, que acarreta em degradação similar entre as variedades.

Pesquisadores relataram que o processamento do grão melhora sua degradação (THEURER et al., 1999; PASSINI et al., 2004; RÉMOND et al., 2004). No estudo realizado por Passini et al. (2004) foi verificado que o milho floculado apresentou maior fração solúvel de amido do que o milho quebrado e moído finamente, porém, não houve diferença entre a quebra e a moagem, diferente do que ocorreu nesse experimento, pois a moagem mais fina apresentou maior solubilidade do amido do que partículas mais grosseiras. No trabalho realizado por Rémond et al. (2004) observou-se fato semelhante ao presente estudo onde, os pesquisadores constataram que houve diferença entre tamanho de partículas de milho com genótipo semiduro, sendo que partículas de 730  $\mu\text{m}$  apresentaram fração solúvel superior (18,4%) às partículas de 1807  $\mu\text{m}$  (8,71%) e 3668  $\mu\text{m}$  (1,9%). Em geral, observou-se que tanto o genótipo quanto o tamanho das partículas tiveram efeitos sobre a solubilidade do amido.

Os resultados obtidos de solubilidade são coerentes, pois o processamento do grão (moagem) atua aumentando a área de superfície, reduzindo a interação da matriz proteica com os grânulos de amido e aumentando a solubilidade do amido em água através do rompimento das pontes de hidrogênio das moléculas de amilose e amilopectina dos grânulos, que facilita a adesão e digestão enzimática pelas bactérias ruminais.

Além disso, ocorre o rompimento do pericarpo que representa o maior impedimento físico para a colonização microbiana e digestão dos grãos. Com o rompimento dessa estrutura, a taxa de fermentação dos grânulos de amido é determinada pela quantidade de matriz proteica que circunda os grânulos de amido, sendo maior em grânulos de amido sem matriz proteica (ANTUNES;

RODRIGUEZ, 2006). Ou seja, genótipos com menor índice de vitreosidade e partículas menores, apresentam maior solubilidade ruminal do amido.

**Tabela 3-** Fração solúvel (**a**), fração potencialmente degradável (**b**) e taxa fracional de degradação da fração “**b**” (**c**) às 48h, do amido de milho de genótipos duro, semiduro e semidentado, com diferentes tamanhos de partículas.

Tamanhos de partículas	Parâmetros de Degradação			
	Fração <b>a</b> (%)			
	Duro	Semiduro	Semidentado	Média
maiores que 1400 µm	5,39 Bb	9,44 Ab	10,43 Ab	8,42 c
entre 1400 µm e 850 µm	7,40 Bb	11,33 Ab	10,38 ABb	9,70 bc
entre 850 µm e 420 µm	8,07 Bb	10,09 Ab	13,02 Ab	10,40 b
menores que 420 µm	16,91 Aa	16,42 Aa	18,57 Aa	17,30 a
Média	9,44 C	11,82 B	13,10 A	-
	Milho	Tamanho	Interação MxT	-
p-valor	<0,0001	<0,0001	0,0031	-
	Fração <b>b</b> (%)			
	Duro	Semiduro	Semidentado	Média
maiores que 1400 µm	59,49 Ba	37,31Cab	88,67 Aa	61,82 a
entre 1400 µm e 850 µm	52,85 Ba	36,81Cab	88,78 Aa	59,48 a
entre 850 µm e 420 µm	56,07 Aa	45,07 Aa	50,76 Ab	50,63 b
menores que 420 µm	35,44 Ab	26,28 Ab	24,97 Ac	28,90 c
Média	50,96 B	36,37 C	63,29 A	-
	Milho	Tamanho	Interação MxT	-
p-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-
	Taxa de degradação <b>c</b> (h <sup>-1</sup> )			
	Duro	Semiduro	Semidentado	Média
maiores que 1400 µm	0,02 Aa	0,06 Ab	0,01 Ab	0,03 b
entre 1400 µm e 850 µm	0,04 Aa	0,07 Ab	0,01 Ab	0,04 b
entre 850 µm e 420 µm	0,04 Aa	0,03 Ab	0,04 Ab	0,03 b
menores que 420 µm	0,07 Ca	0,13 Ba	0,31 Aa	0,17 a
Média	0,04 C	0,07 B	0,09 A	-
	Milho	Tamanho	Interação MxT	-
p-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%

Fonte: Do autor

Para a fração potencialmente degradável (**b**) do amido (Tabela 3) observou-se que houve diferença entre os genótipos sendo que o híbrido semidentado apresentou maior fração potencialmente degradável, seguido do genótipo duro e semiduro. Esse resultado diferiu daquele relatado por Philippeau, Le Deschault de Monredon e Michalet-Doreau (1999) que encontraram menor fração **b** no milho dentado (73,4%) e maior fração **b** no milho duro (80,6%), justificando o resultado pelo fato do

milho dentado ter apresentado menor índice de vitreosidade (51,4%) do que o milho duro (71,8%). No presente estudo, foram comparados milhos com índices de vitreosidade com valores próximos entre si (duro 62,65%, semiduro 58,5% e semidentado 57,7%) e muito diferente dos valores encontrados pelos autores supra citados (71,8% milho duro e 51,4% milho dentado), portanto, os resultados apresentados podem ter relação com essa proximidade no índice de vitreosidade.

Além do efeito de genótipo foi observado que o tamanho de partícula também afetou a fração **b**, pois conforme houve redução no tamanho, houve redução na fração potencialmente degradável. Fato este que pode ser explicado pelo aumento na fração solúvel e consequente redução na fração **b**. Assim como nesse estudo, Rémond et al. (2004) também encontraram diferenças entre tamanho de partículas e partículas menores (730  $\mu\text{m}$ ) apresentaram menores valores de fração **b**. Por outro lado, Passini et al. (2004) não evidenciaram diferença entre milho quebrado e moído tanto para fração **a** como para a fração **b**, e esse fato não foi discutido na pesquisa. Na interação do genótipo com tamanho de partícula os resultados mostraram coerência com a fração solúvel, sendo que genótipo duro e partículas maiores apresentaram valores maiores de fração **b** (e menores de fração **a**).

A taxa de degradação da fração **b** (**c**) apresentou efeito para os genótipos sendo que o genótipo semidentado apresentou maior taxa de degradação ( $0,09\text{h}^{-1}$ ), seguido do milho semiduro ( $0,07\text{h}^{-1}$ ) e duro ( $0,04\text{h}^{-1}$ , Tabela 3). Apesar das taxas de degradação da fração **b** ficarem abaixo dos valores preconizado pelo NRC (2000), que é de cerca de 10-20% para amido, verificou-se que estes valores estão dentro da faixa de valores encontrados por pesquisadores, tais como: Zeoula et al. (1999) que foi de  $0,047\text{h}^{-1}$ ; Pereira, Bose e Boin (1997) que encontraram valores de  $0,036\text{h}^{-1}$  e Mertens (1992) que encontrou taxa entre  $0,06$  a  $0,14\text{h}^{-1}$ . Philippeau, Le Deschault de Monredon e Michalet-Doreau (1999) encontraram valores de  $0,059\text{h}^{-1}$  para taxa de degradação da fração **b** (**c**) no milho dentado e  $0,034\text{h}^{-1}$  no milho duro. Considerando que o milho semidentado utilizado nessa pesquisa apresentou maior índice de vitreosidade do que o milho dentado utilizado pelos pesquisadores citados acima, obteve-se valores maiores de taxa de degradação da fração **b**, tanto para milho duro quanto para milho semidentado.

O tamanho de partícula também ocasionou efeito sobre a taxa de degradação (**c**) sendo que as partículas menores que  $420\text{ }\mu\text{m}$  apresentaram valores médios de  $0,17\text{h}^{-1}$ , bem superior aos demais tamanhos de partículas que ficaram em torno de  $0,03\text{h}^{-1}$  e  $0,04\text{h}^{-1}$ . No estudo realizado por Passini et al. (2004), o valor da fração **c** foi de  $0,037\text{h}^{-1}$  para milho quebrado e  $0,044\text{h}^{-1}$  para milho moído e não houve diferença entre eles. Na interação entre tamanho de partícula e genótipo observou-se que para o genótipo duro não houve efeito do tamanho de partícula, mas para o genótipo semiduro e semidentado as partículas menores que  $420\text{ }\mu\text{m}$  diferiram das demais partículas com valores de  $0,13\text{h}^{-1}$  e  $0,31\text{h}^{-1}$ , respectivamente.

Rémond et al. (2004) também encontraram diferença entre tamanhos de partículas, sendo que, para milho semiduro encontraram valores semelhantes para partículas de  $700\text{ }\mu\text{m}$  e  $1800\text{ }\mu\text{m}$  ( $0,056$  e  $0,057\text{h}^{-1}$ , respectivamente), os quais diferiram de partículas de  $3700\text{ }\mu\text{m}$  ( $0,04\text{h}^{-1}$ ) e para o milho de

genótipo dentado encontraram diferença entre partículas de 600  $\mu\text{m}$  e 3500  $\mu\text{m}$  (0,054 e 0,042h<sup>-1</sup>). Apesar desses pesquisadores não terem comparado os genótipos, pode-se notar que os valores entre eles foram próximos, não havendo grandes diferenças como os observados no presente estudo.

A degradação potencial do amido (Tabela 4) apresentou valores semelhantes para genótipo semidentado e duro (48,72% e 49,52%, respectivamente) e foram superiores ao valor do genótipo semiduro (44,38%). Os valores encontrados foram semelhantes aos relatados por Philippeau, Le Deschault de Monredon e Michalet-Doreau (1999) que encontraram valores de 61,9% para milho dentado e 46,2% para milho duro. Contudo, neste trabalho, esperava-se que a degradação potencial fosse maior para genótipo semidentado seguido do semiduro e duro, já que a degradação está relacionada ao índice de vitreosidade do grão (PHILIPPEAU; LE DESCHAULT DE MONREDON; MICHALET-DOREAU, 1999; CORREA et al., 2002; BLASEL; HOFFMAN; SHAVER, 2006).

**Tabela 4-** Degradabilidade potencial às 48h do amido de milho de genótipos duro, semiduro e semidentado com diferentes tamanhos de partículas.

Tamanhos de partículas	Degradabilidade Potencial (%)			
	Duro	Semiduro	Semidentado	Média
maiores que 1400 $\mu\text{m}$	43,23 Ab	43,83 Aa	50,40 Aa	45,82 b
entre 1400 $\mu\text{m}$ e 850 $\mu\text{m}$	50,44 Aab	46,60 Aa	50,79 Aa	49,28 a
entre 850 $\mu\text{m}$ e 420 $\mu\text{m}$	53,73 Aa	44,58 Ba	50,15 ABa	49,49 a
menores que 420 $\mu\text{m}$	50,68 Aab	42,53 Aa	43,54 Aa	45,58 b
Média	49,52 A	44,38 B	48,72 A	-
	Milho	Tamanho	Interação MxT	-
p-valor	0,0001	0,0031	0,0026	-

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%

Fonte: Do autor

A degradabilidade potencial apresentou maiores valores para partículas entre 1400 e 850  $\mu\text{m}$  (49,28%) e partículas entre 850 e 420  $\mu\text{m}$  (49,49%); e menores valores para partículas maiores que 1400  $\mu\text{m}$  (45,82%) e partículas menores que 420  $\mu\text{m}$  (45,58%). Os valores encontrados por Rémond et al. (2004) para partículas de 700  $\mu\text{m}$ , 1800  $\mu\text{m}$  e 3700  $\mu\text{m}$  foram de 61,6%, 56,6% e 49,5%, respectivamente, e observaram diferença entre eles sendo que partículas menores apresentaram melhor degradação do que partículas maiores e isso não ocorreu no presente estudo. Possivelmente, o resultado aqui obtido diferiu dos apresentados em literatura porque as partículas estudadas tinham menor amplitude de tamanhos (entre 1400 e 420  $\mu\text{m}$ ) enquanto que no trabalho supracitado as partículas estavam entre 700 e 3700  $\mu\text{m}$ .

Na interação genótipo e tamanho de partículas, verificou-se que apenas o milho duro apresentou diferença entre partículas, sendo que partículas entre 850 e 420  $\mu\text{m}$  apresentaram maior degradação potencial e partículas maiores que 1400  $\mu\text{m}$ , apresentaram menores valores. Esse fato

confirma que a diminuição no tamanho de partícula melhora a degradação do amido. Esperava-se que para os demais genótipos houvesse o efeito do tamanho de partícula e que o genótipo semidentado, moído finamente (partículas menores que 420  $\mu\text{m}$ ), apresentasse melhor degradação ruminal do que os demais, já que alguns estudos mostram que o tamanho de partícula e o genótipo de milho interferem na degradação do amido (PASSINI et al, 2004; RÉMOND et al, 2004; BLASEL; HOFFMAN; SHAVER, 2006).

Os resultados obtidos podem ter sido influenciados pela dieta que os animais receberam durante a incubação dos alimentos, pois, a dieta possuía 60% de silagem de sorgo, e o sorgo possui estrutura de grânulos de amido parecido com os do milho. Sendo assim, o rúmen dos animais continha microrganismos específico para degradar o amido, mesmo com elevado teor de matriz proteica.

Com relação aos resultados obtidos para degradabilidade efetiva com taxas de passagem de 0,02; 0,04 e 0,06h<sup>-1</sup> (Tabela 5) observou-se que, para taxa de passagem de 0,02h<sup>-1</sup> houve diferença na degradabilidade efetiva entre os genótipos, sendo que o milho semidentado apresentou melhor degradação, seguido do semiduro e duro. Para a taxa de 0,04h<sup>-1</sup> não houve efeito de genótipo e para taxa de 0,06h<sup>-1</sup>, o genótipo semidentado apresentou melhor degradação do que o duro e, o genótipo semiduro não diferiu dos demais.

Resultados semelhantes foram obtidos por Philippeau; Le Deschault de Monredon; Michalet-Doreau (1999) que observaram melhor degradação do amido em milho dentado comparado ao duro. Rémond et al. (2004) também obtiveram melhores resultados com milho dentado, observando, ainda que, com o aumento das taxas de passagem houve redução na degradabilidade efetiva dos genótipos de milho, sendo mais agravada nos genótipos com maior teor de endosperma vítreo, podendo chegar à redução de aproximadamente 32% no milho duro. Esse fato se deve a diminuição do tempo de permanência no rúmen, menor interação microbiana na quebra da matriz proteica e disponibilização do amido, que conseqüentemente, diminuiu a degradabilidade efetiva. Segundo Philippeau e Michalet-Doreau (1997), 88,5% da variação ruminal na degradabilidade está associado à vitreosidade do grão.

Houve efeito de tamanho de partículas nas taxas de passagem de 0,04 e 0,06h<sup>-1</sup> (Tabela 5), sendo que as partículas com menores diâmetros (menores que 420  $\mu\text{m}$ ) apresentaram maiores valores. Esse fato era esperado devido as alterações ocorridas nos parâmetros da cinética digestiva (Tabela 3), como elevação da fração solúvel, redução da fração insolúvel, mas digerível, e aumento na taxa de degradação. Essa melhora na degradabilidade traz benefícios positivos principalmente nos sistemas intensificados em que os animais recebem maior quantidade de grãos e com maior nível de consumo alimentar.

O processamento do milho visa aumentar a porcentagem de amido digerido tanto no rúmen como no intestino, porque a capacidade intestinal em digerir amido pode ser limitada pelo tamanho da partícula (THEURER, 1986) e também, grãos ou partículas maiores podem apresentar limitação à

adesão e colonização microbiana, que podem acarretar em diminuição na digestibilidade do amido (GALYEAN; WAGNER; OWENS, 1979; TURGEON JR; BRINK; BRITTON, 1983).

**Tabela 5-** Degradabilidade efetiva para as taxas de passagem 0,02; 0,04 e 0,06h<sup>-1</sup> do amido de genótipos de milho (duro, semiduro e semidentado) com diferentes tamanhos de partículas.

Tamanhos de partículas	Degradabilidade Efetiva			
	Duro	Semiduro	Semidentado	Média
<b>0,02h<sup>-1</sup></b>				
maiores que 1400 µm	35,90 Bb	37,56 Ba	44,51 Aa	39,32 a
entre 1400 µm e 850 µm	41,16 Aab	39,60 Aa	44,78 Aa	41,85 a
entre 850 µm e 420 µm	43,79 Aa	37,29 Ba	42,67 ABa	41,25 a
menores que 420 µm	44,08 Aa	38,99 Aa	41,04 Aa	40,02 a
Média	41,23 B	38,36 C	43,50 A	-
p-valor	Milho <0,0001	Tamanho 0,0663	Interação MxT 0,0037	-
<b>0,04h<sup>-1</sup></b>				
maiores que 1400 µm	25,9 Bc	32,05 Aab	31,52 ABb	29,83 c
entre 1400 µm e 850 µm	32,29 Ab	34,27 Aab	31,71 Ab	32,76 b
entre 850 µm e 420 µm	34,28 Aab	29,68 Ab	34,53 Ab	32,83 b
menores que 420 µm	38,98 Aa	36,26 Aa	40,71 Aa	38,65 a
Média	32,87 A	33,07 A	34,62 A	-
p-valor	Milho 0,0716	Tamanho <0,0001	Interação MxT 0,0007	-
<b>0,06h<sup>-1</sup></b>				
maiores que 1400 µm	20,85 Bc	28,37 Ab	25,70 ABb	24,98 c
entre 1400 µm e 850 µm	27,13 Ab	30,64 Aab	25,84 Ab	27,87 b
entre 850 µm e 420 µm	28,77 Ab	25,42 Ab	30,00 Ab	28,06 b
menores que 420 µm	35,51 ABa	34,14 Ba	39,52 Aa	36,39 a
Média	28,07 B	29,64 AB	30,27 A	-
p-valor	Milho 0,0179	Tamanho <0,0001	Interação MxT <0,0001	-

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%

Fonte: Do autor

Ao se realizar o desdobramento das interações constatou-se que o milho tipo duro foi o único que teve efeito do tamanho de partículas na taxa de passagem de 0,02h<sup>-1</sup>. Isto possivelmente tenha sido decorrente da maior facilidade de colonização pelos microrganismos ruminais nos genótipos de milho com maior proporção de endosperma farináceo, uma vez que o endosperma vítreo apresenta em sua composição maior matriz proteica que protege o amido da ação microbiana. Isto possibilita afirmar que milhos com menor índice de vitreosidade podem ser melhor degradado, e assim não houve efeito da moagem dos grãos a uma baixa taxa de passagem.

Na taxa de passagem de 0,02h<sup>-1</sup>, as partículas maiores que 1400 µm foram as que apresentaram menor degradação efetiva entre os tamanhos de partículas. Nas taxas de passagem de

0,04 e 0,06h<sup>-1</sup> houve efeito da redução do tamanho das partículas em todos os genótipos sendo que a menor partícula (menores que 420 µm) apresentou melhor degradação entre os tamanhos de partículas estudados.

Passini et al. (2004) estudaram a degradação do amido com milho quebrado e moído, para taxa de 0,02, 0,05 e 0,08h<sup>-1</sup> e observaram diferenças entre as partículas somente para a taxa de 0,02h<sup>-1</sup>. No presente estudo ocorreu o oposto, sendo que, para taxa de 0,02 não houve efeito do tamanho de partícula e para taxas de 0,04 e 0,06 h<sup>-1</sup> houve efeito do tamanho de partícula, observando-se que, para o maior nível de consumo, o milho finamente moído pode ser melhor aproveitado pelo animal. Rémond et al. (2004) também observaram efeito do tamanho de partícula, sendo que partículas menores apresentaram melhor degradação do amido do que partículas grosseiras.

### **Conclusões**

Genótipos de milho com menor índice de vitreosidade apresentam maiores índices de solubilidade, taxa de degradação ruminal e degradação ruminal do que milhos com maior índice de vitreosidade. Genótipos de milho com tamanho de partículas menores apresentam índices de degradação superiores às partículas grosseiras. Genótipo de milho com baixa vitreosidade associada à moagem mais fina apresenta melhor degradação ruminal do amido.

### **Referências**

- ANTUNES, R. C.; RODRIGUEZ, N. M. Metabolismo dos carboidratos não estruturais. In: Telma Teresinha Berchielli; Alexandre Vaz Pires; Simone Gisele de Oliveira. (Org.). *Nutrição de Ruminantes*. 1.ed. Jaboticabal: Funep, p. 151-182, 2006.
- BEAUACHEMIN, K.A.; McALLISTER, T.A.; DONG, Y.; FARR, B.I.; CHENG, K.J. Effects of mastication on digestion of whole cereal grains by cattle. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.72, n.1, p.236-246, 1994.
- BLASEL, H. M.; HOFFMAN, P. C.; SHAVER, R. D. Degree of starch access: An enzymatic method to determine starch degradation potential of corn grain and corn silage. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 128, p. 96-107, 2006.
- CORREA, C.E.S.; SHAVER, R.D.; PEREIRA, M.N.; LAYER, J.G.; KOHN, K. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.85, n11, p.3008-3012, 2002.
- CUMMINS, K.A.; NOCEK, J.E.; POLAN, C.E.; HERBEIN, J.H. Nitrogen degradability and microbial protein synthesis in calves fed diets of varying degradability by the bag technique. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.66, n.11, p.2356-2364, 1983.
- ERASMUS, C.; TAYLOR, J.R.N. Optimizing the determination of maize endosperm vitreousness by a rapid non-destructive image analysis technique. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Oxford, v. 84, n.9, p.920-930, 2004.

- GALYEAN, M.L.; WAGNER, D.G.; OWENS, F.N. Corn particle size and site and extent of digestion by steers. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.49, n.1, p.204-210, 1979.
- KOTARSKI, S.F.; WANISKA, R.D.; THURN, K.K. Starch hydrolysis by the ruminal microflora. *Journal of Nutrition*, Philadelphia, v.22, n.1, p.178-190, 1992.
- LANE, J.H.; EYNON, L. *Determination of reducing sugars by Fehling's solution with methylene blue indicator*. Normam Rodge: London, 1934, 8p.
- LYKOS, T.; VARGA, G.A. Effects of processing method on degradation characteristics of protein and carbohydrate sources in situ. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.78, n.8, p.1789-1801, 1995.
- MADSEN, J.; HVELPLUND, T. Protein degradation in the rumen. A comparison between in vivo, nylon bag, in vitro, and buffer measurements. *Acta Agriculturae Scandinavica, Supplementum*, p.103-124, 1985.
- MEHREZ, A.Z.; ØRSKOV, E.R. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *The Journal of Agricultural Science*, Aberdeen, v.88, n.3, p.645-650, 1977.
- MERTENS, D.R. Nonstructural and structural carbohydrates. In: Van Horn, H.H.; Wilcox, C.J., eds. *Large dairy herd management*, Champaign: American Dairy Science Association, p. 219-235, 1992.
- MILLEN, D.D.; PACHECO, R. D. L.; ARRIGONI, M. D. B.; GALYEAN, M. L.; VASCONCELOS, J. T. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.87, n.10, p.3427-3439, 2009.
- MIZUBUTI, I.Y.; PINTO, A.P.; PEREIRA, E.S.; RAMOS, B.M.O. *Métodos laboratoriais de avaliação de alimentos para animais*. Londrina: EDUEL. 2009. 228p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requirements of beef cattle*. 7. ed. Washington, DC.: National Academic Press, 2000, 242p.
- ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal of Agricultural Science*, Aberdeen, v.92, n.2, p.499-503, 1979.
- PAES, M.C.D. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. Ministério da Agricultura e Abastecimento. *Circular Técnica (EMBRAPA)*, dezembro de 2006. Sete Lagoas, MG, v.75, 6p., 2006.
- 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, 2004.
- PATTERSON, T.; KLOPFENSTEIN, T.J.; MILTON, T.; BRINK, D.R. *Evaluation of the 1996 Beef Cattle NRC model predictions of intake and gain for calves fed low or medium energy density diets*. Nebraska Beef Reports, Nebraska, p.26-29, 2000.
- PEREIRA, J.R.A., BOSE, M.L.V., BOIN, C. Avaliação das sub-frações dos carboidratos e das proteínas, usando as metodologias do CNCPS e *in situ*, com bovinos da raça Nelore. 1. Silagem de milho. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.26, n. 4, p.832-837, 1997.

- PHILIPPEAU, C.; MICHALET-DOREAU, B. Influence of genotype and stage of maturity of maize on rate of ruminal starch degradation. *Animal Feed Science Technology*, Amsterdam, v.68, n.1, p.25-35, 1997.
- PHILIPPEAU, C.; LE DESCHAULT DE MONREDON, F.; MICHALET-DOREAU, B. Relationship between ruminal starch degradation and the physical characteristics of corn grain. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.77, n.1, p.238-243, 1999.
- RÉMOND, D.; CABRERA-ESTRADA, J.I.; CHAMPION, M.; CHAUVEAU, B.; COUDURE, R.; PONCET, C. Effect of corn particle size on site and extent of starch digestion in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.87, n.5, p.1389-1399, 2004.
- SALVADOR, R. J. *Maize*. Adaptação de um artigo publicado na “Encyclopedia of Mexico”, Fitzroy Dearborn Publishers, 1997. Disponível em: <http://oregonstate.edu/instruct/css/330/six/index.htm>. Acesso em: 14 de janeiro 2013.
- SNIFFEN, C.J.; ROBINSON, P.H. Microbial growth and flow as influenced by dietary manipulations. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.70, n.2, p.425-441, 1987.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. *User’s guide*. Version 8.1.ed. Cary: SAS Institute, 2001. 956p.
- TEIXEIRA, J.C.; SANTOS, R.M.; OLIVEIRA, A.I.G. Degradabilidade ruminal da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro de rações contendo caroço de algodão e grão de milho, em diferentes formas físicas, em vacas da raça Holandesa. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.25, n.4, p.814-823, 1996.
- THEURER, C.B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.63, n.5, p.1649-1662, 1986.
- THEURER, C.B.; HUBER, J.T.; DELGADO-ELORDUY, A.; WANDERLEY, R. Invited review: summary of steam-flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.82, n.9, p.1950-1959, 1999.
- TURGEON JR., O.A.; BRINK, D.R.; BRITTON, R.A. Corn particle size mixtures, roughage level and starch utilization in finishing steer diets. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.57, n. 3, p. 739-749, 1983.
- ZEOULA, L. M.; MARTINS, A. S.; PRADO, I. N.; ALCALDE, C. R.; BRANCO, A. F.; SANTOS, G. T. Solubilidade e degradabilidade ruminal do amido de diferentes alimentos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.28, n.5, p.898-905, 1999.

#### 4.2. Cinética da fermentação ruminal de diferentes genótipos de milho e tamanho de partículas por meio da técnica de produção acumulativa de gases

##### Rumen fermentation kinetics of different corn genotypes and particle size through the cumulative gas production technique

**Resumo:** Neste estudo foram avaliados três genótipos de milho (duro, semiduro e semidentado) que foram moídos em peneira de 10 mm de diâmetro e separados em quatro tamanhos de partículas: maiores que 1400  $\mu\text{m}$ ; entre 1400 e 850  $\mu\text{m}$ ; entre 850 e 420  $\mu\text{m}$  e menores que 420  $\mu\text{m}$ . Todos os alimentos foram incubados em frascos de 50 mL com 0,3 g de amostra, 24 mL de solução tampão e 6 mL de líquido ruminal e mantidos em câmara incubadora tipo BOD a 39° C para mensuração da produção de gases por meio de um manômetro, nos tempos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36 e 48 horas de fermentação. Houve efeito do genótipo sobre a produção total de gases, sendo que o milho duro apresentou maior produção de gases (237,96 mL). Também se observou efeito do tamanho de partícula sobre o volume total de gases produzidos, sendo que partículas menores que 420  $\mu\text{m}$  apresentaram maior volume de gases (237,88 mL). A taxa de degradação da fração potencialmente degradável (c), sofreu efeito do genótipo, sendo que o milho duro e semiduro apresentaram maiores taxas (0,0843 h<sup>-1</sup> e 0,0829 h<sup>-1</sup>) do que o semidentado (0,0764 h<sup>-1</sup>). A diminuição no tamanho das partículas aumentou a taxa de produção de gases (fração c). Para a característica tempo de colonização, houve interação entre tamanho de partícula e genótipo de milho, observando-se que em partículas finamente moída (menor que 420  $\mu\text{m}$ ) o genótipo duro apresentou menor tempo de colonização (7,63h) do que os demais genótipos (semiduro de 8,17h; semidentado de 9,52h). Nos genótipos semiduro e semidentado, partículas menores (menores que 420  $\mu\text{m}$  e partículas entre 850 e 420  $\mu\text{m}$ ) apresentaram menor tempo de colonização em relação a partículas maiores (entre 850 e 1400  $\mu\text{m}$  e partículas maiores que 1400  $\mu\text{m}$ ). No milho duro partículas menores que 420  $\mu\text{m}$  apresentaram tempo de colonização 38% menor do que partículas maiores que 1400  $\mu\text{m}$ , 36% menor do que partículas entre 1400 e 850  $\mu\text{m}$  e 28% menor do que partículas entre 850 e 420  $\mu\text{m}$ . Conclui-se que milho duro em partículas menores fornecem melhores parâmetros de fermentação ruminal, com maior produção de gases, maior taxa de degradação da fração potencialmente degradável dos carboidratos e menor tempo de colonização.

**Palavras Chave:** modelo logístico unicompartmental, tempo de colonização, vitreosidade, volume de gás

**Abstract:** This study evaluated three corn genotypes (flint, semi-flint and semi-dent corn) that were ground into sieve holes of 10 mm and separated in four particle sizes: larger than 1400  $\mu\text{m}$ ; between 1400 and 850  $\mu\text{m}$ ; between 850 and 420  $\mu\text{m}$ ; and smaller than 420  $\mu\text{m}$ . The samples were incubated in 50 mL vials with 0.3 g of sample, 24 mL of buffer solution and 6 mL of ruminal fluid and kept in incubator BOD at 39 ° C for measuring the gas production by a manometer, at 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36 and 48 hours of fermentation. It was observed an effect of genotype on total gas production, and flint corn showed higher gas production (237.96 mL). It was also observed effect of particle size on total volume of gas produced, whereas particles smaller than 420  $\mu\text{m}$  showed higher gas production (237.88 mL). The degradation rate of potentially degradable fraction (c) was affected by genotype, and, flint and semi-flint corn showed higher values (0.0843  $\text{h}^{-1}$ , 0.0829  $\text{h}^{-1}$ ) than semi-dent corn (0.0764  $\text{h}^{-1}$ ). The decrease in particle size increased the gas production rate (fraction c). There was interaction between particle size and corn genotype on lag time, and it was observed that in small particles (smaller than 420  $\mu\text{m}$ ) flint corn had shorter lag time (7.63 h) than semi-flint and semi-dent corn (8.17 h and 9, 52h, respectively). It was concluded that flint corn and smaller particles provide better ruminal fermentation parameters, with higher gas production, higher rate of degradation of the potentially degradable carbohydrate and shorter lag time. In semi-flint and semi-dent corns, smaller particles (smaller than 420  $\mu\text{m}$  and between 850 and 420  $\mu\text{m}$ ) had shorter lag time in relation to larger particles (between 850 and 1400  $\mu\text{m}$  and larger than 1400  $\mu\text{m}$ ). In flint corn, particles smaller than 420  $\mu\text{m}$  showed lag time 38% smaller than particles larger than 1400  $\mu\text{m}$ , 36% lower than particles between 1400 and 850  $\mu\text{m}$  and 28% lower than particles between 850 and 420  $\mu\text{m}$ . It was concluded that flint corn with smaller particles provide better ruminal fermentation parameters, with higher gas production, higher rate of degradation of the potentially degradable carbohydrate and shorter lag time.

**Key words:** gas volume, lag time, single pool logistic model, vitreousness.

## Introdução

O grão de milho é produzido em quase todo o mundo e o Brasil é o terceiro maior produtor mundial, atrás apenas dos EUA e China, totalizando 53,2 milhões de toneladas na safra de 2009/2010 (MAPA, 2013), sendo que cerca de 80% desse montante foi destinado à alimentação animal. No mundo cerca de 70% de toda produção de milho é destinada à alimentação animal, e em alguns países desenvolvidos esse índice pode chegar a 85% da produção (PAES, 2006).

O milho é um dos principais grãos que compõe a dieta de bovinos confinados, representando uma fonte energética de alta qualidade (CORREA et al., 2002). Como a alimentação é responsável pela maior parte dos custos de produção, são necessários estudos no sentido de auxiliar na maximização da utilização dos alimentos pelo animal.

No endosperma do milho encontra-se o amido que corresponde de 60% a 80% da composição do milho. O endosperma pode ser classificado como endosperma vítreo ou farináceo, dependendo da distribuição dos grânulos de amido e da matriz de proteica. O endosperma farináceo não possui matriz proteica circundando os grânulos de amido, enquanto que, o endosperma vítreo possui uma matriz proteica densa, estruturada que circunda esses grânulos, conferindo ao grão de milho uma aparência vítrea e dura (PAES, 2006). A relação entre endosperma vítreo e farináceo é que determina o genótipo de milho que pode ser: farináceo, dentado, semidentado, semiduro e duro.

Essa matriz proteica que circunda o endosperma vítreo é um dos principais fatores que afetam a utilização do amido pelos microrganismos ruminais, pois dificulta a adesão e ação das enzimas digestivas dos microrganismos. Portanto, é importante que o milho seja processado para aumentar a área de superfície dos grãos, reduzir a interação da matriz proteica com os grânulos de amido e aumentar a solubilidade do amido em água através do rompimento das pontes de hidrogênio das moléculas de amilose e amilopectina, facilitando a adesão e digestão enzimática pelas bactérias ruminais (KOTARSKI; WANISKA; THURN, 1992; SALVADOR, 1997; ANTUNES; RODRIGUEZ, 2006).

No Brasil, não há preocupação em se saber o tipo do milho utilizado em rações de confinamento e suplementação, e o milho adquirido para a alimentação animal, normalmente, é desconhecido, sendo muitas vezes uma mistura de genótipos, uma vez que são adquiridos de cooperativas. Essas cooperativas recebem o milho de vários produtores locais e os misturam em silos. Sendo assim, não se pode qualificar o milho fornecido aos animais por genótipo. Como o milho é um dos componentes mais onerosos da dieta de bovinos confinados, o valor nutritivo de cada genótipo deve ser levado em consideração na hora de oferecer o alimento aos animais, pois o mesmo pode ter impactos importantes sobre o desempenho.

O valor nutritivo dos alimentos é determinado por uma complexa interação entre os nutrientes e os microrganismos do trato digestivo, nos processos de digestão, absorção, transporte e utilização de metabólitos (MARTINS et al., 2000).

Neste sentido, as técnicas *in vivo*, *in situ* e *in vitro* de avaliação dos alimentos são valiosas ferramentas para estimar o valor nutritivo dos alimentos. A técnica *in vitro* de produção de gases apresenta resultados confiáveis da cinética de fermentação ruminal, fornecendo a taxa e a extensão de degradação dos alimentos, bem como permite medir os produtos da fermentação de partes solúveis e insolúveis dos substratos. Possibilita ainda o uso de grande número de substratos por experimento, apresentando elevada acurácia nas mensurações, simplicidade no manuseio dos equipamentos e baixo custo por amostra analisada (PELL; SCHOFIELD, 1993; MAURICIO et al., 1999).

O presente experimento foi realizado com o objetivo de avaliar a cinética de fermentação ruminal de três genótipos de milho fragmentados em partículas de diferentes tamanhos, utilizando a técnica *in vitro* de produção acumulativa de gases.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Nutrição Animal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Londrina. Foram escolhidos três genótipos de milho (Agrocere AG9010: grão duro; Dow AgroSciences 2B710: grão semiduro; e Dow AgroSciences 2B587: grão semidentado) comumente utilizados na alimentação dos animais na região de Londrina-Paraná. Foi calculado o índice de vitreosidade de cada variedade por meio da metodologia descrita por Erasmus e Taylor (2004), sendo que o milho duro apresentou índice de vitreosidade de 62,64%, o semiduro 58,5% e o semidentado 57,7%.

Após esse procedimento, foram realizadas análises bromatológicas dos três genótipos de milho determinando-se os teores de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral, fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) (Tabela 1) segundo as metodologias descritas por Mizubuti et al. (2009). O amido foi determinado segundo a metodologia descrita por Lane e Eynon (1934). Os teores de NDT foram estimados pela fórmula descrita por Patterson et al. (2000):  $NDT = [88,9 - (0,779 \times FDA\%)]$ .

Os três genótipos de milho foram moídos em moinho com peneira de 10 mm de diâmetro e posteriormente as amostras passaram pelo conjunto de peneiras com aberturas de 1400, 850 e 420  $\mu\text{m}$  através de um sistema de agitação vertical durante 10 minutos, obtendo-se quatro tamanhos de partículas que foram: maiores que 1400  $\mu\text{m}$ ; entre 1400 e 850  $\mu\text{m}$ ; entre 850 e 420  $\mu\text{m}$  e inferiores a 420  $\mu\text{m}$ .

Os parâmetros de cinética de degradação ruminal *in vitro* dos alimentos experimentais foram estimados a partir do método semi-automático da produção acumulativa de gases descrito por Mauricio et al. (1999).

**Tabela 1-** Composição bromatológica de grãos de milho de genótipo duro (Agrocere AG9010), semiduro (Dow AgroSciences 2B710) e semidentado (Dow AgroSciences 2B587).

Genótipos de milho	Composição Bromatológica*							
	MS	MM	PB	EE	FDN	FDA	NDT	Amido
	%	% na MS						
Duro	89,45	1,39	12,28	4,55	25,82	4,27	85,57	67,99
Semiduro	89,54	1,33	13,05	4,59	18,29	2,28	87,12	66,98
Semidentado	89,49	1,20	11,86	4,24	19,64	2,61	86,87	74,56

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

Fonte: Do autor

O líquido ruminal utilizado na incubação foi coletado de dois bovinos machos, castrados, com 24 meses de idade, peso vivo médio de 400 Kg, fistulado no rúmen. Os animais foram mantidos confinados durante 15 dias antes da coleta do inóculo. A dieta foi formulada segundo as recomendações do NRC (2000) para exigências de manutenção e composta de bagaço de cana-de-açúcar como fonte volumosa e concentrado contendo grão de milho moído, farelo de soja, uréia e suplemento mineral, na relação volumoso: concentrado de 50:50, com consumo *ad libitum*, sendo o arraçoamento feito duas vezes ao dia, pela manhã (07h30min) e a tarde (17h00min). A solução tampão, descrita por McDougall (1948), foi preparada no dia da incubação, reduzida por gaseificação de CO<sub>2</sub> (pH 6,9) e mantida aquecida a 39°C até o momento da incubação.

Para cada amostra foram utilizados cinco frascos de 50 mL cada e neles foram adicionados 0,3 g de amostra, 24 mL de solução tampão e 6 mL de líquido ruminal. Para os ajustes da variação da fonte de inóculo, foram incubados frascos brancos contendo apenas solução tampão e líquido ruminal. Os frascos foram hermeticamente fechados utilizando-se rolhas de borracha e despressurizados nos primeiros 5 minutos com o auxílio de uma agulha e foram mantidos em câmara incubadora tipo BOD a 39° C durante todo o período de mensuração da produção de gás.

Após a despressurização, a pressão dos gases produzidos pela fermentação do substrato e acumulada nos frascos foi mensurada por meio de um manômetro digital, nos tempos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36 e 48 horas de fermentação. Os valores de pressão expressos em Psi foram convertidos em volume (mL), conforme equação pré-estabelecida para as condições locais: Volume (mL) = 0,5702 + 3,2399 x Pressão + 0,1074 x Pressão<sup>2</sup> (R<sup>2</sup>=0,99), corrigidos para um grama de matéria seca, e descontados os valores obtidos nos frascos brancos.

A cinética de produção cumulativa dos gases oriundos das frações de carboidratos não estruturais (CNE) e fibra em detergente neutro (FDN) foi analisada empregando-se o modelo logístico unicompartmental (SCHOFIELD; PITT; PELL, 1994):  $V(t) = V_f / (1 + \exp[2 - 4 \times C \times (t - L)])$ , onde: V(t) é o volume acumulado no tempo t; V<sub>f</sub> (mL/100 mg MS), o total de gases produzido a partir da fração em questão; C (h<sup>-1</sup>), a taxa de degradação da fração potencialmente degradável dos carboidratos

contidos na matéria seca ou na parede celular insolúvel em solução detergente neutra; L, a latência discreta (h); e t, o tempo (h). As taxas de degradação ruminal dos CNE e da FDN foram estimadas como  $C/Vf$ ; em que C equivale à taxa máxima de produção de gases. Os parâmetros cinéticos relativos à fração de CNE foram estimados a partir da produção cumulativa de gases até 12 horas de incubação, ou até o momento em que a assíntota fosse estabelecida (STEFANON; PELL; SCHOFIELD, 1996; DOANE; PELL; SCHOFIELD, 1997; DOANE; PELL; SCHOFIELD, 1998).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial três x quatro, sendo três genótipos de milho (duro, semiduro e semidentado) e quatro tamanhos de partículas (P1- maiores que 1400  $\mu\text{m}$ ; P2- entre 1400 e 850  $\mu\text{m}$ ; P3- entre 850 e 420  $\mu\text{m}$  e P4- inferiores a 420  $\mu\text{m}$ ), com cinco repetições cada. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias, comparadas pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ) utilizando-se o procedimento PROC GLM (SAS, 2001).

## **Resultados e Discussão**

Houve efeito do genótipo na produção total de gases ( $P < 0,05$ , Tabela 2). O milho duro produziu maior volume de gases (237,96 mL), seguido do milho semiduro (230,21 mL) e semidentado (221,46 mL). Esse resultado contraria os aqueles encontrados na literatura no qual, o milho semidentado apresenta maior produção de gases, já que o grau de vitreosidade do grão é um dos fatores que interfere na sua fermentação (PHILIPPEAU; LE DESCHAULT DE MONREDON; MICHALET-DOREAU, 1999; CORREA et al., 2002; BLASEL; HOFFMAN; SHAVER, 2006; DEPETERS et al., 2007). No entanto, a maior produção de gases observado para o genótipo tipo duro, pode ser atribuído ao maior teor de FDN nesse genótipo (Tabela 1), uma vez que o modelo unicompartimental de produção de gases não caracteriza, no modelo, a fermentação que é decorrente da fração prontamente disponível (carboidratos não fibrosos) da fração de lenta degradação (carboidratos fibrosos), contabilizando apenas o volume de gases gerado ao longo de toda a fermentação.

**Tabela 2-** Volume total de gases produzidos em 48h, taxa de degradação da fração potencialmente degradável dos carboidratos e latência discreta (tempo de colonização) de grãos de milho de genótipo duro, semiduro e semidentado em diferentes tamanhos de partículas.

Tamanhos de partículas	Parâmetros			Média
	Volume total de gases (ml/g de MS)			
	Duro	Semiduro	Semidentado	
maiores que 1400 µm	226,40 Aa	227,60 Aa	215,02 Aa	223,01 b
entre 1400 µm e 850 µm	239,42 Aa	224,38 Aa	221,04 Aa	228,28 b
entre 850 µm e 420 µm	244,30 Aa	224,68 Aa	222,08 Aa	230,35 ab
menores que 420 µm	241,74 Aa	244,20 Aa	227,70 Aa	237,88 a
Média	237,96 A	230,21 B	221,46 C	-
	Milho	Tamanho	Interação MxT	-
p-valor	<0,0001	0,0009	0,1066	-
	c (%/h)			
maiores que 1400 µm	0,0729 Aa	0,0754 Aa	0,0689 Aa	0,0724 c
entre 1400 µm e 850 µm	0,0799 Aa	0,0781 Aa	0,0728 Aa	0,0769 bc
entre 850 µm e 420 µm	0,0857 Aa	0,0767 Aa	0,0753 Aa	0,0792 b
menores que 420 µm	0,0987 Aa	0,1016 Aa	0,0888 Aa	0,0964 a
Média	0,0843 A	0,0829 A	0,0764 B	-
	Milho	Tamanho	Interação MxT	-
p-valor	<0,0001	<0,0001	0,0791	-
	Tempo de Colonização (h)			
maiores que 1400 µm	12,36 Aa	13,2 Aa	13,13 Aa	12,90 a
entre 1400 µm e 850 µm	12,04 Aab	13,43 Aa	12,73 Aa	12,73 a
entre 850 µm e 420 µm	10,64 Ab	11,02 Ab	10,7 Ab	10,79 b
menores que 420 µm	7,63 Bc	8,17 Ac	9,52 Ab	8,44 c
Média	10,67 B	11,45 A	11,52 A	-
	Milho	Tamanho	Interação MxT	-
p-valor	0,0005	<0,0001	0,0301	-

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%  
Médias seguidas por letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%  
Fonte: Do Autor.

Ao analisar a Figura 1 observou-se que há produção de gases para os três genótipos acentuando-se após seis horas de incubação. Após 12h de incubação verificou-se que o milho tipo duro gerou maior volume de gases que os demais genótipos.

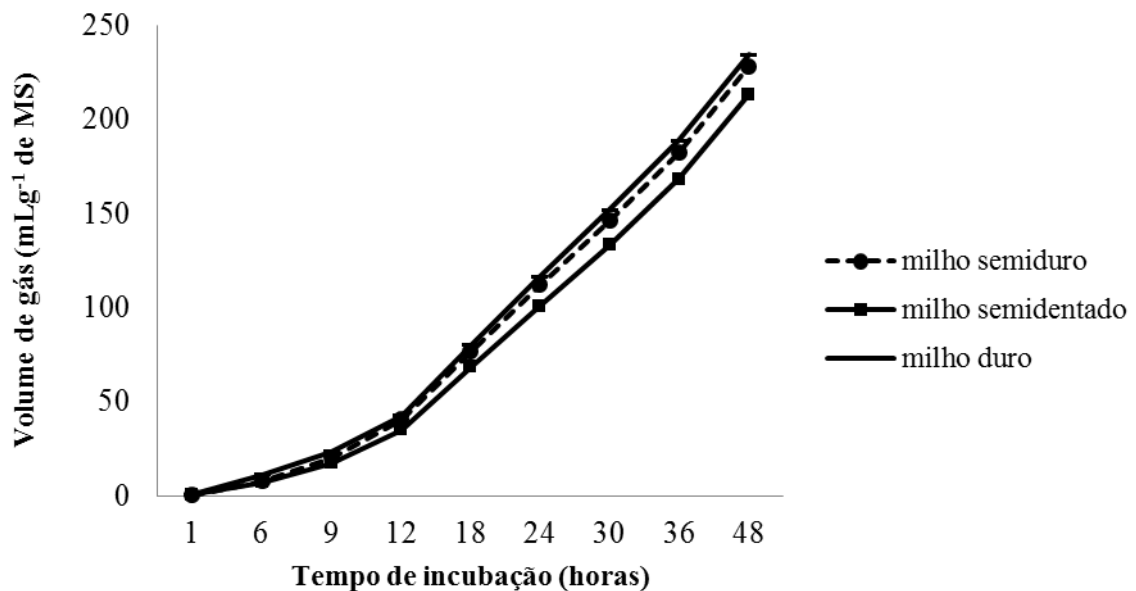
Esses resultados diferem do estudo realizado por DePeters et al. (2007) que estudaram a produção de gases de quatro genótipos de milho com diferentes vitreosidades (55; 60;63 e 65%) e observaram que as diferenças entre os genótipos ocorreram nas primeiras 8h de incubação, sendo que o genótipo com menor vitreosidade (55%) apresentou produção de gás superior (217,5 mL) aos genótipos com 63% e 65% de vitreosidade (190,8 mL). Ainda no mesmo estudo, os pesquisadores separaram endosperma vítreo e farináceo e realizaram a incubação dos mesmos e verificaram que o endosperma farináceo apresentou maior fermentação em 8h de incubação, mas em 72h de incubação, o

endosperma vítreo produziu maior volume total de gases. Tal resultado pode explicar parte dos resultados obtidos no presente estudo, uma vez que, o milho duro teve maior produção de gases e também foi o genótipo com maior quantidade de endosperma vítreo.

Outra hipótese é que houve sincronismo entre bactérias proteolíticas e amilolíticas na degradação do milho duro, já que esse genótipo possui maior quantidade de matriz proteica. Esse sincronismo pode ter gerado um balanço de energia - proteína que favoreceu o crescimento microbiano acelerando a fermentação do milho. O oposto pode ter ocorrido com o genótipo semidentado, que por possuir maior quantidade de amido livre, pode ter sido fermentado rapidamente pelas bactérias amilolíticas nas primeiras horas, produzindo altas taxas de ácidos graxos que ocasionou diminuição do pH e influenciou negativamente a ação de outros microrganismos, levando à menor produção total de gases.

Esse sincronismo pode ter sido gerado pela dieta dos animais doadores de líquido ruminal, uma vez que os mesmos consumiram dieta contendo farelo de soja e ureia, que provavelmente geraram uma população de bactérias proteolíticas que auxiliaram na degradação da matriz proteica do amido do milho.

**Figura 1-** Produção total de gases em função dos tempos de incubação de grãos de milho de genótipo duro, semiduro e semidentado.



Fonte: Do autor

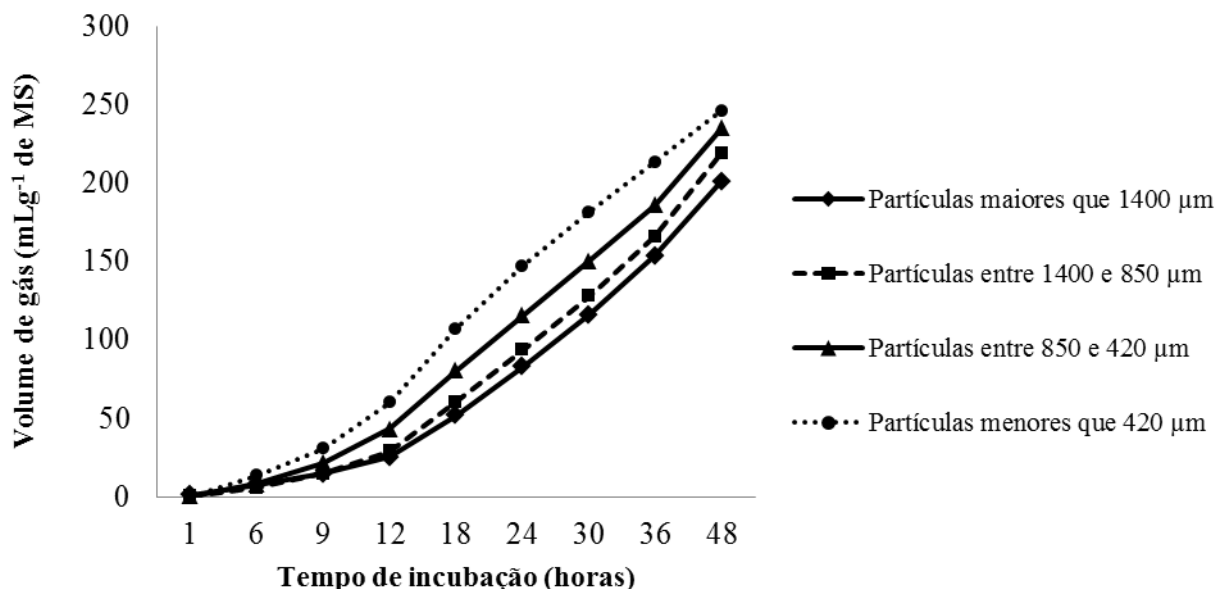
Houve efeito ( $P < 0,05$ ) do tamanho de partícula no volume total de gases produzido (Tabela 2) e, independente do tempo de incubação (Figura 2), as partículas com menores diâmetros produziram maiores quantidades de gases do que partículas com maiores diâmetros. Estas observações corroboram

com o conceito do mecanismo de digestão do amido definido por Huntington (1997), em que a digestão do amido deve ter relação inversa com o tamanho de partícula, pois a área de superfície para digestão bacteriana ou de hidrólise enzimática do amido aumenta com a diminuição do tamanho de partícula. Além disso, a diminuição no tamanho de partícula provavelmente reduziu a interação da matriz proteica com os grânulos de amido e rompeu as pontes de hidrogênio das moléculas de amilose e amilopectina dos grânulos, facilitando a ação das enzimas bacterianas.

Lee et al. (2002) ao estudarem o milho inteiro e com dois graus de moagem (com peneira de 4mm e 1mm) constataram que as partículas de 1mm apresentaram produção de gases superiores às partículas de 4 mm e ao grão inteiro. Bird et al. (1999) obtiveram resultados superiores para partículas menores em cevada, sendo que a produção de gases de partículas de 0,5 mm foram 48% superiores às partículas de 4 mm. Para a fermentação do amido, observaram que em partículas de 0,5 mm, foi de 79% e em partículas de 4 mm, foi de 46%.

Blasel, Hoffman e Shaver (2006) constataram que o grau de acesso da amilase ao amido de milho está diretamente relacionado ao tamanho da partícula e que a cada aumento de 100  $\mu\text{m}$  no tamanho da partícula diminui-se em 2,68% o grau de acesso da amilase. Confirmando que a moagem aumentou o acesso da enzima e que, em milho farináceo, esse acesso foi 60% maior do que em milho duro.

**Figura 2-** Produção total de gases em função dos tempos de incubação de milho moído em diferentes tamanhos de partículas.



Fonte: Do autor

Para taxa de degradação da fração potencialmente degradável (c), houve efeito ( $P < 0,05$ ) do genótipo, sendo que o milho tipo duro ( $0,0843 \text{ h}^{-1}$ ) e semiduro ( $0,0829 \text{ h}^{-1}$ ) apresentaram valores

superiores ao do milho semidentado ( $0,0764 \text{ h}^{-1}$ , Tabela 2), cujos resultados são condizentes com o volume de produção de gases, no qual o milho duro foi superior aos demais. Os resultados da taxa de degradação são muito variáveis quando comparados aos da literatura. Os valores obtidos por Wascheck et al. (2010) em fubá de milho foi de  $0,0681 \text{ h}^{-1}$ , que são próximos aos encontrados no presente estudo. Entretanto, os valores deste estudo estão acima daqueles encontrados por Philippeau, Le Deschault de Monredon e Michalet-Doreau (1999) em estudo *in situ*, cujos valores foram de  $0,059 \text{ h}^{-1}$  em milho dentado e  $0,034 \text{ h}^{-1}$  em milho duro. Contudo, ressalta-se que a divergência pode ser oriunda da técnica utilizada para mensurar a taxa de degradação, pois os estudos acima citados utilizaram como técnica o modelo *in situ* em que o alimento está em contato direto com o ambiente ruminal. Por outro lado, na técnica *in vitro* há apenas uma simulação das condições ruminais, e o alimento não sofre a mesma ação que no interior do rúmen.

Malafaia et al. (1998) relataram que a principal desvantagem do método *in vitro* de avaliação de alimentos é a de não reproduzir o ambiente ruminal, mas se o objetivo do estudo for determinar as propriedades intrínsecas do alimento, esta desvantagem pode ser revertida pois no método *in vitro*, as condições do ambiente podem ser controladas de maneira a prevenir as flutuações físico-químicas, permitindo isolar a característica de interesse do alimento, para que essa seja a única variável limitante para o estudo de degradação.

O tamanho de partícula promoveu efeito ( $P < 0,05$ ) sobre a taxa de degradação (fração c), sendo que a maior taxa de degradação foi encontrada em partículas menores que  $420 \mu\text{m}$  ( $0,0964 \text{ h}^{-1}$ ). Os valores obtidos estão de acordo com o volume total de gases produzidos por essas partículas, que foi maior em partículas menores e diminuiu com o aumento no tamanho das partículas. Rémond et al. (2004), em estudo *in situ*, observaram diferença entre tamanhos de partículas para fração c, sendo que para milho semiduro com partículas de  $700 \mu\text{m}$  e  $1800 \mu\text{m}$  encontraram valores de  $0,056$  e  $0,057 \text{ h}^{-1}$ , respectivamente, os quais diferiram de partículas de  $3700 \mu\text{m}$  que apresentou valor de  $0,04 \text{ h}^{-1}$ . Para o milho de genótipo dentado, encontraram diferença entre partículas de  $600 \mu\text{m}$  e  $3500 \mu\text{m}$  ( $0,054$  e  $0,042 \text{ h}^{-1}$ ). Os valores obtidos no presente estudo, utilizando a técnica de produção de gases, foram superiores aos encontrados em estudos *in situ*.

O tempo de colonização foi influenciado ( $P < 0,05$ ) pelo genótipo (Tabela 2), sendo que o milho duro apresentou o menor tempo de colonização ( $10,67 \text{ h}$ ) do que os milhos semiduro ( $11,45 \text{ h}$ ) e semidentado ( $11,54 \text{ h}$ ), os quais não diferiram entre si. Este resultado contraria os resultados encontrados na literatura que indica o genótipo com menor índice de vitreosidade apresentam menor tempo de colonização. No estudo realizado por Moreira et al. (2010), os resultados obtidos para tempo de colonização foram menores em forragens associadas ao milho dentado (média de  $0,31 \text{ h}$ ) e maiores em forragens associadas ao milho duro (média de  $1,14 \text{ h}$ ), mostrando que o aumento da vitreosidade do milho aumentou o tempo de colonização das amostras.

Este resultado pode ter sido influenciado tanto pela dieta do animal doador de líquido ruminal, quanto pelo sincronismo entre os microrganismos. O milho semidentado por possuir maior fração

solúvel do que o milho duro, pode ter promovido uma diminuição de pH inicial que inibiu a colonização das partículas pelas bactérias ruminais. Já no milho duro, a solubilidade é mais baixa, o que pode ter proporcionado uma colonização primeiramente pelas bactérias proteolíticas, na fermentação da matriz proteica, e em seguida a colonização pelas bactérias amilolíticas na fermentação do amido.

O tamanho de partícula também influenciou ( $P < 0,05$ ) no tempo de colonização (Tabela 2). Observou-se que partículas menores (420  $\mu\text{m}$ ) apresentaram tempo de colonização 34% menor que partículas grandes (maiores que 1400  $\mu\text{m}$  e entre 1400 e 850  $\mu\text{m}$ ) e 21,8% menor do que partículas de tamanho entre 850 e 420  $\mu\text{m}$ , confirmando que a degradação do milho é mais rápida em partículas menores porque a colonização ocorre mais rápido do que em partículas maiores. Partículas maiores e grãos inteiros, possuem matriz proteica intacta, altamente resistente à digestão pelos microrganismos ruminais, por não permitir a adesão das bactérias. Com a diminuição no tamanho das partículas, houve aumento da superfície de contato do alimento que proporcionou melhor adesão das bactérias ruminais e melhor digestão amilolítica pelas enzimas dos microrganismos (BEAUACHEMIN et al., 1994; BLASEL; HOFFMAN; SHAVER, 2006; HOFFMAN et al., 2012).

Houve interação ( $P < 0,05$ ) entre tamanho de partícula e genótipo de milho (Tabela 2) observando-se que para partículas finamente moídas (menor que 420  $\mu\text{m}$ ) o genótipo duro apresentou menor tempo de colonização (7,63h) do que milho semiduro e semidentado (8,17h e 9,52h, respectivamente).

## **Conclusões**

Conclui-se que o milho do tipo duro fornece os melhores parâmetros de fermentação ruminal, com maior produção de gases pelas bactérias ruminais, maior taxa de degradação da fração potencialmente degradável dos carboidratos e menor tempo de colonização do que milhos do tipo semiduro e semidentado. A diminuição no tamanho de partículas aumenta a produção de gases, aumenta a taxa de degradação da fração potencialmente degradável dos carboidratos e diminui o tempo de colonização do milho, o que, conseqüentemente, melhora o aproveitamento ruminal do amido.

## **Referências**

ANTUNES, R. C.; RODRIGUEZ, N. M. Metabolismo dos carboidratos não estruturais. In: Telma Teresinha Berchielli; Alexandre Vaz Pires; Simone Gisele de Oliveira. (Org.). *Nutrição de Ruminantes*. 1.ed. Jaboticabal: Funep, p. 151-182, 2006.

BEAUACHEMIN, K.A.; McALLISTER, T.A.; DONG, Y.; FARR, B.I.; CHENG, K.J. Effects of mastication on digestion of whole cereal grains by cattle. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.72, n.1, p.236-246, 1994.

BIRD, S.H.; ROWE, J.B.; CHOCT, M.; STACHIW, S.; TYLER, P.; THOMPSON, R.D. *In vitro* fermentation of grain and enzymatic digestion of cereal starch. *Recent Advances in Animal Nutrition in Australia*, Armidale, v.12, p.53-61, 1999.

BLASEL, H. M.; HOFFMAN, P. C.; SHAVER, R. D. Degree of starch access: An enzymatic method to determine starch degradation potential of corn grain and corn silage. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 128, n.1, p. 96-107, 2006.

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

DEPETERS, E.J; GETACHEW, G.; FADEL, J.G.; CORONA, L.; ZINN, R.A. Influence of corn hybrid, protease and methods of processing on *in vitro* gas production. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v.135, n.1-2, p.157-175, 2007.

DOANE, P.H.; PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. The effect of preservation method on the neutral detergent soluble fraction of forages. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.75, n.4, p.1140-1148, 1997.

DOANE, P.H.; PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Ensiling effects on the ethanol fractionation of forages using gas production. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.76. n.3, p.888-895, 1998.

ERASMUS, C.; TAYLOR, J.R.N. Optimizing the determination of maize endosperm vitreousness by a rapid non-destructive image analysis technique. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Oxford, v. 84, n.9, p.920-930, 2004.

HOFFMAN, P. C.; MERTENS, D. R.; LARSON, J.; COBLENTZ, W. K.; SHAVER, R. D. A query for effective mean particle size in dry and high-moisture corns. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 95, n.6, p.3467-3477, 2012.

HUNTINGTON, G. B. Starch utilization by ruminants: From basics to the bunk. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.75, n.3, p.852-867, 1997.

KOTARSKI, S.F.; WANISKA, R.D.; THURN, K.K. Starch hydrolysis by the ruminal microflora. *Journal of Nutrition*, Philadelphia, v.22, n.1, p.178-190, 1992.

LANE, J.H.; EYNON, L. *Determination of reducing sugars by Fehling's solution with methylene blue indicator*. Normam Rodge: London, 8p., 1934.

LEE, S.Y.; KIM, W.Y.; KO, J.Y.; HA, J.K. Effects of corn processing on *in vitro* and *in situ* digestion of corn grain in Holstein steers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, Seoul, v.15, n.6, p.851-858, 2002.

MARTINS, A.S.; PRADO, I.N.; ZEOULA, L.M.; BRANCO, A.F.; NASCIMENTO, W.G. Digestibilidade aparente de dietas contendo milho ou casca de mandioca como fonte energética e farelo de algodão ou levedura como fonte protéica em novilhas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.29, n.1, p. 269-277, 2000.

MALAFAIA, P. A. M.; VALADARES FILHO, S. D. C.; VIEIRA, R. A. M.; SILVA, J.; & PEREIRA, J. C. Cinética ruminal de alguns alimentos investigada por técnicas gravimétricas e metabólicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.27, n.2, 370-380, 1998.

MAURICIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S.; OWEN, E.; CHANNA, K.S.; THEODOROU, M.K. A semi-automated in vitro gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 79, n. 4, p. 321-330, 1999.

MCDUGALL, E.I. Studies on ruminant saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. *Biochemical Journal*, London, v. 43, n.1, p.99-109, 1948.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (MAPA): **Milho**. Disponível em: [www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/milho](http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/milho). Acesso em: 07 jan. 2013.

MIZUBUTI, I.Y.; PINTO, A.P.; PEREIRA, E.S.; RAMOS, B.M.O. *Métodos laboratoriais de avaliação de alimentos para animais*. Londrina: EDUEL. 2009. 228p.

MOREIRA, P.C.; REIS, R.B.; REZENDE, P.L.P.; WASCHECK, R.C.; MENDONÇA, A.C.; DUTRA, A.R. Produção cumulativa de gases e parâmetros de France avaliados pela técnica semiautomática in vitro de fontes de carboidratos de ruminantes. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Salvador, v.11, n.2, p. 452-462, 2010.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requirements of beef cattle*. 7. ed. Washington, DC.: National Academic Press, 2000, 242p.

PAES, M.C.D. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. Ministério da Agricultura e Abastecimento. *Circular Técnica (EMBRAPA)*, dezembro de 2006. Sete Lagoas, MG, v.75, 6p., 2006.

PATTERSON, T.; KLOPFENSTEIN, T.J.; MILTON, T.; BRINK, D.R. *Evaluation of the 1996 Beef Cattle NRC model predictions of intake and gain for calves fed low or medium energy density diets*. Nebraska Beef Reports, Nebraska, p.26-29, 2000.

PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.76, n.4, p.1063-1073, 1993.

PHILIPPEAU, C.; LE DESCHAULT DE MONREDON, F.; MICHALET-DOREAU, B. Relationship between ruminal starch degradation and the physical characteristics of corn grain. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.77, n.1, p.238-243, 1999.

RÉMOND, D.; CABRERA-ESTRADA, J.I.; CHAMPION, M.; CHAUVEAU, B.; COUDURE, R.; PONCET, C. Effect of corn particle size on site and extent of starch digestion in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.87, n.5, p.1389-1399, 2004.

SALVADOR, R. J. *Maize*. Adaptação de um artigo publicado na "Encyclopedia of Mexico", Fitzroy Dearborn Publishers, 1997. Disponível em: <http://oregonstate.edu/instruct/css/330/six/index.htm>. Acesso em: 14 de janeiro 2013.

SCHOFIELD, P.; PITT, R.E.; PELL, A.N. Kinetic of fiber digestion from in vitro gas production. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 72, n. 11, p. 2980-2991, 1994.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. *User's guide*. Version 8.1.ed. Cary: SAS Institute, 2001. 956p.

STEFANON, B.; PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Effect of maturity on digestion kinetics of water-soluble and water-insoluble fractions of alfalfa and brome hay. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.74, n.5, p.1104-1115, 1996.

WASCHECK, R.C.; REZENDE, P.L.P.; MOREIRA, P.C.; REIS, R.B.; ROSA, S.R.A.; MENDONÇA, A.C. Degradabilidade e produção de gases in vitro de fontes energéticas alternativas na alimentação de ruminantes. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, Maringá, v. 32, n. 4, p. 425-430, 2010.

### 4.3. Desempenho de bovinos Nelore alimentados com diferentes genótipos de milho

#### Performance of Nelore steers in feedlot fed with diets containing different corn genotypes

**Resumo:** O objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização de dietas contendo três genótipos de milho sobre o desempenho de bovinos Nelore confinados. Foram utilizados 27 bovinos machos, com peso vivo médio inicial de  $350 \pm 24$  kg e idade média de 24 meses, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em três dietas, sendo, DTMDU: Dieta total contendo milho duro, DTMSDU: Dieta total contendo milho semiduro e DTMSDE: Dieta total contendo milho semidentado, com nove repetições por dieta. As dietas foram isoenergéticas e isoprotéicas, com relação de volumoso: concentrado de 30:70, utilizando-se o bagaço de cana-de-açúcar como volumoso e ração concentrada composta de farelo de soja (8%), milho grão moído (88%), suplemento mineral e vitamínico (3%) e uréia (1%). Essas dietas foram fornecidas aos bovinos duas vezes ao dia (8 h e 16 h). Os animais foram confinados por um período de 95 dias, compreendendo 14 dias de adaptação e três períodos experimentais de 27 dias. A dieta fornecida e sobras foram pesadas diariamente para se determinar o consumo. Amostras de alimentos fornecidos, sobras e fezes foram coletadas nos 7 dias finais de cada período experimental para se determinar a digestibilidade aparente da dieta. Os animais foram pesados a cada 27 dias para determinação de ganho de peso. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância. Não houve diferença estatística entre as dietas para as características de peso vivo final ( $P=0,41$ ) observando-se valores de  $443 \pm 31$  kg,  $454 \pm 28$  kg,  $436 \pm 23$  kg, em animais alimentados com dietas contendo milho duro, semiduro e semidentado, respectivamente. Também não foram observadas diferenças entre as dietas sobre as características de ganho de peso diário ( $P=0,78$ ) e consumo de matéria seca ( $P=0,61$ ). Os valores médios de ganho de peso diário foram de  $1,02 \pm 0,3$  kg,  $0,95 \pm 0,26$  kg,  $1,03 \pm 0,28$  kg e de consumo de matéria seca diário foram de  $8,5 \pm 0,57$  kg,  $8,8 \pm 0,48$  kg,  $8,4 \pm 0,36$  kg, em animais recebendo dietas contendo milho duro, semiduro e semidentado, respectivamente. A conversão alimentar ( $P=0,82$ ) e eficiência alimentar ( $P=0,76$ ) dos animais não foram influenciadas pelas diferentes dietas, sendo que os valores médios de conversão alimentar foram de  $8,59 \pm 1,3$ ,  $9,38 \pm 1,29$ ,  $8,67 \pm 2,13$  kg/d, e de eficiência alimentar foram de  $0,118 \pm 0,02$ ,  $0,108 \pm 0,01$ ,  $0,121 \pm 0,03$  kg/kg, respectivamente, em animais alimentados com dietas contendo milho duro, semiduro e semidentado. O peso de carcaça quente e de carcaça fria e o rendimento de carcaça fria e rendimento de carcaça quente dos animais não foram influenciados pelas diferentes dietas, sendo que os valores médios de peso de carcaça quente foram de  $244,56 \pm 20,2$ ;  $250,75 \pm 23,3$ ;  $242,20 \pm 22,6$  kg; peso de carcaça fria foram de  $241,92 \pm 20,4$ ;  $247,90 \pm 22,9$ ;  $239,61 \pm 22,6$  kg; rendimento de carcaça quente foram de  $55,3 \pm 0,6$ ;  $55,06 \pm 1,5$  e  $55,07 \pm 1,4\%$  e rendimento de carcaça fria foram de  $54,69 \pm 0,6$ ;  $54,44 \pm 1,4$  e  $55,44 \pm 3,4\%$ , respectivamente, em animais alimentados com dietas contendo 62% (base seca) de milho grão duro, semiduro e semidentado. Também não ocorreram diferenças na digestibilidade das dietas, sendo as mesmas semelhantes. Apesar dos genótipos de milho apresentarem composições diferentes na estrutura dos grânulos de amido, os mesmos não interferem no desempenho de bovinos Nelore confinados.

**Palavras-chave:** bagaço de cana de açúcar, dieta, duro, semidentado, semiduro.

**Abstract:** This trial was carried out to evaluate the feedlot performance beef of cattle receiving diets with three different corn genotypes. Twenty-seven animals averaging  $350 \pm 24$  kg of body weight and 24 months of age were used. The animals were distributed in a completely randomized design with three diets: TDFC: Total diet containing flint corn, TDSFC: Total diet containing semi-flint corn, and TDSDC: Total diet containing semi-dent corn, with 9 replicates per treatment. The animals were fed ad libitum twice daily (at 8:00am and 4:00pm) with a diet isocaloric and isonitrogenous, with 30% of sugar cane bagasse and 70% concentrate (88% maize, 8% soybean meal, 3% mineral and vitamin supplement and 1% urea) for 95 days (14 days of adaptation and 3 experimental periods of 27 days each). Each 27 days they were weighed to evaluate the average daily gain (ADG). Feed deliveries andorts were registered daily to determine the dry matter intake (DMI). The data were submitted to analysis of variance. There were no significant difference among diets for the characteristics of final body weight ( $P=0.41$ ) observing values of  $443 \pm 31$  kg,  $454 \pm 28$  kg,  $436 \pm 23$  kg in animals fed diets containing flint corn, semi flint corn and semi-dent corn, respectively. There were also no differences among treatments for average daily gain ( $P=0.78$ ) and dry matter intake ( $P=0.61$ ). The average values of daily gain were  $1.02 \pm 0.3$  kg,  $0.95 \pm 0.26$  kg,  $1.03 \pm 0.28$  kg and daily dry matter intake were  $8.5 \pm 0.57$  kg,  $8.8 \pm 0.48$  kg,  $8.4 \pm 0.36$  kg in animals fed diets containing flint corn, semi flint corn and semi-dent corn, respectively. The feed conversion ( $P=0.82$ ) and feed efficiency ( $P=0.76$ ) of the animals were not affected by different diets, with average values of feed conversion of  $8.59 \pm 1.3$ ,  $9.38 \pm 1.29$ ,  $8.67 \pm 2.13$  kg/d and feed efficiency of  $0.118 \pm 0.02$ ,  $0.108 \pm 0.01$ ,  $0.121 \pm 0.03$  kg/kg, respectively, in animals fed diets containing flint corn, semi flint corn and semi-dent corn. The hot and cold carcass weight, and hot and cold carcass yield of the animals were not influenced by the different diets, and the average values for hot carcass weight were  $244,56 \pm 20,2$ ;  $250,75 \pm 23,3$ ;  $242,20 \pm 22,6$  kg; cold carcass weight were  $241,92 \pm 20,4$ ;  $247,90 \pm 22,9$ ;  $239,61 \pm 22,6$  kg; hot carcass yield  $55,3 \pm 0,6$ ;  $55,06 \pm 1,5$ ;  $55,07 \pm 1,4\%$  and cold carcass yield were  $54,69 \pm 0,6$ ;  $54,44 \pm 1,4$  e  $55,44 \pm 3,4\%$ , respectively, in animals fed diets containing 62% (dry basis) of flint, semi-flint and semi-dent corn. Also there were no differences in digestibility of those diets. It can be concluded that, despite the corn genotypes showed different compositions in structure of starch granules they did not interfere on performance of feedlot Nellore cattle.

**Keywords:** diet, flint, semi-dent, semi-flint, sugar cane bagasse.

## Introdução

A Bovinocultura de corte vem se destacando na economia nacional e hoje já representa a maior fatia do agronegócio brasileiro. Atualmente, o Brasil possui o maior rebanho comercial do mundo, com 212,8 milhões de cabeças registradas em 2011 (VALLE, 2011; IBGE, 2012). É o segundo maior produtor mundial de carne, com produção de 9.771.000/TON em 2011, ficando atrás apenas dos EUA que teve produção de 11.946.000/TON e o maior exportador de carne bovina do mundo, com volume exportado em 2011, de 1.650.000/TON (ABIEC, s.d).

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (ABIEC, s.d.), o rebanho brasileiro para produção de carne é composto de 80% de animais de raças zebuínas (*Bos indicus*), que são animais rústicos e com ótima adaptação às condições ambientais brasileiras. Dentre as raças zebuínas, se destaca o Nelore que representa 90% do rebanho zebuíno.

Considerando a necessidade de aumento de produção, lucro e eficiência produtiva, o uso de confinamento na engorda de bovinos de corte vem aumentando a cada ano e gerando boas perspectivas de aumento no futuro. No entanto, o principal fator que desestimula o uso dessa técnica na produção de bovinos de corte é o impacto econômico da alimentação, que representa até 85% do custo desta atividade produtiva. Em geral, o alimento concentrado é principal fator limitante nesse sistema (EZEQUIEL et al., 2006b).

Os grãos são componentes essenciais nas dietas de bovinos confinados, pois, o milho é um dos mais importantes grãos de cereais que compõe a dieta, representando fonte energética de alta qualidade (CORREA et al., 2002). Cerca de 60% a 80% da composição do milho é representada pelo amido que se encontra no endosperma. Essa estrutura pode ser classificada como endosperma vítreo ou farináceo, dependendo da distribuição do amido e da matriz de proteína. Quanto mais matriz proteica no milho, maior é a vitreosidade do grão, ou seja, mais duro (PAES, 2006). Essa matriz proteica é um dos principais fatores que afetam a utilização do amido pelos microrganismos ruminais, pois dificulta a ação das enzimas digestivas e estão presentes em maiores quantidades nos grãos de milho e sorgo (SNIFFEN; ROBINSON, 1987; KOTARSKI; WANISKA; THURN, 1992).

O que ocorre atualmente é que a maioria do milho utilizado no Brasil é de uma variedade com endosperma mais vítreo (cultivares com grãos duro e semiduro) por manterem melhor qualidade no armazenamento (CRUZ; PEREIRA FILHO, 2008).

O conhecimento do efeito que as variedades de milho podem causar na produção é essencial para a agropecuária que poderá utilizar uma variedade ideal na alimentação de ruminantes. Considerando que a margem de lucro dos pecuaristas é pequena, e que, o conteúdo energético do alimento seja responsável pela engorda dos animais, além de ser um dos itens mais onerosos no confinamento, a determinação de uma variedade ideal de milho que melhore o desempenho e rendimento de carcaça é crucial para aumentar o lucro do produtor.

Sendo assim é importante avaliar a utilização de diferentes genótipos de milho na alimentação de bovinos em confinamento para determinar o genótipo que proporcione melhor desempenho animal.

## **Material e Métodos**

O experimento foi realizado na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Paraná, após aprovação pela Comissão de ética no uso de animais em experimentação. As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UEL.

Foram escolhidos três genótipos de milho: Agrocere AG9010: grão duro; Dow AgroSciences 2B710: grão semiduro; e Dow AgroSciences 2B587: grão semidentado. O índice de vitreosidade de cada genótipo foi mensurado por meio da metodologia descrita por Erasmus e Taylor (2004), sendo que o milho duro apresentou índice de vitreosidade de 62,64%, o semiduro 58,5% e o semidentado 57,7%, constatando assim a diferença entre os genótipos.

Foram utilizados 27 bovinos machos, castrados da raça Nelore, com peso vivo médio inicial de  $350 \pm 24$  kg e idade média de 24 meses, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado. Os animais foram distribuídos aleatoriamente em três dietas, sendo: DTMDU: Dieta total contendo milho tipo duro; DTMSDU: Dieta total contendo milho tipo semiduro e DTMSDE: Dieta total contendo milho tipo semidentado.

Os bovinos foram confinados por um período de 95 dias, sendo 14 dias de adaptação às instalações e dietas e três períodos experimentais de 27 dias. No período de adaptação a relação volumoso: concentrado foi modificada a cada 3 dias da seguinte forma: iniciou-se com relação volumoso: concentrado 60:40, depois 50:50 e 40:60 até atingir 30:70, sendo que a última e definitiva troca ocorreu 5 dias antes de se iniciar o período experimental.

Os animais foram alojados três animais por baia e três baias por dieta, num total de nove baias coletivas. As baias eram parcialmente cobertas, providas de piso de concreto, comedouro e bebedouro regulado por sistema de bóia automática.

Todos os animais foram pesados em jejum de sólidos de 16 horas no início do experimento e ao final de cada período de 27 dias.

As dietas foram balanceadas de forma a serem isoenergéticas e isotróficas, baseada no NRC (2000), para ganho de peso diário de 1,2 kg, sendo que cada dieta experimental continha um híbrido de milho diferente, obedecendo a relação de volumoso: concentrado de 30:70 (Tabela 1). Utilizou-se bagaço de cana-de-açúcar como volumoso. O concentrado foi composto de farelo de soja (8%), milho grão moído (88%), suplemento mineral e vitamínico (3%) e uréia (1%). Essas dietas foram fornecidas aos bovinos, duas vezes ao dia (8 h e 16 h).

**Tabela 1-** Composição percentual das dietas experimentais.

Proporção na dieta	Alimento	Dietas		
		DTMDU <sup>1</sup> (%)	DTMSDU <sup>2</sup> (%)	DTMSDE <sup>3</sup> (%)
Volumoso (30%)	Bagaçõ de cana de açúcar	30	30	30
	Milho duro	61,6	----	----
Concentrado (70%)	Milho semiduro	----	61,6	----
	Milho semidentado	----	----	61,6
	Farelo de soja	5,6	5,6	5,6
	Núcleo <sup>4</sup>	2,1	2,1	2,1
	Uréia	0,7	0,7	0,7

<sup>1</sup> DTMDU: Dieta total com 30% bagaçõ de cana de açúcar e 70% de concentrado contendo milho duro.

<sup>2</sup> DTMSDU: Dieta total com 30% bagaçõ de cana de açúcar e 70% de concentrado contendo milho semi duro.

<sup>3</sup> DTMSDE: Dieta total com 30% bagaçõ de cana de açúcar e 70% de concentrado contendo milho semi dentado.

<sup>4</sup> Núcleo vitamínico e mineral, cujos níveis de garantia mínimo: Cálcio, 120g; Cobalto, 60mg; Cobre, 650mg; Enxofre, 20g; Ferro, 1.120mg; Fósforo, 40g; Iodo, 40mg; Magnésio, 94g; Manganês, 520 mg; Selênio, 9mg; Sódio, 92g; Zinco, 1.960mg; Lasalocida, 1000mg; N.D.T. Estimado, 95g; Proteína Bruta, 50g; Vitamina A, 100.000 UI/kg; Vitamina E, 1000 UI/kg; e no máximo: Flúor, 400mg; NNP - Equiv. Proteína, 45g.

**Fonte:** Do autor

O consumo de matéria seca inicialmente foi calculado com base em 2,5% do peso vivo e ajustado diariamente de forma a se obter 7% de sobras, possibilitando ao animal a seleção do alimento sem que sofresse restrição ou consumo forçado. As sobras foram pesadas diariamente para se determinar o consumo de dieta pelos animais, e amostras dos alimentos fornecidos e das sobras foram coletadas semanalmente. Ao final de cada período experimental foram preparadas as amostras compostas para posterior determinação dos teores de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral, FDN e FDA segundo as metodologias descritas por Mizubuti et al. (2009). Os teores de NDT foram estimados pela fórmula descrita por Patterson et al. (2000):  $NDT = [88,9 - (0,779 \times FDA\%)]$  (Tabela 2).

Nos 7 dias finais de cada período experimental foram coletadas amostras dos alimentos fornecidos, das sobras e das fezes de cada animal para se determinar a digestibilidade aparente da dieta fornecida, utilizando FDNi como indicador interno pela técnica de digestão *in situ*. Em cada saco de nylon foram incubadas 7g de amostras dos alimentos fornecidos, das sobras das dietas e das fezes, de cada tratamento, num total de 30 sacos por amostra. Os sacos permaneceram no rúmen de um bovino, macho, com cânula ruminal, por 144h. Após esse período, os sacos foram lavados em água corrente e a amostra restante foi submetida a análise de FDN, para se determinar o FDNi das amostras.

A estimativa do coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (MS) de cada tratamento experimental foi feita segundo a fórmula:

$$DMSTDT = ((CMS-FF)/CMS) * 100$$

Onde:

DMSTDT = Digestibilidade da Matéria Seca do trato digestivo total

CMS = Consumo de Matéria Seca: (Matéria Seca Fornecida – Matéria Seca Sobras)

FF= Fluxo Fecal: (FDNi ingerido/FDNI fezes)\*100

**Tabela 2-** Composição bromatológica dos milhos (duro, semiduro e semimentado), do bagaço de cana de açúcar, dos concentrados e da dieta total contendo milho duro, semiduro e semimentado (em base seca).

	MS (%)	Composição Bromatológica *					NDT (%)
		MM (%)	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	EE (%)	
<b>Genótipo Milho</b>							
MDU <sup>1</sup>	89,5	1,4	12,3	25,8	4,3	4,6	85,6
MSDU <sup>2</sup>	89,5	1,3	13,1	18,3	2,3	4,6	87,1
MSDE <sup>3</sup>	89,5	1,2	11,9	19,6	2,6	4,2	86,9
<b>Bagaço de cana-de-açúcar</b>							
	56,1	8,4	1,9	90,5	63,7	0,5	39,3
<b>Concentrados</b>							
CMDU <sup>4</sup>	88,3	5,1	17,0	17,4	3,8	1,7	85,9
CMSDU <sup>5</sup>	88,1	5,3	16,9	18,7	4,8	1,3	85,2
CMSDE <sup>6</sup>	86,7	5,7	16,0	14,2	4,7	1,7	85,2
<b>Dieta Total</b>							
DTMDU <sup>7</sup>	78,6	6,1	12,5	39,3	21,8	1,4	71,9
DTMSDU <sup>8</sup>	78,4	6,2	12,4	40,3	22,5	1,1	71,4
DTMSDE <sup>9</sup>	77,5	6,5	11,7	37,1	22,4	1,4	71,4

\* MS- Matéria Seca; MM- Matéria Mineral; PB- Proteína Bruta; FDN- Fibra em Detergente Neutro; FDA- Fibra em Detergente Ácido; EE- Extrato Etéreo; NDT – Nutrientes Digestíveis Totais

<sup>1</sup> MDU: milho duro.

<sup>2</sup> MSDU: milho semiduro.

<sup>3</sup> MSDE: milho semimentado.

<sup>4</sup> CMDU: Concentrado contendo milho duro.

<sup>5</sup> CMSDU: concentrado contendo milho semiduro.

<sup>6</sup> CMSDE: concentrado contendo milho semimentado.

<sup>7</sup> DTMDU: Dieta total contendo 30% bagaço de cana de açúcar e 70% de CMDU.

<sup>8</sup> DTMSDU: Dieta total contendo 30% bagaço de cana de açúcar e 70% de CMSDU

<sup>9</sup> DTMSDE: Dieta total contendo 30% bagaço de cana de açúcar e 70% de CMSDE

**Fonte:** Do autor

Ao final do período experimental, os animais foram abatidos de acordo com as normas de abate humanitário (MAPA) em frigorífico comercial localizado a 45 km da fazenda escola da UEL.

Após o abate dos animais, foi feita a separação da cabeça, retirada do couro e completa evisceração. Em seguida, a carcaça foi serrada ao meio pelo esterno e coluna vertebral, originando

duas metades semelhantes, que foram identificadas e pesadas individualmente ainda quentes, para avaliação do peso e rendimento de carcaça quente. Posteriormente, as carcaças foram resfriadas por 24 horas a 2°C, pesadas novamente para determinação do peso da carcaça fria. O rendimento da carcaça quente e fria foi determinado pela razão entre o peso de carcaça quente e/ou carcaça fria e o peso vivo final.

Para a realização das análises estatísticas foi utilizado o programa SAS (2001). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. O ganho de peso diário foi calculado como o coeficiente angular da regressão linear do peso vivo nas datas de pesagens.

### Resultados e Discussão

Não se observou diferenças significativas entre as dietas contendo diferentes genótipos de milho sobre o peso inicial, peso final, ganho de peso médio diário, ingestão de matéria seca, conversão alimentar, eficiência alimentar, peso e rendimento de carcaça (Tabela 3). O peso inicial (Tabela 3) refere-se ao peso dos animais no início do período experimental e não ao peso obtido no início do período de adaptação.

**Tabela 3-** Desempenho e rendimento de carcaça de bovinos Nelore alimentados com dietas contendo diferentes híbridos de milho.

	Dietas			Probabili- dade	CV(%) <sup>4</sup>
	DTMDU <sup>1</sup>	DTMSDU <sup>2</sup>	DTMSDE <sup>3</sup>		
Peso vivo inicial (kg)	358,44	363,28	358,61	0,8986	6,65
Peso vivo final (kg)	443,00	453,72	436,39	0,4066	6,08
Consumo MS (kg/dia)	8,53	8,78	8,42	0,6109	5,11
Ganho de peso (kg/dia)	1,03	0,95	1,03	0,7788	27,27
Conversão alimentar (kg MS ingerida/kg ganho)	8,59	9,38	8,67	0,8232	17,45
Eficiência alimentar (kg ganho/kg MS ingerida)	0,12	0,11	0,12	0,7604	18,19
Peso da carcaça quente (kg)	244,56	250,75	242,20	0,4904	6,11
Peso da carcaça fria (kg)	241,92	247,90	239,61	0,5071	6,12
Rendimento da carcaça quente (%)	55,30	55,06	55,07	0,8515	1,76
Rendimento da carcaça fria (%)	54,69	54,44	55,44	0,5753	3,75

<sup>1</sup> DTMDU: Dieta total contendo 30% bagaço de cana de açúcar e 70% de CMDU (concentrado contendo milho duro)

<sup>2</sup> DTMSDU: Dieta total contendo 30% bagaço de cana de açúcar e 70% de CMSDU (concentrado contendo milho semiduro)

<sup>3</sup> DTMSDE: Dieta total contendo 30% bagaço de cana de açúcar e 70% de CMSDE (concentrado contendo milho semimentado)

<sup>4</sup> CV: coeficiente de variação

Fonte: Do autor

Não houve diferenças entre os tratamentos para a digestibilidade aparente da MS (Tabela 4).

**Tabela 4-** Digestibilidade da matéria seca do trato digestivo total de dietas contendo diferentes híbridos de milho.

	DMSTDT <sup>4</sup>	Probabilidade	CV(%) <sup>5</sup>
DTMDU <sup>1</sup>	67,09		
DTMSDU <sup>2</sup>	59,68	0,4627	10,83
DTMSDE <sup>3</sup>	64,12		

<sup>1</sup> DTMDU: Dieta total contendo 30% bagaço de cana de açúcar e 70% de CMDU (concentrado contendo milho duro)

<sup>2</sup> DTMSDU: Dieta total contendo 30% bagaço de cana de açúcar e 70% de CMSDU (concentrado contendo milho semiduro)

<sup>3</sup> DTMSDE: Dieta total contendo 30% bagaço de cana de açúcar e 70% de CMSDE (concentrado contendo milho semidentado)

<sup>4</sup> DMSTDT: Digestibilidade da matéria seca do trato digestivo total

<sup>5</sup> CV: coeficiente de variação

**Fonte:** Do autor

Dentre os três genótipos utilizados no experimento, o milho semidentado foi o que apresentou menor índice de vitreosidade e esperava-se que os animais alimentados com esse genótipo apresentasse desempenho superior às demais dietas, uma vez que, milho com índice de vitreosidade menor apresenta melhor degradabilidade ruminal, fornecendo maior substrato para fermentação e produção de AGV's (PHILIPPEAU; MICHALET-DOUREAU, 1997; PHILIPPEAU; LE DESCHAULT DE MONREDON; MICHALET-DOUREAU, 1999; CORREA et al., 2002; RÉMOND et al., 2004; BLASEL; HOFFMAN; SHAVER, 2006).

A igualdade no desempenho dos animais (Tabela 3) observada entre os híbridos de milho pode ser explicada pela digestibilidade das dietas (Tabela 4), uma vez que não houve diferença entre elas. Esperava-se que a dieta contendo milho semidentado apresentasse melhor digestibilidade e consequentemente os animais alimentados com tal dieta apresentasse melhor desempenho.

Estudos com degradação ruminal do amido mostram que milhos com menores índices de vitreosidade apresentam melhores índices de degradação (PHILIPPEAU; LE DESCHAULT DE MONREDON; MICHALET-DOUREAU, 1999; RÉMOND et al., 2004; BLASEL; HOFFMAN; SHAVER, 2006), no entanto, esses estudos não levaram em consideração a digestão intestinal. Observou-se no presente estudo que, para dietas contendo bagaço de cana de açúcar como fonte de volumoso, a digestão da dieta foi semelhante entre diferentes genótipos de milho.

Sestari (2012) avaliou o uso de milho duro, semiduro e semidentado no comportamento ingestivo de bovinos Nelore confinados e os resultados obtidos mostraram que os animais que receberam milho duro na dieta, passaram mais tempo se alimentando, no entanto tiveram menor número de bolos ruminais e menor tempo de mastigação do bolo ruminal, do que animais que receberam dietas contendo milho semiduro e semidentado. A autora atribuiu esse comportamento ao fato do milho duro possuir uma matriz proteica densa que dificultou a mastigação do alimento e por

esse motivo os animais tiveram maior tempo em alimentação. No entanto, como tem caráter vítreo, sua quebra na mastigação pode ter sido mais eficiente, o que poderia explicar o fato de os animais que consumiram o genótipo duro apresentarem menor número de bolos ruminais e menor tempo de mastigação de cada bolo ruminal.

Levando em consideração os resultados obtidos por Sestari (2012), pode-se relacionar a semelhança no desempenho dos animais e na digestibilidade da dieta, ao tempo gasto em alimentação, pois os animais que receberam o milho duro na dieta, mastigaram mais o alimento, o que ocasionou maior quebra do milho e melhorou a adesão microbiana ao alimento. Isto pode ter promovido melhor fermentação do amido pelos microorganismos ruminais, fornecendo energia de forma semelhante aos demais genótipos estudados e também pode ter melhorado a digestão intestinal do amido. Portanto, a diferença na composição do endosperma e degradação dos diferentes genótipos de milhos pode ter sido compensada pelo comportamento ingestivo dos animais.

Anteriormente ao presente estudo foi realizado um estudo de degradabilidade *in situ* dos 3 genótipos de milho utilizados nas dietas experimentais, e constatou-se que a uma taxa de passagem de  $0,04^{h^{-1}}$  não houve diferença na degradabilidade efetiva da MS entre os genótipos. Sendo assim, essa semelhança na digestibilidade da MS e no desempenho animal pode ter sido influenciada, também pela taxa de passagem da dieta no trato gastrointestinal dos animais (CUNHA, 2013)

Outra hipótese é que a fonte de volumoso utilizada possa ter interferido na digestibilidade do alimento e no desempenho animal. O bagaço de cana de açúcar que, por apresentar menor digestibilidade da fibra comparado a outras fontes de volumosos, pode ter ocasionado um ambiente ruminal menos adequado, interferindo na digestão dos outros componentes da dieta (HENRIQUE et al., 2007).

Alguns pesquisadores (BERNDT et al., 2002; BULLE et al., 2002; LEME et al., 2003; HENRIQUE et al., 2007) relataram que o bagaço de cana *in natura* como fonte de volumoso proporciona resultados inferiores a outras fontes de volumosos, e o aumento no nível de inclusão desse alimento na dieta, piora o desempenho de bovinos confinados.

Apesar do rendimento de carcaça não ter sido influenciado ( $P>0,05$ ) pelos genótipos de milho, os valores encontrados neste experimento (média de 55%) são normalmente obtidos em bovinos da raça Nelore (EZEQUIEL et al., 2006a; EZEQUIEL et al., 2006b, COSTA et al., 2007; IGARASI et al., 2008; ROTTA et al., 2009).

Leme et al. (2003) trabalhando com três níveis de inclusão de bagaço de cana *in natura* (15%, 21% e 27% da MS total da dieta) na dieta de bovinos Nelore em confinamento, constataram que com o aumento do nível de bagaço de cana de açúcar na dieta, ocorreu piora no desempenho dos animais. No nível de inclusão de 27%, que é o mais próximo do presente estudo, os pesquisadores obtiveram valores de ganho de peso diário de 1,38 kg; rendimento de carcaça de 56,7% e consumo de matéria seca de 7,5 kg/dia, com valores de eficiência alimentar de 0,183.

A interferência do bagaço de cana de açúcar no desempenho de bovinos foi relatada em um estudo realizado por Henrique et al. (2007) que compararam duas fontes de fibra (silagem de milho e bagaço de cana) em dietas de alto teor de concentrado para bovinos Santa Gertrudes com dez meses de idade e, observaram que houve diferença entre a silagem e o bagaço de cana em dietas isonutrientes. Os animais tratados com silagem de milho apresentaram valores de ganho de peso 14% maiores e foram 10 % superiores em eficiência alimentar quando comparados com os animais que receberam bagaço de cana de açúcar como fonte de fibras.

Nesse mesmo estudo, os animais alimentados com silagem tiveram peso ao abate superior aos animais alimentados com bagaço de cana. Segundo os pesquisadores, não ocorreram diferenças no consumo de matéria seca, o que sugere que a silagem de milho forneceu maior aporte de energia e melhor condição ambiental no rúmen do que o bagaço de cana de açúcar. Verificaram ainda que o tipo de volumoso alterou significativamente o peso e o rendimento de carcaça, além de influenciar a espessura de gordura sobre a 12<sup>a</sup> costela, o peso do fígado e a gordura renal-pélvica-inguinal, comprovando que o bagaço de cana de açúcar *in natura* é um alimento de qualidade inferior à silagem de milho, mesmo quando mantido o mesmo nível nutricional na dieta.

Os valores de ganho de peso diário e rendimento de carcaça encontrados neste trabalho estão próximos daqueles relatados por Henrique et al. (2007), que apesar de terem utilizado apenas 12% de bagaço de cana de açúcar, encontraram valores de ganho de peso diário e rendimento de carcaça de, 1,26 kg e 54,69%, respectivamente.

Portanto, o comportamento ingestivo dos animais pode ter compensado os altos índices de vitreosidade do milho duro, igualando o valor nutritivo entre os genótipos estudados, assim como o nível de inclusão de bagaço de cana utilizado neste experimento, pode ter interferido negativamente na degradação ruminal do amido do milho e conseqüentemente, no desempenho dos animais. Sendo assim, novos estudos são necessários, utilizando-se uma fonte de fibra de melhor qualidade ou menor índice de inclusão de bagaço de cana de açúcar na dieta total de Nelore confinado, além de uma observação no comportamento ingestivo dos animais confinados para se investigar se há ou não diferenças entre genótipos de milho.

## **Conclusões**

Pode-se concluir que, apesar dos genótipos de milho apresentar diferenças na composição da estrutura dos grânulos de amido (vitreosidade), os mesmos não interferem no desempenho de bovinos Nelores confinados, nas condições avaliadas.

## Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES (ABIEC): *Rebanho Bovino Brasileiro*. S.D. Disponível em: [http://www.abiec.com.br/3\\_rebanho.asp](http://www.abiec.com.br/3_rebanho.asp). Acesso em: 14 de janeiro de 2013.
- BERNDT, A.; HENRIQUE, W.; LANNA, D.P.D.; LEME, P.R. ALLEONI, G.F. Milho úmido, bagaço de cana e silagem de milho em dietas de alto teor de concentrado. 2. Composição corporal e taxas de deposição dos tecidos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.31, n.5, p.2105-2112, 2002.
- BLASEL, H. M.; HOFFMAN, P. C.; SHAVER, R. D. Degree of starch access: An enzymatic method to determine starch degradation potential of corn grain and corn silage. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 128, p. 96-107, 2006.
- BULLE, M.L.M.; RIBEIRO, F.G.; LEME, P.R.; TITTO, E.A.L.; LANNA, D.P.D. Desempenho de tourinhos cruzados em dietas de alto teor de concentrado com bagaço de cana-de-açúcar como único volumoso. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.31, n.1, p.444-450, 2002 (supl.).
- CORREA, C.E.S.; SHAVER, R.D.; PEREIRA, M.N.; LAVER, J.G.; KOHN, K. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.85, n.11, p.3008-3012, 2002.
- COSTA, D.; ABREU, J. B. R.; MOURÃO, R. C.; SILVA, J.C.G.; RODRIGUES, V.C.; SOUSA, J.C.D.; MARQUES, R.A.F.S. Características de carcaça de novilhos inteiros Nelore e F<sub>1</sub> Nelore x Holândes. *Ciência Animal Brasileira*, Goiânia, GO, v.8, n.4, p.685-694, 2007.
- CUNHA, G. E. Degradabilidade *in situ* do amido de diferentes genótipos de milho e em diferentes tamanhos de partículas. Dados não publicados. 2013.
- CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A. Perfil das cultivares de milho comercializadas no Brasil. Ministério da Agricultura e Abastecimento. *Circular Técnica (EMBRAPA)*, dezembro de 2008. Sete Lagoas, MG, v.101, 2008, 8p.
- ERASMUS, C.; TAYLOR, J.R.N. Optimizing the determination of maize endosperm vitreousness by a rapid non-destructive image analysis technique. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Oxford, v. 84, n.9, p.920-930, 2004.
- EZEQUIEL, J. M. B.; SILVA, O. G. C.; GALATI, R. L.; WATANABE, P.H.; BIAGIOLI, B.; FATURI, C. Desempenho de novilhos Nelore alimentados com casca de soja ou farelo de germen de milho em substituição parcial ao milho moído. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.35, n.2, p.569-575, 2006a.
- EZEQUIEL, J. M. B.; GALATI, R. L.; MENDES, A. R.; FATURI, C. Desempenho e características de carcaça de bovinos Nelore em confinamento alimentados com bagaço de cana-de-açúcar e diferentes fontes energéticas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.35, n.5, p.2050-2057, 2006b.
- HENRIQUE, W.; BELTRAME FILHO, J.A., LEME, P.R.; LANNA, D.P.D.; ALLEONI, G.F.; COUTINHO FILHO, J.L.V.; SAMPAIO, A.A.M. Avaliação da silagem de grãos de milho úmido com diferentes volumosos para tourinhos em terminação. Desempenho e características de carcaça. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.36, n.1, p.183-190, 2007.
- IGARASI, M. S.; ARRIGONI, M. B.; HADLICH, J. C.; SILVEIRA, A.C.; MARTINS, C.L.; OLIVEIRA, H.N. Características de carcaça e parâmetros de qualidade de carne de bovinos jovens

alimentados com grãos úmidos de milho ou sorgo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.37, n.3, p.520-528, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Comunicação Social de outubro de 2012: Produção da Pecuária Municipal 2011*. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=2241&id\\_pagina=1](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=2241&id_pagina=1). Acesso em: 16 de março de 2013.

KOTARSKI, S.F.; WANISKA, R.D.; THURN, K.K. Starch hydrolysis by the ruminal microflora. *Journal of Nutrition*, Philadelphia, v.22, n.1, p.178-190, 1992.

LEME, P.R.; SILVA, S.L.; PEREIRA, A.S.C.; PUTRINO, S.M.; LANNA, D.P.D; NOGUEIRA FILHO, J.C.M. Utilização do bagaço de cana-de-açúcar em dietas com elevada proporção de concentrados para novilhos Nelore em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.32, n.6, p.1786-1791, 2003 (Supl. 1).

MIZUBUTI, I.Y.; PINTO, A.P.; PEREIRA, E.S.; RAMOS, B.M.O. *Métodos laboratoriais de avaliação de alimentos para animais*. Londrina: EDUEL, 2009, 228p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requirements of beef cattle*. 7. ed. Washington, DC.: National Academic Press, 2000, 242p.

PAES, M.C.D. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. Ministério da Agricultura e Abastecimento. *Circular Técnica (EMBRAPA)*, dezembro de 2006. Sete Lagoas, MG, v.75, 6p, 2006.

PATTERSON, T.; KLOPFENSTEIN, T.J.; MILTON, T.; BRINK, D.R. *Evaluation of the 1996 Beef Cattle NRC model predictions of intake and gain for calves fed low or medium energy density diets*. Nebraska Beef Reports, Nebraska, p.26-29, 2000.

PHILIPPEAU, C.; MICHALET-DOREAU, B. Influence of genotype and stage of maturity of maize on rate of ruminal starch degradation. *Animal Feed Science Technology*, Amsterdam, v.68, n.1, p.25-35, 1997.

PHILIPPEAU, C.; LE DESCHAULT DE MONREDON, F.; MICHALET-DOREAU, B. Relationship between ruminal starch degradation and the physical characteristics of corn grain. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.77, n.1, p.238-243, 1999.

RÉMOND, D.; CABRERA-ESTRADA, J.I.; CHAMPION, M.; CHAUVEAU, B.; COUDURE, R.; PONCET, C. Effect of corn particle size on site and extent of starch digestion in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.87, n.5, p.1389-1399, 2004.

ROTTA, P.P.; PRADO, I.N.; PRADO, R. M.; MOLETTA, J.L.; SILVA, R.R.; PEROTTO, D. Carcass characteristics and chemical composition of the Longissimus muscle of Nellore, Caracu and Holstein-friesian bulls finished in feedlot. *Asian- Australasian Journal of Animal Science*, Seoul, v. 22, n.4, p. 598-604, 2009.

SESTARI, B.B. *Comportamento ingestivo, características de carcaça e qualidade da carne de bovinos Nelore alimentados com diferentes híbridos de milho*. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal – Produção Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR.

SNIFFEN, C.J.; ROBINSON, P.H. Microbial growth and flow as influenced by dietary manipulations. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.70, n.2, p.425-441, 1987.

*STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. User’s guide. Version 8.1.ed. Cary: SAS Institute, 2001. 956p.*

VALLE, E. R. *Boas práticas agropecuárias: bovinos de corte: Manual de orientações.* Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2011. 69p. Disponível em: [http://bpa.cnpqc.embrapa.br/material/MANUAL\\_de%20BPA\\_NACIONAL.pdf](http://bpa.cnpqc.embrapa.br/material/MANUAL_de%20BPA_NACIONAL.pdf). Acesso em: 14 de janeiro de 2013.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a condução do experimento e avaliação dos resultados encontrados nas condições deste trabalho, pode-se afirmar que os diferentes genótipos de milho estudados apresentam diferentes características de degradação ruminal, no entanto, não apresentam diferenças sobre o desempenho de bovinos Nelore confinados nas condições estudadas.

A cinética de degradação do milho apresentou diferenças entre as técnicas *in situ* e *in vitro* por produção de gases, devido provavelmente ao fato de se ter utilizado diferentes dietas entre as técnicas.

São necessários mais estudos, utilizando-se fonte volumosa de melhor qualidade, ou nível de inclusão de bagaço de cana de açúcar menor que 30% da dieta, para verificar se o genótipo do milho utilizado pode influenciar o desempenho de animais em confinamento.

## **ANEXO 1: Normas editoriais para publicação na Semina: Ciências Agrárias, UEL.**

### **Diretrizes para Autores**

#### Categorias dos Trabalhos

- a) Artigos científicos: no máximo 25 páginas incluindo figuras, tabelas e referências bibliográficas;
- b) Comunicações científicas: no máximo 12 páginas, com referências bibliográficas limitadas a 16 citações e no máximo duas tabelas ou duas figuras ou uma tabela e uma figura;
- b) Relatos de casos: No máximo 10 páginas, com referências bibliográficas limitadas a 12 citações e no máximo duas tabelas ou duas figuras ou uma tabela e uma figura;
- c) Artigos de revisão: no máximo 35 páginas incluindo figuras, tabelas e referências bibliográficas.

#### Apresentação dos Trabalhos

Os originais completos dos artigos, comunicações, relatos de casos e revisões podem ser escritos em português, inglês ou espanhol, no editor de texto Word for Windows, com espaçamento 1,5, em papel A4, fonte Times New Roman, tamanho 11 normal, com margens esquerda e direita de 2 cm e superior e inferior de 2 cm, respeitando-se o número de páginas, devidamente numeradas, de acordo com a categoria do trabalho. Figuras (desenhos, gráficos e fotografias) e Tabelas serão numeradas em algarismos arábicos e devem estar separadas no final do trabalho.

As figuras e tabelas deverão ser apresentadas nas larguras de 8 ou 16 cm com altura máxima de 22 cm, lembrando que se houver a necessidade de dimensões maiores, no processo de editoração haverá redução para as referidas dimensões. As legendas das figuras deverão ser colocadas em folha separada obedecendo à ordem numérica de citação no texto. Fotografias devem ser identificadas no verso e desenhos e gráfico na parte frontal inferior pelos seus respectivos números do texto e nome do primeiro autor. Quando necessário deve ser indicado qual é a parte superior da figura para o seu correto posicionamento no texto.

#### Preparação dos manuscritos

##### Artigo científico:

Deve relatar resultados de pesquisa original das áreas afins, com a seguinte organização dos tópicos: Título; Título em inglês; Resumo com Palavras-chave (no máximo seis palavras); Abstract com Key words (no máximo seis palavras); Introdução; Material e Métodos; Resultados e Discussão com as conclusões no final ou Resultados, Discussão e Conclusões separadamente; Agradecimentos; Fornecedores, quando houver e Referências Bibliográficas. Os tópicos devem ser escritos em letras maiúsculas e minúsculas e destacados em negrito, sem numeração. Quando houver a necessidade de subitens dentro dos tópicos, os mesmos devem receber números arábicos. O trabalho submetido não

pode ter sido publicado em outra revista com o mesmo conteúdo, exceto na forma de resumo de congresso, nota prévia ou formato reduzido.

A apresentação do trabalho deve obedecer à seguinte ordem:

1. Título do trabalho, acompanhado de sua tradução para o inglês.
2. Resumo e Palavras-chave: Deve ser incluído um resumo informativo com um mínimo de 150 e um máximo de 300 palavras, na mesma língua que o artigo foi escrito, acompanhado de sua tradução para o inglês (Abstract e Key words).
3. Introdução: Deverá ser concisa e conter revisão estritamente necessária à introdução do tema e suporte para a metodologia e discussão.
4. Material e Métodos: Poderá ser apresentado de forma descritiva contínua ou com subitens, de forma a permitir ao leitor a compreensão e reprodução da metodologia citada com auxílio ou não de citações bibliográficas.
5. Resultados e discussão com conclusões ou Resultados, Discussão e Conclusões: De acordo com o formato escolhido, estas partes devem ser apresentadas de forma clara, com auxílio de tabelas, gráficos e figuras, de modo a não deixar dúvidas ao leitor, quanto à autenticidade dos resultados, pontos de vistas discutidos e conclusões sugeridas.
6. Agradecimentos: As pessoas, instituições e empresas que contribuíram na realização do trabalho deverão ser mencionadas no final do texto, antes do item Referências Bibliográficas.

Observações:

Quando for o caso, antes das referências, deve ser informado que o artigo foi aprovado pela comissão de bioética e foi realizado de acordo com as normas técnicas de biosegurança e ética.

Notas: Notas referentes ao corpo do artigo devem ser indicadas com um símbolo sobrescrito, imediatamente depois da frase a que diz respeito, como notas de rodapé no final da página.

Figuras: Quando indispensáveis figuras poderão ser aceitas e deverão ser assinaladas no texto pelo seu número de ordem em algarismos arábicos. Se as ilustrações enviadas já foram publicadas, mencionar a fonte e a permissão para reprodução.

Tabelas: As tabelas deverão ser acompanhadas de cabeçalho que permita compreender o significado dos dados reunidos, sem necessidade de referência ao texto.

Grandezas, unidades e símbolos: Deverá obedecer às normas nacionais correspondentes (ABNT).

7. Citações dos autores no texto: Deverá seguir o sistema de chamada alfabética seguidas do ano de publicação de acordo com os seguintes exemplos:

- a) Os resultados de Dubey (2001) confirmam que .....
- b) De acordo com Santos et al. (1999), o efeito do nitrogênio.....
- c) Beloti et al. (1999b) avaliaram a qualidade microbiológica.....
- d) [...] e inibir o teste de formação de sincício (BRUCK et. al., 1992).
- e) [...]comprometendo a qualidade de seus derivados (AFONSO; VIANNI, 1995).

Citações com três autores:

Dentro do parêntese, separar por ponto e vírgula.

Ex: (RUSSO; FELIX; SOUZA, 2000).

Incluídos na sentença, utilizar virgula para os dois primeiros autores e (e) para separar o segundo do terceiro.

Ex: Russo, Felix e Souza (2000), apresentam estudo sobre o tema....

Citações com mais de três autores:

Indicar o primeiro autor seguido da expressão et al.

Observação: Todos os autores devem ser citados nas Referências Bibliográficas.

8. Referências Bibliográficas: As referências bibliográficas, redigidas segundo a norma NBR 6023, ago. 2000, da ABNT, deverão ser listadas na ordem alfabética no final do artigo. Todos os autores participantes dos trabalhos deverão ser relacionados, independentemente do número de participantes (única exceção à norma – item 8.1.1.2). A exatidão e adequação das referências a trabalhos que tenham sido consultados e mencionados no texto do artigo, bem como opiniões, conceitos e afirmações são da inteira responsabilidade dos autores.

As outras categorias de trabalhos (Comunicação científica, Relato de caso e Revisão) deverão seguir as mesmas normas acima citadas, porem, com as seguintes orientações adicionais para cada caso:

#### Comunicação científica

Uma forma concisa, mas com descrição completa de uma pesquisa pontual ou em andamento (nota prévia), com documentação bibliográfica e metodologia completas, como um artigo científico regular. Deverá conter os seguintes tópicos: Título (português e inglês); Resumo com Palavras-chave; Abstract com Key words; Corpo do trabalho sem divisão de tópicos, porém seguindo a seqüência – introdução, metodologia, resultados (podem ser incluídas tabelas e figuras), discussão, conclusão e referências bibliográficas.

#### Relato de caso

Descrição sucinta de casos clínicos e patológicos, achados inéditos, descrição de novas espécies e estudos de ocorrência ou incidência de pragas, microrganismos ou parasitas de interesse agrônomo, zootécnico ou veterinário. Deverá conter os seguintes tópicos: Título (português e inglês); Resumo com Palavras-chave; Abstract com Key-words; Introdução com revisão da literatura; Relato do (s) caso (s), incluindo resultados, discussão e conclusão; Referências Bibliográficas.

#### Artigo de revisão bibliográfica

Deve envolver temas relevantes dentro do escopo da revista. O número de artigos de revisão por fascículo é limitado e os colaboradores poderão ser convidados a apresentar artigos de interesse da revista. No caso de envio espontâneo do autor (es), é necessária a inclusão de resultados relevantes

próprios ou do grupo envolvido no artigo, com referências bibliográficas, demonstrando experiência e conhecimento sobre o tema.

O artigo de revisão deverá conter os seguintes tópicos: Título (português e inglês); Resumo com Palavras-chave; Abstract com Key-words; Desenvolvimento do tema proposto (com subdivisões em tópicos ou não); Conclusões ou Considerações Finais; Agradecimentos (se for o caso) e Referências Bibliográficas.

#### Outras informações importantes

1. A publicação dos trabalhos depende de pareceres favoráveis da assessoria científica "Ad hoc" e da aprovação do Comitê Editorial da Semina: Ciências Agrárias, UEL.
2. Não serão fornecidas separatas aos autores, uma vez que os fascículos estarão disponíveis no endereço eletrônico da revista (<http://www.uel.br/revistas/uel>).
3. Os trabalhos não aprovados para publicação serão devolvidos ao autor.
4. Transferência de direitos autorais: Os autores concordam com a transferência dos direitos de publicação do referido artigo para a revista. A reprodução de artigos somente é permitida com a citação da fonte e é proibido o uso comercial das informações.
5. As questões e problemas não previstos na presente norma serão dirimidos pelo Comitê Editorial da área para a qual foi submetido o artigo para publicação.

#### 6. Informações devem ser dirigidas a:

Universidade Estadual de Londrina  
 Centro de Ciências Agrárias  
 Departamento de Medicina Veterinária Preventiva  
 Comitê Editorial da Semina Ciências Agrárias  
 Campus Universitário - Caixa Postal 6001- 86051-990  
 Londrina, Paraná, Brasil.  
 Informações: Fone: 0xx43 33714709  
 Fax: 0xx43 33714714  
 Emails: [vidotto@uel.br](mailto:vidotto@uel.br); [csvjneve@uel.br](mailto:csvjneve@uel.br)

ou Universidade Estadual de Londrina  
 Coordenadoria de Pesquisa e Pós-graduação  
 Conselho Editorial das revistas Semina  
 Campus Universitário - Caixa Postal 6001-86051-990  
 Londrina, Paraná, Brasil.  
 Informações: Fone: 0xx43 33714105  
 Fax: Fone 0xx43 3328 4320  
 Emails: [eglema@uel.br](mailto:eglema@uel.br);