

Fontes de amido de diferentes degradabilidades e sua substituição parcial por polpa de citrus em dietas para vacas leiteiras

Carla Maris Bittar Nussio^{1*}, Flávio Augusto Portela Santos², Alexandre Vaz Pires², José Manuel Correa Simas³ e Maity Zopollatto²

¹Embrapa Pecuária Sudeste, C.P. 339, São Carlos, São Paulo, Brasil. ²Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, C.P. 09, 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil. ³Elanco. *Autor para correspondência. e-mail: carla@cnpse.embrapa.br

RESUMO. Foram utilizadas quatro vacas Holandesas, no terço final de lactação, canuladas no rúmen, com o objetivo de comparar milho moído fino, moído grosso ou floculado, assim como a substituição parcial dessas fontes de amido por polpa de citrus peletizada. O delineamento experimental utilizado foi um Quadrado Latino 5 x 4. As dietas continham silagem de milho como volumoso exclusivo e os tratamentos testados foram: milho moído fino (MF), floculado (F), moído grosso (MG), moído fino + polpa de citrus (MFP) e floculado + polpa de citrus (FP). O tratamento MG resultou em menores produções de leite, gordura e proteína, enquanto que o tratamento MFP resultou em maiores produções de leite corrigido, gordura e proteína. As digestibilidades no trato total da MS, PB, FDN, FDA foram maiores para o tratamento FP, enquanto que o tratamento F teve efeito negativo na digestão de fibra. O pH ruminal foi menor para o tratamento FP. Os teores médios de N-amoniacoal e AGV totais ruminais não foram afetados pelos tratamentos. O tratamento F reduziu as concentrações molares de acetato e butirato, enquanto que a inclusão de polpa favoreceu a produção ruminal destes. A glicose plasmática não foi afetada, mas os teores de N-urético foram superiores no tratamento MFP comparados com MG.

Palavras-chave: digestibilidade, polpa de citrus, processamento de grão, vaca de alta produção.

ABSTRACT. Starch sources with different degradabilities and their partial replacement by citrus pulp for lactating dairy cows. Four late lactating Holstein cows, canulated in rumen, were used in a 5x4 Latin Square Design to compare coarsely ground, finely ground and flaked corn and the partial replacement of these starch sources by citrus pulp. All diets contained corn silage as forage source. The treatments were finely ground corn (MF), steam-flaked corn (F), coarsely ground corn (MG), finely ground corn+ citrus pulp (MFP), steam-flaked corn+ citrus pulp (FP). The MG treatment resulted in the lowest dry matter intake and lowest milk, fat and protein yields, while the FP treatment resulted in the highest dry matter intake, 3.5% fat corrected milk, fat and protein yields. The DM, CP, NDF and ADF total tract digestibility were high for FP, however F had a negative effect on fiber digestibility. The ruminal pH was low for FP. Ruminal ammonia and VFA were not affected by treatments. The F treatment reduced molar concentration of acetate and butyrate, while citrus pulp stimulated their ruminal production. Plasma glucose was not affected by treatments, however PUN was higher for MFP as compared to MG.

Key words: digestibility, citrus pulp, grain processing, dairy cows.

Introdução

O processamento de grãos de milho através de métodos como moagem fina e, principalmente, o método conhecido como floculação (steam-flaking), proporcionam um significativo aumento da degradação do amido, tanto no rúmen quanto no trato digestivo total em comparação à moagem grosseira ou laminação. O aumento da

degradabilidade ruminal do amido maximiza a capacidade fermentativa do rúmen, aumentando a síntese de proteína microbiana, a produção de ácidos graxos voláteis (AGVs), particularmente o ácido propiônico, resultando em maior fluxo líquido de energia na veia porta (Theurer *et al.*, 1999), e, portanto, aumento na síntese de glicose pelo fígado e maior disponibilidade de aminoácidos para a síntese de proteína do leite. Theurer *et al.* (1999), em sua revisão, mostraram que o processamento do milho e

sorgo pelo método da floculação pode resultar em maior eficiência na utilização do alimento (8%), aumentos de produção de leite e leite corrigido para gordura (6% a 10%) e aumentos na proteína do leite (13%). Knowlton *et al.* (1996) reportaram um aumento na produção de leite e diminuição da perda de peso no início de lactação em vacas alimentadas com milho moído fino comparado com milho moído grosso, devido ao aumento da digestibilidade do amido (92% e 85%, respectivamente).

Giardini (1993) cita que em dietas para vacas de alta produção, nas quais o teor de alimentos concentrados é elevado, pode haver deficiência de fibra na dieta e, conseqüentemente, efeitos deletérios na manutenção da motilidade ruminal e estímulo à ruminação. A substituição de parte do amido da dieta por subprodutos permite a elevação do nível de fibra na dieta, mantendo-se adequada à disponibilidade de carboidrato degradável no rúmen, devido ao alto teor de pectina desses alimentos. O conhecimento da utilização da polpa de citrus peletizada como fonte de energia, em substituição à fonte de amido, em dietas para vacas de alta produção, pode viabilizar a adoção da mesma como alternativa em sistemas intensivos de produção, já que esta possui de 85%-90% do valor energético do milho. A polpa de citrus peletizada deve ser considerada um alimento concentrado energético, carregando, porém, características sob o aspecto de fermentação ruminal que a colocam como um produto intermediário entre volumosos e concentrados (Fegeros *et al.*, 1995), sendo caracterizada pela alta digestibilidade da matéria seca.

Schultz *et al.* (1993), estudando a degradabilidade ruminal de diversos subprodutos através da técnica de degradação *in situ*, concluíram que a polpa de citrus peletizada é rápida e extensamente degradada no rúmen, sendo superior em degradação quando comparada ao milho laminado. Sniffen (1988) reporta taxas de degradação ruminal entre 30% e 50% por hora para a pectina, enquanto o amido não processado a vapor é digerido a uma taxa que varia de 10% a 20% por hora. Isto se torna interessante quando se deseja maximizar a disponibilidade de carboidrato degradável no rúmen sem, no entanto, causar acidose. De acordo com Van Soest (1987), a substituição de produtos com alto teor de amido (milho, mandioca) por alimentos com alto teor de pectina gera um efeito desejável em dietas de vacas em lactação. Van Horn (1975) avaliou a substituição de grão de milho por polpa de citrus aos níveis de 8% e 43% e observou que a produção de leite não foi influenciada pelo nível de polpa; entretanto, os sólidos do leite, corrigidos (kg/dia) e o percentual de gordura foram maiores no tratamento de maior inclusão de polpa de citrus.

Lucci *et al.* (1975) substituíram até 100% do milho rolão em dietas de vacas em lactação de baixa produção, chegando a fornecer 67% do concentrado na forma de polpa de citrus. Os autores obtiveram aumento do teor de gordura e da produção de leite corrigida para gordura (12,6 kg para 13,2 kg vaca/dia). Os autores concluíram que a polpa de citrus pode substituir totalmente o milho desintegrado em dieta de vacas em lactação, sendo a extensão dessa substituição apenas função do preço dos ingredientes. McCullough (1995) sugere que a utilização do nitrogênio da dieta pode ser alta em dietas contendo alimentos ricos em pectina, como a polpa de citrus e a de beterraba. Nas dietas com alto teor de polpa de citrus, a uréia sangüínea foi significativamente menor do que na dieta com milho. Partindo da informação de que os teores de amônia no rúmen eram iguais, pode-se deduzir que houve maior retenção e, conseqüentemente, utilização mais eficiente da proteína por animais que receberam a polpa de citrus. Houve redução na concentração de ácido propiônico, elevando a relação acetato/ propionato.

O objetivo do trabalho foi avaliar a consumo de matéria seca, a produção e composição do leite, além da digestibilidade dos nutrientes e parâmetros ruminais e sanguíneos em vacas de alta produção, alimentadas com dietas a base de silagem de milho contendo fontes de amido com diferentes níveis de degradabilidade ruminal, e substituição por polpa de citrus peletizada.

Material e métodos

O trabalho foi conduzido no Departamento de Produção Animal da Esalq/USP, Piracicaba, Estado de São Paulo, entre junho e novembro de 1999, e contou com quatro vacas Holandesas providas de cânula ruminal, de elevado potencial genético em final de lactação. Os períodos compreenderam 14 dias, sendo 10 dias de adaptação e 4 dias de colheita. A Tabela 1 apresenta a formulação das dietas isoprotéicas de acordo com o NRC (1989), contendo silagem de milho e concentrado, sendo os tratamentos: 1) milho moído fino (MF); 2) milho floculado (F); 3) milho moído grosso (MG); 4) milho moído fino + polpa de citrus peletizada (MFP); 5) milho floculado + polpa de citrus peletizada (FP).

O procedimento utilizado para obtenção da forma física do milho moído grosso foi a trituração em moinho de martelos e o milho floculado através da passagem do grão por rolos alto ajustáveis para obtenção do floco, após exposição ao vapor por 30 minutos. A densidade do milho moído grosso ou floculado foi medida após o processamento através da mensuração do peso por unidade de volume,

utilizando uma proveta de vidro graduada Pyrex (1 L). O milho moído grosso apresentou densidade de 655 g/L, enquanto o milho moído fino 685 g/L, e o milho floculado 360 g/L. Para determinação do tamanho médio de partículas das formas físicas do milho moído grosso, moído fino ou floculado, apresentados na Tabela 3, utilizou-se à técnica de peneiras descrita por Yu *et al.* (1998). A média do tamanho de partículas foi calculada, assumindo-se que o milho retido na peneira de 4,00 mm tem o tamanho de partículas médio de 6mm, o qual foi multiplicado pela percentagem retida na peneira 4,00 mm. Esse valor foi somado ao resultado das médias entre as peneiras maiores e menores, vezes o percentual retido na peneira menor (ex.: MMG 4 mm + 2 mm ÷ 2 = 3, que multiplicado por 0,538 = 1,59 e, assim sucessivamente). As partículas que passaram pelo peneira de crivo 0,25 mm, foram consideradas como tendo 0,12 mm. A moagem fina dos grãos de milho resultou em tamanho médio de partículas de 1,5 mm, enquanto que a moagem grosseira resultou em tamanho médio de 4,27 mm. Apesar de se objetivar um flóculo com densidade aproximada de 360 g/L, a observação visual do material fornecido pela indústria indicou um grão processado mais intensamente, entre 283 a 340 g/L.

Tabela 1. Ingredientes das diferentes dietas

Ingredientes	Tratamentos (% MS)				
	MF ¹	F	MG	MFP	FP
Silagem de milho	52,80	52,80	52,80	52,80	52,80
Milho	29,75	29,75	29,75	14,32	14,32
Polpa de citrus	--	--	--	14,32	14,32
Farelo de soja	13,60	13,60	13,60	14,70	14,70
Minerais	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20
Uréia	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65

¹ MF: milho moído fino; F: milho floculado; MG: milho moído grosso; MFP: milho moído fino e polpa de citrus; FP: milho floculado e polpa de citrus

Os animais foram alojados em baias individuais e alimentados com ração completa duas vezes ao dia *ad libitum*, permitindo uma sobra de 5%, pesada diariamente. Com base na média de consumo do período de adaptação fixou-se a quantidade fornecida durante o período de coleta, sendo as eventuais sobras colocadas diretamente no rúmen desses animais, evitando-se, assim, a necessidade de análise bromatológica de sobras. Para a determinação do consumo de matéria seca (MS) e de nutrientes, amostras da ração completa oferecida foram colhidas durante os quatro dias de coleta, e secas em estufa de circulação forçada de ar a 105°C. Parte dessas amostras foram pré-secas a 55°C e moídas em peneira de 1 mm para determinação de MS, proteína bruta (PB), de acordo com AOAC (1990), amido pelo método descrito por Poore *et al.* (1989), fibra em

detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de acordo com o método de Van Soest (1991).

As vacas foram ordenhadas duas vezes ao dia, às 6h e 18h, sendo a produção de leite registrada em cada ordenha durante os quatro dias de cada período de coleta. Também foram tomadas amostras de leite, sendo essas preservadas com 2-bromo-2-nitropropano-1-3-diol e compostas por dia, para análise de gordura, proteína, lactose, sólidos totais e contagem de células somáticas no Laboratório de Análises de Leite do Departamento de Produção Animal da Esalq/USP, Estado de São Paulo.

Durante os quatro dias do período de coleta, amostras de fezes foram coletadas a intervalos de quatro horas, adiantando-se uma hora por dia, de modo a simular amostras obtidas a cada hora em um período de 24 horas. As amostras de fezes foram compostas por vaca e por período, sendo congeladas a -10°C e posteriormente, pré-secas a 55°C e moídas em peneira de 1mm para análise subsequente de MS, PB, amido, FDN e FDA conforme descrito anteriormente.

Amostras de fluído ruminal foram tomadas em todas as porções do rúmen no último dia de coleta de cada período, com intervalos de duas horas após o fornecimento da dieta, sendo essas filtradas em tecido de algodão (fralda). O pH foi determinado imediatamente após a coleta, através de leitura direta em potenciômetro (Digimed TE-902), e sub-amostras foram armazenadas a -10°C para posterior análise de ácidos graxos voláteis e amônia. As amostras foram descongeladas e centrifugadas a 11000 x g, a 4°C, durante 20 minutos. Uma alíquota de 40 µL foi transferida para tubo de ensaio para análise de N-amoniaco pelo método de Chaney e Marbach (1962) adaptado para placas de microtítulo e leitura em aparelho do tipo Elisa Reader (550 nm). Para determinação de AGV, as amostras sofreram nova centrifugação, sendo analisadas de acordo com Palmquist e Conrad (1971), em cromatógrafo líquido-gasoso (CLG) Hewlett Packard 5890, equipado com integrador HP. O padrão interno utilizado foi o ácido 2-metilbutírico sendo acrescentado, em cada tubo para leitura em cromatógrafo, 100 µL da solução de padrão interno, 800 µL da amostra e 200 µL de ácido metafosfórico.

A digestibilidade dos nutrientes no trato digestivo total foi determinada pelo uso de lignina (ácido sulfúrico 72%) como indicador, sendo calculada baseada nas relações entre nutrientes e indicador na dieta e nas fezes, sendo utilizadas as seguintes relações:

$$\text{Digestibilidade Total} = 100 - \left(100 * \frac{\% \text{marcador na ração}}{\% \text{marcador na fezes}} - \frac{\% \text{marcador na ração}}{\% \text{marcador na fezes}} \right)$$

Amostras de sangue foram coletadas em tubos de ensaio com fluoreto de sódio como anticoagulante e oxalato de potássio como antiglicolítico. As coletas foram realizadas nos horários 0, 2, 4, 6, 8 e 12 horas após o fornecimento da dieta da manhã, no último dia de cada período. As amostras foram, então, centrifugadas a 1100 x g durante 15 minutos, sendo o plasma armazenado a -10°C para posterior determinação dos níveis de uréia plasmática, de acordo com Chaney e Marbach (1962) e glicose por leitura direta (Biochemistry Analyzer YSI 2700, Yellow Spring, OH).

O delineamento estatístico adotado foi Quadrado Latino 5x4, sendo cinco tratamentos e quatro animais. Foram realizados cinco períodos experimentais, sendo que, a cada período, um dos tratamentos não foi incluído. Os dados gerados foram analisados através do modelo linear geral (SAS, 1991). Determinou-se efeito significativo com probabilidade de 95% e tendências até 90%.

Resultados e discussão

A composição nutricional das dietas está apresentada na Tabela 2. Os resultados referentes ao consumo de matéria seca (kg/d), produção de leite corrigido (3,5% gordura) e composição do leite são apresentados na Tabela 3. Houve tendência ($P < 0,07$) de maior consumo de matéria seca para os tratamentos contendo milho moído fino em comparação com milho floculado ou milho moído grosso, assim como uma tendência ($P < 0,07$) de efeito positivo da inclusão de polpa de citrus quando combinada com milho moído fino, mas não com milho floculado. Menezes Jr. (1999) também não observou efeito do processamento (moagem grosseira x flocculação) e da substituição de 50% do milho floculado ou moído grosso por polpa de citrus no consumo de vacas leiteiras produzindo 22 kg de leite / dia. Entretanto, Yu *et al.* (1998) compararam grau de moagem e flocculação de milho, em dietas contendo feno de alfafa como volumoso, e observaram menor consumo de alimento para a dieta contendo milho moído fino. É possível que dietas contendo feno de alfafa, por serem muito secas, tenham seu consumo prejudicado quando o grão de cereal é finamente moído, resultando na formação de pó, o que não ocorre em dietas mais úmidas contendo silagem de milho.

Em recente revisão sobre o assunto, Theurer *et al.* (1999) relataram que, quando os grãos de milho ou sorgo foram floculados a 360 g/L, não se observou efeito da flocculação no consumo de matéria seca em relação aos grãos processados menos intensamente, como os laminados a seco ou a vapor. Entretanto, o flocculação intensa, atingindo densidades inferiores a

360 g/L, pode ter efeito negativo no consumo, como relatado por Moore *et al.* (1992). O menor consumo de MS com milho floculado no presente estudo em relação ao moído fino pode ser uma indicação de que o material realmente foi floculado a uma densidade menor que 360 g/L.

Tabela 2. Composição nutricional das dietas experimentais

	Tratamentos (% MS)				
	MF ¹	F	MG	MFP	FP
Proteína Bruta	14,43	13,86	14,89	13,88	13,68
Extrato Etéreo	2,68	2,58	2,77	2,49	2,31
Amido	32,76	33,53	31,77	23,62	23,25
FDN	30,81	29,91	31,53	34,68	32,97
FDA	18,13	18,17	18,28	21,69	22,09

¹ Dietas contendo MF: milho moído fino; F: milho floculado; MG: milho moído grosso; MFP: milho moído fino e polpa de citrus; FP: milho floculado e polpa de citrus

Tabela 3. Tamanho de partículas e tamanho médio de partículas do milho processado

Grão ¹	Tamanho dos furos da peneira (mm)								
	4,00	2,00	1,00	0,85	0,60	0,43	0,25	PRP ²	MTP ³
	% retida na peneira								
F	72,30	24,60	1,90	0,20	0,30	0,10	0,10	0,50	5,09
MF	0,52	23,71	35,29	9,67	15,16	2,45	6,69	6,50	1,50
MG	21,80	53,80	14,40	2,20	2,70	1,20	1,70	2,20	4,27

¹ MG = milho moído grosso (655 g/L); F = milho floculado (360 g/L); ² PRP = % partículas retidas no fundo do prato; ³ MTP = média do tamanho de partículas

Não houve efeito ($P > 0,05$) do processamento do milho na produção de PLC (produção de leite corrigido para 3,5% de gordura); entretanto, a moagem grosseira resultou em menor valor numérico em comparação com formas mais processadas (1,7 kg de leite a menos) (Tabela 4). O menor valor numérico de produção de PLC e proteína ($P < 0,07$) e a menor produção de gordura ($P < 0,02$), observadas no tratamento MG (baixo nível de amido degradável no rúmen) estão de acordo com diversos estudos conduzidos nos Estados Unidos (Santos *et al.*, 1998; Theurer *et al.*, 1995, 1999) e no Brasil (Santos, 1998; Menezes Jr., 1999), comparando dietas com níveis variáveis de amido degradável no rúmen. Uma menor disponibilidade de energia e menor produção de proteína microbiana são as explicações mais prováveis citadas na literatura (Theurer *et al.*, 1999). Menezes Jr. (1999) não observou diferença significativa para produção de leite quando milho moído grosso foi comparado com milho floculado, mas os valores numéricos também foram inferiores para o milho moído grosso, resultando em pior eficiência alimentar (PLC/CMS), em dietas semelhantes as do presente estudo.

A combinação fontes de amido de maior degradabilidade ruminal, como o milho moído fino e o floculado, com polpa de citrus, resultou em maiores produções de PLC, gordura e proteína em comparação a dietas contendo apenas milho como fonte energética.

Santos (1998) sugeriu que, para dietas contendo alfafa como volumoso exclusivo, os níveis adequados de amido degradável no rúmen para vacas em lactação devem estar entre 22% a 24% da matéria seca da dieta, com níveis de amido total ao redor de 28% a 30%. Os dados deste trabalho e os de Menezes Jr. (1999) sugerem que, para dietas contendo silagem de milho como volumoso exclusivo, níveis de amido total de no máximo 25% e de amido degradável no rúmen de 18 a 20%, combinados com fontes ricas em outros carboidratos não fibrosos altamente degradáveis no rúmen, como a pectina presente na polpa de citrus, resultam em melhor desempenho de vacas em lactação. Por outro lado, dietas contendo silagem de milho e milho moído grosso, provavelmente apresentam valores de amido degradável no rúmen inferiores ao ideal, enquanto dietas contendo exclusivamente milho floculado podem ser excessivas em amido degradável. A combinação de uma fonte de amido de alta degradabilidade ruminal com polpa de citrus, portanto, pode resultar em melhor desempenho de vacas leiteiras.

Tabela 4. Consumo de matéria seca (kg/d), produção de leite corrigido e composição do leite

Parâmetros	Tratamentos					EPM ¹ P<
	MF ²	F	MG	MFP	FP	
Consumo de MS (kg/d)	18,93	17,89	16,79	19,62	16,14	0,93 0,07
PLC (3,5%) (kg/d) ³	16,74	16,77	15,01	19,16	17,67	0,76 0,05
% gordura	4,05	3,57	3,72	3,94	3,78	0,13 0,05
% proteína	3,61	3,68	3,71	3,47	3,56	0,08 0,10
Gordura (kg/d)	0,61	0,59	0,53	0,69	0,62	0,02 0,02
Proteína (kg/d)	0,56	0,61	0,53	0,62	0,59	0,03 0,07

¹ Erro padrão da média; ² Dietas contendo MF: milho moído fino; F: milho floculado; MG: milho moído grosso; MFP: milho moído fino e polpa de citrus; FP: milho floculado e polpa de citrus; ³ Produção de Leite Corrigida para 3,5% de gordura = (16,218 x prod. gordura) + (0,4337 x prod. Leite)

Os resultados referentes à digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), no trato digestivo total são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Digestibilidade de nutrientes no trato total

Digestibilidade (%)	Tratamentos					EPM ¹ P<
	MF ²	F	MG	MFP	FP	
Matéria seca	57,35	57,21	55,83	58,95	68,07	2,43 0,08
Proteína bruta	63,90	59,79	60,18	61,60	72,96	2,67 0,04
Amido	91,16	88,25	84,73	87,09	83,55	5,89 0,85
Fibra em detergente neutro	35,32	25,07	35,15	39,19	49,94	1,71 0,01
Fibra em detergente ácido	39,04	34,50	39,47	46,09	54,42	2,83 0,09

¹ Erro padrão da média; ² Dietas contendo MF: milho moído fino; F: milho floculado; MG: milho moído grosso; MFP: milho moído fino e polpa de citrus; FP: milho floculado e polpa de citrus

Houve tendência ($P < 0,08$) de maior digestibilidade aparente da matéria seca para os tratamentos contendo polpa de citrus em combinação com uma fonte de amido de alta degradabilidade ruminal (FP), assim como uma maior ($P < 0,05$) digestibilidade da PB. O

menor consumo do tratamento FP pode explicar, em parte, a maior digestibilidade aparente da MS. O efeito benéfico da floculação na digestibilidade da MS, devido principalmente, a maior digestibilidade do amido, conforme relatado por Theurer *et al.* (1999), não foi observado no presente estudo.

A digestibilidade do amido no trato digestivo total não foi afetada ($P > 0,05$) pelos tratamentos, apesar de um menor valor numérico para o milho moído grosso em relação ao moído fino e floculado. Os dados compilados por Huntington (1997) e por Theurer *et al.* (1999), mostram, de forma consistente, a maior digestibilidade do amido tanto no rúmen quanto no trato total, quando o milho é floculado em relação à moagem grosseira ou laminação a seco e à vapor. Dados gerados em nosso laboratório (Menezes Jr., 1999), com dietas semelhantes ao do presente estudo, mostraram vantagens da floculação quanto à digestibilidade do amido em comparação à moagem grosseira. No mesmo estudo, dados de taxa de digestão *in vitro*, em que tanto o milho moído grosso como o floculado foram moídos finamente para, então, serem incubados com amilase, houve maior digestão do amido no material floculado. Os valores de digestibilidade do amido no trato total no presente estudo (88,25% para o milho floculado e 91,16% para o moído fino) são inferiores aos relatados por Menezes Jr. (1999), e mais distantes ainda quando comparados com os dados relatados por (Theurer *et al.*, 1999) os quais mostraram valores de até 99% para milho floculado, com vacas com consumo mais elevado que no presente estudo.

A suplementação exclusiva de milho floculado (F) teve efeito negativo na digestão de fibra. É provável que nas dietas utilizadas neste estudo, contendo silagem de milho, com inclusões de grão de milho da ordem de 30% da matéria seca, as quantidades de amido degradável no rúmen tenham sido excessivas, o que parece se confirmar com as menores ($P < 0,05$) digestibilidades da FDN e FDA no tratamento F. Por outro lado, a alta digestibilidade da fibra da polpa de citrus, e a redução do teor de amido da dieta justificam o efeito positivo ($P > 0,05$) da sua inclusão na digestibilidade do FDN e FDA das dietas contendo esse ingrediente. Menezes Jr. (1999) também observou efeito positivo da inclusão de polpa de citrus em substituição parcial ao milho grão moído grosso ou floculado na digestibilidade da MS, do FDN e FDA da dieta, entretanto, este autor não observou diferença na digestibilidade da fibra quando o milho floculado foi comparado com uma fonte de amido de menor degradabilidade ruminal como o milho moído grosso.

A Tabela 6 apresenta dados médios de pH, N-amoniacoal e proporções molares de ácidos graxos voláteis no fluido ruminal. O tratamento milho

floculado + polpa de citrus apresentou o menor pH médio ($P < 0,05$). Examinando-se a Figura 1, pode-se observar a pouca variação durante 22 horas pós-alimentação, quando comparam-se os diferentes tratamentos. Dados de literatura, com relação à pH ruminal de dietas contendo polpa de citrus, não são consistentes. Carvalho (1998) não observou efeito da polpa de citrus no pH ruminal. Entretanto, Pinzon e Wing (1976) demonstraram redução no pH ruminal com inclusão de polpa de citrus. Menezes Jr. (1999) não observou efeito da inclusão de polpa de citrus no pH ruminal tanto em dietas contendo milho moído grosso como floculado. Apesar do menor pH ruminal na dieta FP, esse não foi suficiente para prejudicar a digestão da fibra, que foi maior neste tratamento em relação aos demais, provavelmente devido à alta digestibilidade natural da fibra da polpa de citrus. Os dados obtidos neste estudo e em estudo prévio (Menezes Jr., 1999) sugerem que o pH ruminal não é um bom parâmetro para se avaliar o efeito benéfico da adição de polpa de citrus em dietas ricas em amido degradável no rúmen. A alta digestibilidade da fibra da polpa de citrus parece compensar o menor pH ruminal com maior digestão do FDN total e conseqüente maior digestão da MS, aliados a uma maior produção de acetato e butirato.

Tabela 6. Efeito das dietas sobre parâmetros ruminiais

	Tratamentos					EPM ¹	P <
	MF ²	F	MG	MFP	FP		
PH	6,06	6,18	6,21	6,18	5,95	0,08	0,05
N-Amoniacal, mg/dL	11,84	13,67	14,48	12,07	12,47	1,30	0,31
AGV Total, mM	112,58	105,25	111,18	127,88	119,33	9,01	0,38
Acetato, mM	72,14	68,27	73,14	83,39	75,99	5,60	0,06
Propionato, mM	23,14	22,34	21,33	23,63	25,58	2,16	0,61
Butirato, mM	12,60	11,20	11,73	15,02	14,06	1,42	0,07

¹ Erro padrão da média; ² Dietas contendo MF: milho moído fino; F: milho floculado; MG: milho moído grosso; MFP: milho moído fino e polpa de citrus; FP: milho floculado e polpa de citrus

Em relação aos níveis de amônia ruminal, também não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os dados médios dos diferentes tratamentos. A Figura 2 permite visualizar a grande variação durante 22 horas após a alimentação da manhã e mostra pico mais elevado para o tratamento MG, sugerindo menor disponibilidade de energia no rúmen, ou seja, menor disponibilidade de amido degradável. Menezes Jr. (1999) observou diferenças significativas sendo os valores de N-amoniaco do tratamento com milho floculado menores que os de milho moído grosso, devido à maior disponibilidade de amido degradável no rúmen.

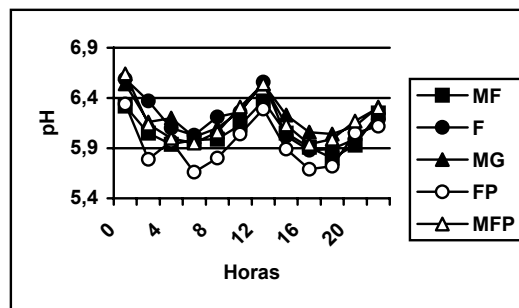


Figura 1. Efeito das dietas experimentais sobre o pH ruminal nos diferentes tempos de amostragem. Dietas contendo MF: milho moído fino; F: milho floculado; MG: milho moído grosso; MFP: milho moído fino e polpa de citrus; FP: milho floculado e polpa de citrus

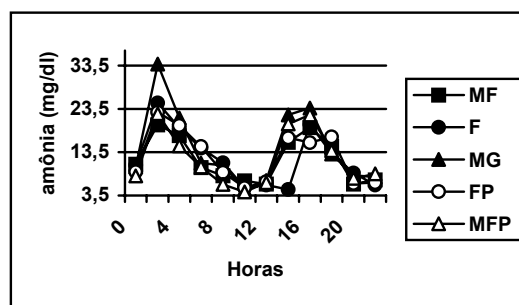


Figura 2. Efeito das dietas experimentais sobre níveis de amônia ruminal nos diferentes tempos de amostragem. Dietas contendo MF: milho moído fino; F: milho floculado; MG: milho moído grosso; MFP: milho moído fino e polpa de citrus; FP: milho floculado e polpa de citrus

Os valores médios da proporção de AGV total não diferiram significativamente entre os tratamentos ($P > 0,05$). Menezes Jr. (1999) também não observou efeito do processamento de milho ou da inclusão de polpa de citrus na concentração molar de AGV totais.

A concentração molar de acetato foi afetada pelos tratamentos ($P < 0,06$) (Tabela 6). O tratamento F apresentou a menor concentração molar de acetato, enquanto que a inclusão de polpa de citrus na dieta tendeu a aumentar significativamente a concentração molar de acetato. Esses resultados estão de acordo com outros trabalhos, nos quais a inclusão de alimentos com alto teor de pectina favoreceu a fermentação acética (Van Soest, 1987). Menezes Jr. observou maior concentração de acetato em dietas contendo milho moído grosso comparado com floculado, porém, o efeito positivo da inclusão de polpa de citrus ocorreu apenas com milho floculado e não com milho moído grosso.

Não foram observadas diferenças significativas entre os valores médios da concentração molar de propionato ($P > 0,05$) no fluido ruminal. Entretanto, a literatura tem demonstrado uma maior concentração molar de propionato em dietas com alto teor de amido

ou com amido de alta degradabilidade ruminal (Van Soest, 1987; Theurer *et al.*, 1995). Numericamente, o tratamento MG foi inferior para os dados médios em relação aos demais. Menezes Jr. (1999) observou efeito positivo da floculação na concentração molar de propionato comparado com a moagem grosseira do milho, tanto em dietas contendo milho exclusivo ou em dietas contendo milho e polpa de citrus.

Os dados de N-urêico plasmático são apresentados na Tabela 7 e na Figura 3. O valor médio de N-urêico foi inferior ($P < 0,05$) para o tratamento com milho de baixa degradabilidade ruminal (MG) em comparação com o tratamento (MFP) e foi numericamente inferior aos demais tratamentos. Os teores de glicose plasmática também não foram afetados ($P > 0,05$) pelos tratamentos (Tabela 7). O mesmo foi observado por Menezes Jr. (1999), comparando milho floculado com moído grosso e inclusão de polpa de citrus para os dois parâmetros avaliados. A ausência de efeito da inclusão de carboidrato mais degradável no rúmen em abaixar a concentração de N-urêico plasmático pode ser devido a uma maior disponibilidade de proteína metabolizável para o animal, devido à maior síntese de proteína microbiana, conforme relatado por Santos *et al.* (1998).

Tabela 7. Níveis de N-urêico e glicose plasmática (mg/dL)

	Tratamentos					EPM ¹	P <
	MF ²	F	MG	MFP	FP		
N-urêico	19,88	19,62	17,13	20,91	18,04	3,37	0,05
Glicose	62,14	59,95	60,79	59,38	59,41	2,27	0,75

¹ Erro padrão da média; ² Dietas contendo MF: milho moído fino; F: milho floculado; MG: milho moído grosso; MFP: milho moído fino e polpa de citrus; FP: milho floculado e polpa de citrus

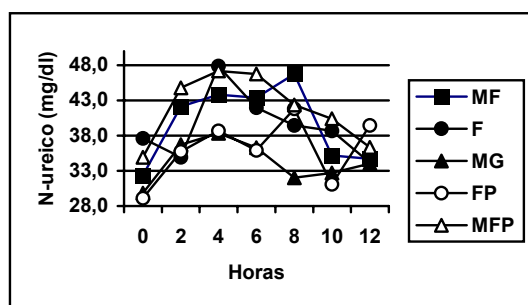


Figura 3. Efeito das dietas experimentais sobre níveis de N-urêico plasmático nos diferentes tempos de amostragem. Dietas contendo MF: milho moído fino; F: milho floculado; MG: milho moído grosso; MFP: milho moído fino e polpa de citrus; FP: milho floculado e polpa de citrus.

Conclui-se que vacas leiteiras, ao receberem dietas com silagem de milho como volumoso exclusivo apresentam desempenho superior, quando suplementadas com uma combinação entre uma fonte de amido de alta ou média degradabilidade ruminal e polpa de citrus peletizada em relação à suplementação com fontes exclusivas de amido tanto de baixa, média

ou alta degradabilidade ruminal. Parte da resposta positiva deve-se à maior digestibilidade dos nutrientes nessas dietas.

Referências

AOAC-ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis*. 12. ed. Washinton: AOAC, 1990.

CARVALHO, M. P. *Substituição do milho por subprodutos energéticos em dietas de bovinos à base de bagaço de cana tratado à pressão e vapor: digestibilidade e parâmetros ruminais*. 1998. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and amonia. *Am. Assoc. Clin. Chem.*, Washington D.C., v.8, n.2, p. 130-132, 1962.

FEGEROS, K. *et al.* Nutritive value of dried citrus pulp and its effects on milk yield and milk composition of lactating ewes. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.78, p.1116-1121, 1995.

GIARDINI, W. Polpa de citrus: o que é. *Revista Batavo-encarte técnico*, n. 23, p. 4, 1993.

HUNTINGTON, G. B. Starch utilization bu ruminants: From basics to the bunk. *J. Animal Sci.*, Savoy, v. 75, n.3, p.852-867, 1997.

KNOWLTON, K.F. *et al.* Lasalocid and particle size of corn grain for dairy cows in early lactation. 1. Effects on performance, serum metabolites, and nutrient digestibility. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.79, n.4, p.557-564, 1996.

LUCCI, C.S. *et al.* Polpa seca de laranja versus milho desintegrado, em misturas concentradas para vacas em lactação. *Rev. Fac. Med. Vet. Zootec. Univ. São Paulo*, v.12, p.163-168, 1975.

McCULLOUGH, M. E. Some selections from recent meetings *In: Macs Comments on Dairy Cattle Nutrition*, v.14, n. 8, 1995.

MENEZES JR., M. P. *Efeito do processamento do grão de milho e sua substituição parcial por polpa de citrus peletizada sobre o desempenho, digestibilidade de nutrientes e parâmetros sanguíneos de vacas de leite*. 1999. Dissertação (Mestrado) - Escola SuperiorAgricultura "Luiz de Queiroz" Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

MOORE, J.A. *et al.* Sorghum grain processing and buffer addition for early lactation cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.75, n.12, p.3465-3472, 1992.

NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 6.ed Washington: NRC, 1989. 158p.

PALMIQUIST, D; CONRAD, H. Origin plasma fatty acids in lactating cows fed high fat diets. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 54, n.7, p.1025, 1971.

PINZON, F. J.; WING, J. M. Effects of citrus pulp in high urea rations for steers. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.59, n.6, p.1100-1976, 1976.

POORE, M.H. *et al.* Total starch and relative starch availability of feed grain. *In: BIENNAL CONFERENCE ON RUMEN FUNCTION*, 20, 1989. Chicago, *Proceedings...* Chicago: USDA, 1989. P.23-45.

- SANTOS, F. A. P. *Efeito de fontes protéicas e processamento de grão no desempenho de vacas de leite e digestibilidade dos nutrientes*. 1998. Tese (Livre-Docência) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.
- SANTOS, F.A. P. *et al.* Effects of rumen-undegradable protein on dairy cow performance: a 12-year literature review. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.81, p.3182-3213, 1998.
- SAS INSTITUTE. *SAS user's guide: statistics*. 5. ed. Cary: Statistical Analysis System Institute, 1991.
- SHULTZ, T.A. *et al.* Rumen digestion of various dairy feedstuffs compared in tests. *Calif. Agric.*, Oakland, v. 3, p. 29, 1993.
- SNIFFEN, C. J. Balancing rations for carbohydrates for dairy cattle. In: FEED DEALER SEMINARS, 1988, Cornell. *Proceedings...* Cornell: Cornell Cooperative Extension, n.112, 1988. p.9-19.
- THEURER, C. B. *et al.* Feeding and managing for maximal milk protein. In: SOUTHWEST NUTRITION MANAGE CONFERENCE, 1995, Tucson. *Proceedings...* Tucson: Department of Animal Science, University of Arizona, Tucson, 1995. p. 59.
- THEURER, C. B. *et al.* Summary of Steam-flaked corn sorghum grain for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.82, n.9, p. 1950-1959, 1999.
- VAN HORN, H. S. *et al.* Complete rations for dairy cattle. III. Evaluation of protein percent and quality and citrus pulp-corn substitutions. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.58, n.8, p.1101-1108, 1975.
- VAN SOEST, P. J. Soluble carbohydrates and the non-fiber components of feeds. *Large Anim. Vet.*, Los Angeles, v.42, p. 44, 1987.
- VAN SOEST, P.J. *et al.* Methods for dietary fiber neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 74, p. 3583-3597, 1991.
- YU, P. *et al.* Effects of ground, steam- flaked, and steam-rolled corn grains on performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.81, n.3, p. 777-783, 1998.

Received on October 30, 2001.

Accepted on April 26, 2002.