

**Pecuária de Corte Intensiva nos Trópicos**

# **Pecuária de Corte Intensiva nos Trópicos**

ANAIS DO 5º SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE CORTE



**Editores**  
FLÁVIO AUGUSTO PORTELA SANTOS  
JOSÉ CARLOS DE MOURA  
VIDAL PEDROSO DE FARIA

ISBN 85-7133-031-X

© FUNDAÇÃO DE ESTUDOS AGRÁRIOS  
LUIZ DE QUEIROZ – FEALQ

Av. Centenário, 1080  
13416-000 Piracicaba, SP, Brasil

Fone: 19-3417-6600

Fax: 19-3422-2755

publicacoes@fealq.org.br

fealq.org.br

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO – ESALQ/USP

Simpósio sobre Bovinocultura de Corte (5.: 2004 : Piracicaba, SP)  
Pecuária de corte intensiva nos trópicos; anais... / editado  
por Flávio Augusto Portela Santos, José Carlos de Moura e  
Vidal Pedroso de Faria. -- Piracicaba : FEALQ, 2004.  
398 p. : il.

1. Pecuária de corte I. Santos, F.A.P., ed. II. Moura, J.C. de,  
ed. III. Faria, V.P. de, ed. IV. Título

CDD 636.0883

ISBN 85-7133-031-X

As revisões técnica, ortográfica, de digitação e ordenação de cada capítulo  
são de responsabilidade de seu(s) respectivo(s) autor(es).

Nenhuma parte desta obra poderá ser traduzida, reproduzida,  
armazenada ou transmitida por meio eletrônico, mecânico,  
de fotocópia, de gravação e outros, sem autorização da  
Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz — FEALQ.

## Sumário

Índices produtivos para fazendas de gado de corte .....	1
Kepler Euclides Filho	
Planejamento e gerenciamento de fazendas de gado de corte ...	43
Ricardo Bürgi	
Intensificação em pecuária de corte .....	67
Alexandre Lahóz Mendonça de Barros José Carlos O'Farril Vannini Hausknecht Marco A. A. Balsalobre	
Mercado nacional e internacional de carne bovina .....	85
Antenor de Amorim Nogueira Paulo Sérgio Mustefaga	
Relevância do rastreamento no agronegócio da carne bovina ....	103
Pedro Paulo Pires	
Sistemas alternativos de produção de carne bovina a pasto – Pecuária orgânica de corte .....	113
Claudio M. Haddad Fabiana Villa Alves	
Consolidando fontes de informação genética de touros de corte	127
Luiz Fries	
Utilização de cruzamentos industriais na pecuária de corte tropical .....	149
Maurício Mello de Alencar	

# Suplementação energética de bovinos de corte em confinamento

Flávio Augusto Portela Santos<sup>1</sup>  
Eduardo Menegueli Pereira<sup>1</sup>  
Alexandre Mendonça Pedroso<sup>1</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

De maneira geral, grãos de cereais, em especial o milho, representam a principal fonte de energia em dietas de bovinos de corte terminados em confinamento (Huntington, 1997; Owens et al., 1997). A produção brasileira de grãos tem crescido de forma expressiva nos últimos dez anos, devido principalmente ao aumento da produtividade, com a aplicação de tecnologia de ponta. As produções nacionais de milho e soja na safra 2002/2003 foram de 42,8 e 50,3 milhões de toneladas, respectivamente, com um crescimento de 21,2% para o milho e 20,1% para a soja em relação à safra 2001/2002 (Conab, 2003). O crescimento expressivo da safra nacional de grãos na última década e as perspectivas positivas para os próximos anos devem aumentar o interesse e a viabilidade de inclusão de doses cada vez maiores de grãos nas dietas de bovinos confinados em terminação no Brasil. De acordo com Mariotto (2003), em novembro de 2003, para adquirir uma tonelada de milho era preci-

---

1. Departamento de Zootecnia – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.

so produzir 4,57 arrobas, contra as 7,88 necessárias em novembro de 2002. Segundo o mesmo autor, os preços do milho no mercado interno nacional começaram a ser balizados pelos preços de exportação. O aumento da safra de grãos tem gerado um aumento na disponibilidade de diversas fontes energéticas alternativas ao milho. A safra nacional de sorgo em 2002/2003 (1,57 milhões de toneladas) foi 96,7% maior que a de 2001/2002 (Conab, 2003). Em determinadas regiões, a utilização de milheto também vem crescendo na alimentação de bovinos. A oferta de subprodutos provenientes da industrialização dos grãos de cereais também tem aumentado, assim como subprodutos da indústria de sucos de frutas e conserva (Conab, 2003).

O interesse dos confinadores de bovinos de corte por fontes energéticas alternativas vem crescendo nos últimos anos, e esta tendência se acentua de forma significativa em anos de preços elevados do milho. A inclusão destas fontes energéticas alternativas ao milho, em dietas para bovinos em confinamento, tem como principal objetivo baixar os custos de alimentação, mantendo desempenho satisfatório. Outro benefício da inclusão de subprodutos na dieta pode ser a redução no teor de amido das dietas ricas em grãos, com concomitante aumento nos teores de fibra digestível, contribuindo para melhoria do ambiente ruminal. Dentre as várias possibilidades, quatro subprodutos da indústria alimentícia – polpa cítrica, farelo de glúten de milho-21, casca de soja e farelo de trigo – despontam como alternativas interessantes para substituir, pelo menos em parte, o milho das dietas de bovinos em confinamento.

O presente trabalho tem o objetivo de contribuir com informações dentro desse contexto, avaliando formas de processamento de grãos de cereais para maximizar sua utilização em dietas de confinamento, comparar diferentes fontes de cereais e avaliar a utilização de subprodutos da agroindústria no desempenho de bovinos em confinamento.

1) Polpa Cítrica;  
 1) FGM 21;  
 1) Casca de Soja;  
 1) Farelo de Trigo

## 2. FONTES DE CEREAIS E PROCESSAMENTO

### 2.1. Metabolismo do amido em bovinos

#### 2.1.1. Metabolismo ruminal do amido

O amido representa 70 a 80% da maioria dos grãos de cereais (Rooney & Pflugfelder, 1986) e é geralmente a fonte de energia mais utilizada em dietas de bovinos confinados em terminação (Theurer, 1986). Portanto, maximizar o uso deste nutriente é fundamental para se obter alta eficiência alimentar dos animais confinados (Theurer, 1986; Huntington, 1997; Owens et al., 1997). De acordo com Owens et al. (1986), energeticamente, a digestão intestinal do amido seria 42% mais eficiente que a digestão ruminal. Entretanto, revisões mais recentes sobre o assunto têm mostrado de forma consistente que o desempenho de bovinos é melhor quando os grãos de cereais são processados de forma a aumentar a degradação ruminal do amido (Huntington, 1997; Owens et al., 1997; Theurer et al., 1999; Zinn et al., 2002). *Degrad. Ruminal*

Em ruminantes, o amido pode ser fermentado no rúmen e no intestino grosso por microrganismos, e/ou ser digerido enzimaticamente no intestino delgado (ID). O principal local de digestão de amido é o rúmen, onde ácidos graxos voláteis (AGV) e proteína microbiana são produzidos (Theurer, 1986; Theurer, 1992).

O primeiro passo no processo de fermentação ruminal do amido consiste na sua hidrólise através da ação de enzimas secretadas principalmente pelas bactérias amilolíticas. Estas bactérias tendem a predominar no rúmen de animais recebendo dietas com altos teores de amido. A degradação por estas bactérias envolve a ação da enzima extracelular  $\alpha$ -amilase, que age de forma casualizada ao longo da molécula de amido. Após esta molécula ter sido degradada em maltose e glicose, bactérias sacarolíticas fermentarão estes substratos rapidamente, através da via glicolítica, para produzir piruvato. Este é o intermediário através do qual todos os carboidratos têm que passar antes de serem convertidos em AGV, CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> (Yokoyama & Johnson, 1988).

Acredita-se que praticamente toda a produção de AGV seja absorvida através do rúmen, retículo e omaso, porém, uma quantidade considerável desses compostos é metabolizada por tecidos ruminais durante a absorção. É evidente a importância dos AGVs na absorção e utilização da energia em ruminantes, pois eles podem representar mais de 60% do fluxo líquido de energia na veia porta de bovinos (Reynolds et al., 1988; Reynolds et al., 1994). Sendo assim, métodos de processamento de grãos de cereais que otimizem a degradação ruminal do amido resultam em maior disponibilidade de energia para o bovino (Huntington, 1997).

Não apenas a nutrição energética, mas também a nutrição proteica dos bovinos é afetada pela digestão ruminal do amido. A produção de proteína microbiana e a passagem de nitrogênio (N) para o ID são afetadas por fatores tais como: consumo de alimento, taxa de passagem da digesta, relação volumoso:concentrado, teor e degradabilidade ruminal da proteína, teor e fonte de gordura da dieta, mas principalmente teor e degradabilidade ruminal dos carboidratos não-estruturais, com destaque para o amido dos grãos (Sniffen & Robinson, 1987; Clark et al., 1992). A produção de proteína microbiana (PMic) é calculada pelo produto da quantidade de substrato fermentado no rúmen (kg de CHO) multiplicada pela eficiência microbiana (g PMic/kg CHO fermentado) (Hoover & Stokes, 1991).

Tanto a produção como a eficiência microbiana podem ser afetadas pela fonte e degradabilidade ruminal do carboidrato não-estrutural. Herrera-Saldana et al. (1990a) observaram em vacas leiteiras que tanto a eficiência como a produção microbiana foram superiores quando a degradabilidade ruminal do amido foi aumentada através da substituição de grão de sorgo por grão de cevada. Quando a degradabilidade ruminal do amido foi aumentada, devido ao processo de floculação do grão de sorgo, a eficiência microbiana não foi afetada, mas a produção de proteína microbiana foi maior para o sorgo floculado (*steam-flaked*) em comparação ao sorgo laminado a seco (*dry-rolled*) (Oliveira et al., 1995; Poore et al., 1993a). O milho floculado ou de alta umidade também foi superior

ao milho laminado a seco quanto ao fluxo de PB para o intestino de bovinos (Cooper et al., 2002).

A digestibilidade do amido é afetada por vários fatores, principalmente tipo de grão de cereal, teor de amilopectina e de amilose, camada externa do grânulo, presença de uma matriz proteica revestindo o grânulo de amido e método de processamento do grão (Theurer, 1986; Huntington, 1997; Owens et al. 1997).

Herrera-Saldana et al. (1990b) compararam a degradabilidade ruminal do amido de milho, sorgo, trigo, cevada e aveia. Estes grãos foram classificados na seguinte ordem decrescente: aveia, trigo, cevada, milho e sorgo, com uma degradabilidade ruminal de 98, 95, 90, 62 e 49%, respectivamente. Baixa degradabilidade ruminal *in vivo* do amido do sorgo foi relatada por Poore et al. (1993a) e Oliveira et al. (1995), quando este cereal foi processado na forma de grão laminado a seco (*dry-rolled*). A principal razão para esta baixa degradabilidade é provavelmente a presença de uma resistente matriz proteica, composta de gluteína, revestindo os grânulos de amido. Para maximizar a digestibilidade do amido de sorgo, tanto no rúmen como no ID e no trato digestivo total, esta matriz proteica tem que ser quebrada, e isto pode ser obtido através de diferentes métodos de processamento de grãos (Rooney & Plugfelder, 1986).

O processamento mais utilizado nos confinamentos brasileiros para milho, sorgo e milheto é a moagem a seco. A moagem fina é vantajosa em relação à moagem grosseira pois resulta em maior área superficial do grão e em maior rompimento da matriz proteica que envolve os grânulos de amido. Entretanto, há formas de processamento mais efetivas que a moagem fina a seco para aumentar a degradabilidade do amido, como a ensilagem de grãos úmidos e a floculação.

A floculação de sorgo e milho é um processo comum em confinamentos comerciais de gado de corte no Oeste dos Estados Unidos. Este processo consiste em expor os grãos ao vapor, à pressão atmosférica, por 30 a 60 minutos, e então passá-los através de rolos compressores ajustados para se obter a densidade desejada. Du-

rante o processamento os grânulos de amido sofrem gelatinização, há aumento da área superficial do grão e também ocorre a quebra da matriz protéica que envolve o amido. A quebra da matriz protéica é considerada a maior responsável pelos efeitos positivos da floculação sobre a digestibilidade do amido. O resultado final é um aumento significativo na digestibilidade do amido no rúmen, ID e no trato digestivo total, tanto para grãos de sorgo como de milho (Rooney & Plugfelder, 1986; Huntington, 1997; Owens et al., 1997; Zinn et al., 2002).

Diversos experimentos metabólicos têm mostrado de forma consistente os benefícios da floculação de milho e sorgo na digestibilidade ruminal e total do amido. A digestibilidade do amido no rúmen aumentou em média de 73,4 para 87,5% e no trato digestivo total de 92,3 para 99,5% (Cooper et al., 2002; Zinn et al., 1995) quando o milho laminado a seco (*dry-rolled*) foi comparado com milho floculado. No caso do sorgo, a digestibilidade ruminal do amido aumentou de 66,8 para 81,5% e no trato total de 96,5 para 99,3% quando o grão laminado foi comparado com o floculado (Theurer et al., 1999).

A ensilagem de grãos úmidos de milho e de sorgo também aumenta de forma significativa a digestibilidade ruminal do amido. De modo geral, o aumento é maior que o obtido com moagem fina ou floculação (Huntington, 1997; Cooper et al., 2002).

### 2.1.2. Metabolismo intestinal do amido

O amido que escapa à degradação no rúmen passa para o ID, onde pode ser digerido enzimaticamente através de um processo similar ao que ocorre em monogástricos. A molécula de amido é quebrada inicialmente no ID pela enzima  $\alpha$ -amilase pancreática, produzindo um dissacarídeo (maltose), um trissacarídeo (maltotriose) e um resíduo de  $\alpha$ -dextrina ramificada. Estes oligossacarídeos são então hidrolisados pela ação final das enzimas glucoamilase, sucrase e  $\alpha$ -dextrinase, presentes na parede intestinal (região da borda em escova). O produto final, glicose, pode então ser absorvido via transporte ativo juntamente com sódio (Gray, 1992).

Os fatores apontados como responsáveis pela limitação que existe na capacidade do ID em digerir amido são diversos e motivo de muita controvérsia entre diferentes grupos de pesquisadores. A limitação enzimática tem sido apontada como o principal fator por Orskov (1986) e Huntington (1997). Entretanto, Owens et al. (1986, 1997) e Zinn et al. (2002) sugeriram que esta limitação não se deve à falta de capacidade enzimática, desde que não foi detectada uma estabilização na quantidade de amido desaparecendo do ID em dietas típicas para novilhos de corte. Estes autores sugeriram que outros fatores, tais como tempo e superfície de exposição, podem ser mais limitantes para a digestão do amido no ID. Apesar destas limitações, dados com novilhos de corte recebendo dietas com 85% de milho inteiro ou 80% de sorgo laminado a seco sugerem que até 2,5 kg de amido podem ser digeridos diariamente no ID desses animais (Theurer, 1986).

O processamento de grãos de sorgo e milho visa aumentar a digestibilidade ruminal e intestinal do amido através de um ou de uma combinação dos seguintes fatores: a) gelatinização do amido; b) ruptura da matriz protéica; c) aumento na área de superfície exposta à ação enzimática (Owens et al., 1986; Theurer, 1986). A floculação tem se mostrado o processamento mais efetivo, seguida da ensilagem de grãos úmidos, moagem fina e laminação ou moagem grosseira. Em comparação com a floculação, a silagem de grãos úmidos é mais efetiva para aumentar a digestibilidade ruminal do amido, porém, é menos efetiva em aumentar a digestibilidade intestinal deste nutriente. O resultado final é maior digestibilidade no trato total para o grão floculado (Huntington, 1997; Cooper et al., 2002).

O amido que escapa da fermentação ruminal e a digestão enzimática no ID pode ser fermentado no intestino grosso pela ação de microrganismos. Os AGVs produzidos podem ser absorvidos e utilizados pelo ruminante, entretanto a PMic sintetizada não pode ser absorvida, sendo completamente excretada nas fezes. Outro aspecto negativo é que parte do N que poderia estar sendo reciclada de volta para o rúmen é desviada para o intestino grosso quando

grandes quantidades de amido estão disponíveis para fermentação neste órgão. Isto pode ter um efeito negativo na utilização de N pelo ruminante (Fahey & Berger, 1988).

A floculação e a ensilagem de grãos úmidos de sorgo e milho aumentam a digestibilidade do amido no rúmen e no ID, resultando em menores quantidades deste nutriente atingindo o intestino grosso. Além disso, o amido que chega ao intestino grosso é mais digestível que o de grãos pouco ou não processados (Theurer, 1986). O resultado final é o aumento na economia de energia e N para o animal, devido à menor quantidade de amido fermentado no intestino grosso.

### 2.1.3. Absorção de glicose e metabolismo pelos tecidos viscerais

Uma questão importante que tem sido colocada é qual proporção do amido entrando no ID é absorvida como glicose e, uma vez absorvida, qual o destino metabólico desta glicose (Nocek & Tamminga, 1991). Número ainda limitado de estudos com animais implantados cirurgicamente com catéteres no sistema porta-hepático tem sido conduzido para tentar esclarecer esta questão.

Tem-se evidenciado que os tecidos drenados pelo sistema porta-hepático (*portal-drained viscera* – PDV), incluindo o trato gastrointestinal, pâncreas, baço e gordura mesentérica e omental, têm uma alta taxa de *turnover* de proteína, transporte iônico e outros processos que consomem altas quantidades de energia, resultando em altas taxas de uso de oxigênio e produção de calor. De forma semelhante, o fígado também tem uma alta demanda energética. Como consequência, o conjunto de tecidos drenados pelo sistema porta-hepático, mais o fígado, responde por aproximadamente metade do consumo corporal de oxigênio em novilhos de corte. Esta elevada taxa metabólica tem grande impacto na quantidade e qualidade de nutrientes absorvidos que chegam ao fígado e, conseqüentemente, na disponibilidade destes nutrientes para os tecidos musculares (Reynolds et al., 1994; Reynolds, 2002).

O uso intenso de glicose pelos tecidos drenados pelo sistema porta resulta em fluxo negativo deste nutriente para o fígado de novilhos de corte, recebendo dietas ricas em grãos (Huntington et al., 1996; Lozano et al., 2000). Como consequência, toda glicose que chega aos tecidos musculares do animal é proveniente da gluconeogênese hepática. Ácido propiônico, ácido láctico e aminoácidos são os principais precursores para a síntese de glicose no fígado. Isto enfatiza a importância de se otimizar a fermentação ruminal do amido, aumentando assim a produção de ácido propiônico e de proteína microbiana no rúmen.

Owens et al. (1986) calcularam que a digestão de amido no intestino delgado seria 42% mais eficiente que a digestão ruminal em termos de economia ou ganho energético para o animal. Entretanto, revisões de literatura mais recentes (Theurer, 1986; Huntington, 1997; Owens et al., 1997; Zinn et al., 2002) têm mostrado de forma irrefutável que, em novilhos de corte recebendo dietas com altos teores de concentrado, a utilização de energia e proteína é maximizada quando a degradação ruminal do amido é aumentada através do processamento dos grãos de cereais.

### 2.2. Processamento dos grãos de cereais e desempenho de bovinos em terminação

A otimização do uso do amido é fundamental para se obter desempenho eficiente em bovinos confinados com dietas ricas em grãos de cereais. O objetivo do processamento dos grãos de cereais é aumentar a disponibilidade da energia para o animal. Em pesquisa realizada com seis consultores especializados, responsáveis pelo manejo nutricional de 3,6 milhões de bovinos em confinamento nos EUA, Galyean (1996) relatou que todo o milho utilizado nas dietas daqueles animais sofria algum tipo de processamento, sendo os mais comuns a floculação, a laminação a seco e a estocagem de grãos com alta umidade.

De maneira geral, o processamento dos grãos de cereais melhora a eficiência de digestão do amido tanto no rúmen como no in-

testino (Huntington, 1997). Segundo Zinn et al. (2002), a floculação adequada dos grãos de milho resulta em aumentos de 15% no teor de energia líquida de manutenção e de 18% no teor de energia líquida para ganho em comparação com a moagem grosseira ou laminação a seco. De acordo com a revisão de Owens et al. (1997), para bovinos confinados na fase de terminação, a floculação reduziu o CMS, não afetou o GPD e melhorou a eficiência alimentar do milho em 10% e do sorgo em 15% em comparação com a laminação a seco. Segundo Zinn et al. (2002), o NRC (1996) subestima o valor energético do milho floculado e superestima o do milho laminado a seco.

Trabalhos mais recentes também têm confirmado as vantagens da floculação do milho sobre a laminação a seco (Tabela 1). A melhora de 9,7% na eficiência alimentar com a floculação está de acordo com os dados revisados de Owens et al. (1997). Entretanto, os trabalhos da Tabela 1 mostram pequeno efeito negativo da floculação no CMS (-2,1%) e aumento expressivo no GPD (+9,42%), principal responsável pela melhora da eficiência alimentar. De modo geral, nos trabalhos da Tabela 1, o milho foi floculado dentro de uma faixa de densidade considerada ideal atualmente (Zinn et al., 2002). Nos trabalhos revisados por Owens et al. (1997), houve uma variação muito maior nas densidades de floculação.

Os trabalhos disponíveis na literatura mostram de modo geral que existe uma faixa ideal de intensidade do processo de floculação para os grãos de milho e sorgo para bovinos de corte. A recomendação

**Tabela 1.** Efeito da floculação do milho no desempenho de bovinos confinados em comparação com a laminação a seco (MLS).

Referência	Teor de concentrado na dieta, % da MS	Varição em CMS, %	Varição em GPD, %	Varição em GPD/CMS, %
Brown et al. (2000)	90	-1,2	+17,7	+19,8
Brown et al. (2000)	90	0	+8,2	+7,8
Barajas & Zinn (1998)	88	-9,2	+7,6	+8,2
Scott et al. (2003)	92,5	0	+3,4	+4,3
Scott et al. (2003)	92,5	0	+10,2	+8,4
<b>Média</b>	<b>90,6</b>	<b>-2,1</b>	<b>+9,42</b>	<b>+9,7</b>

para bovinos em terminação confinados, recebendo dietas ricas em grãos, é flocular o milho ou sorgo para se obter uma densidade entre 310 a 360 g/L (Theurer, 1992; Huntington, 1997; Reinhardt et al., 1997; Swingle et al., 1999; Theurer et al., 1999; Brown et al., 2000; Zinn et al., 2002;). Materiais menos processados não apresentam resultados satisfatórios, por não aumentarem suficientemente a digestibilidade do amido. Materiais excessivamente processados também prejudicam o desempenho animal, provavelmente por aumentarem os riscos de acidose ruminal.

Nas unidades de confinamento do Brasil, o cereal mais utilizado é o milho. O sorgo vem em segundo lugar e recentemente, em alguns locais, tem aumentado a utilização de milheto. Nessas unidades, a principal forma de processamento de grãos de cereais é a moagem. A utilização de grãos de alta umidade ainda é bastante restrita, enquanto a floculação não é utilizada no país.

A moagem fina normalmente é suficiente para aumentar a disponibilidade do amido dos grãos de cereais a valores que proporcionem desempenho satisfatório em confinamento, mas a silagem de grãos úmidos e a floculação via de regra são mais eficientes em aumentar a disponibilidade da energia dos grãos. Infelizmente há pouquíssimas referências na literatura nacional comparando os diferentes métodos de processamento e seus efeitos sobre o desempenho de bovinos em terminação, de forma que, na maioria dos casos, as recomendações dos nutricionistas e consultores se baseiam em resultados de pesquisas internacionais.

Os dados revisados por Owens et al. (1997) e os apresentados na Tabela 1, que mostram claramente as vantagens da floculação sobre a laminação a seco do milho, servem como termo de comparação nas nossas condições para o milho moído grosso ou quebrado, uma vez que equivalem ao laminado a seco em digestibilidade ruminal e intestinal.

Com relação à moagem fina do milho, a literatura disponível até o momento não nos permite concluir se há ou não uma vantagem real da floculação. Em um dos poucos trabalhos disponíveis na li-

teratura, Scott et al. (2003) observaram que em dietas contendo 92,5% de concentrado (52,5% de milho, 32% de farelo de glúten de milho 21,8% de suplemento protéico e mineral e vitamínico) a floculação do milho não afetou o CMS, o GPD e melhorou a eficiência alimentar em apenas 2,7%. Como pode ser observado, os benefícios da floculação em comparação com o milho moído fino foram bem menores que os observados em comparação com o milho laminado a seco.

Uma vez que se opte por moagem do milho ou sorgo, esta deve ser fina e não grosseira, resultando em partículas entre 0,7 a 1,2 mm. No caso do sorgo, esta recomendação é ainda mais importante, uma vez que os benefícios do processamento mais intenso, como moagem fina, silagem de grão úmido e floculação, são maiores no sorgo que no milho. Isto se deve à ocorrência de uma matriz proteica em torno dos grânulos de amido mais intensa no sorgo que no milho.

Nos últimos anos tem crescido no país a utilização de silagem de grãos úmidos de milho. Os dados de literatura mostram de forma consistente o efeito benéfico desta forma de processamento na digestibilidade ruminal e total do amido em comparação com a moagem ou laminação seca (Huntington, 1997). Entretanto, os dados revisados por Owens et al. (1997) não mostraram vantagens desta forma de processamento de milho e sorgo no desempenho de bovinos em terminação comparada com a laminação ou moagem grosseira a seco. Por outro lado, alguns autores têm obtido resultados positivos com a silagem de grãos úmidos de milho (Tabela 2).

**Tabela 2.** Efeito da ensilagem de milho úmido no desempenho de bovinos confinados em comparação com a laminação a seco (MLS).

Referência	Teor de concentrado na dieta, % da MS	Varição em CMS, %	Varição em em GPD, %	Varição em GPD/CMS, %
Scott et al. (2003)	92,5	-6,6	-2,0*	+5,0
Scott et al. (2003)	92,5	0	0	0
Ladely et al. (1995)	90,0	-15,2	0	+17,0
Ladely et al. (1995)	90,0	-6,2	+2,4	+11,6
<b>Média</b>	<b>91,2</b>	<b>-7,0</b>	<b>0</b>	<b>+8,4</b>

A substituição de milho por sorgo nas dietas de bovinos confinados na fase de terminação pode vir a ser viável dependendo da relação de preço destes dois grãos. Os dados da Tabela 3 mostram que, na média dos sete trabalhos revisados, o milho apresentou CMS 2,5% menor, GPD 5,2% maior e eficiência alimentar 7,6% maior que o sorgo. Diferentemente do obtido com vacas leiteiras, a floculação do sorgo não foi capaz de equipará-lo ao milho floculado.

Entretanto, o sorgo floculado foi superior ao milho laminado ou moído grosso para bovinos em terminação. O CMS não foi alterado, mas o GPD e a eficiência alimentar foram 5% maiores no sorgo floculado em comparação com o milho laminado a seco (Huck et al., 1998).

**Tabela 3.** Comparação entre grãos de milho e sorgo para bovinos confinados.

Referência	Método de processamento do milho <sup>(1)</sup>	Método de processamento do sorgo	Taxa de inclusão dos grãos na dieta, % da MS	Varição* em CMS, %	Varição* em GPD, %	Varição* em eficiência alimentar, %
Brandt et al. (1992)	F	F	+ de 75	0	0	0
Gaabe et al. (1998)	LS, EX	LS, EX	78,6	-6,5	+5,5	+10,8
Huck et al. (1998)	F	F	77	0	+16,5	+16,8
Huck et al. (1998)	F	F	74,5	0	+2,6	+3,3
Sindt et al. (1993)	LS	LS	74	-5,8	+1,8	+5,3
Stock et al. (1990)	LS	LS	83,8	-2,1	+4,47	+7,0
Zinn (1991)	F	F	74,8	-3,2	+6,5	+9,9
<b>Média</b>			<b>77</b>	<b>-2,5</b>	<b>+5,3</b>	<b>+7,6</b>

\* Efeito positivo ou negativo do milho sobre o sorgo

(1) F = Floculado

LS = Laminado a seco

EX = Extrusado

O milheto também pode se constituir em uma alternativa ao milho em determinadas regiões. Hill et al. (1996) obtiveram valores de 88 e 85% de energia líquida para manutenção e para ganho respectivamente para o milheto moído fino em relação ao milho moído grosso.

### 3. SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS

#### 3.1. Farelo de glúten de milho-21 (FGM-21)

O FGM-21 é um subproduto da indústria de produtos à base de milho, basicamente amido e adoçantes, conhecido pelos nomes co-

merciais de Refinazil® ou Promill®. O FGM-21 é obtido pela separação e secagem das fibras dos grãos de milho durante o processo de moagem úmida do cereal. Tecnicamente, é o que sobra do grão de milho após a extração da maior parte do amido, glúten e germe, pelos processos de moagem e separação empregados na produção de amido e xarope de milho, sendo 2/3 de conteúdo fibroso e 1/3 de licor concentrado de maceração (Blasi et al., 2001). O rendimento na produção de FGM-21 é estimado em 11% do material original que chega na indústria.

Nos EUA e Europa, o FGM-21 é comercializado na forma úmida, apresentando cerca de 42% de matéria seca (MS), ou na forma seca, com 90-92% de MS. O FGM-21 úmido tem sua utilização restrita às proximidades das fontes produtoras, uma vez que em função do seu teor de umidade, os custos do transporte são inviáveis para localidades distantes. No Brasil comercializa-se apenas o FGM-21 na forma seca.

Na Região Sudeste do Brasil, encontram-se as duas principais indústrias produtoras de FGM-21 no país, uma localizada no Estado de São Paulo (Mogi Guaçu) e a outra em Minas Gerais (Uberlândia). A produção anual de FGM-21 por essas indústrias é de 230 mil toneladas.

### 3.1.1. Composição nutricional do FGM-21

A Tabela 4 apresenta uma comparação entre as composições nutricionais do milho com o FGM-21, úmido e seco. A composição final do subproduto pode variar em função das condições de cada indústria, de forma que sempre se recomenda a análise dos teores nutricionais do FGM-21 antes de sua utilização.

O teor energético de uma mesma partida de FGM-21 varia em função de diversos fatores: a) as proporções relativas de fração fibrosa, licor e germe desengordurado (quando adicionado) misturadas para compor o FGM-21 (Herold et al., 1998, 1999); b) a forma física (seco ou úmido) do produto (Green et al., 1987; Ham et al., 1995); c) o teor de forragem da dieta (Berger & Willms, 1992; Ham

**Tabela 4.** Comparação nutricional entre milho e subprodutos da indústria de amido.

Nutriente	Milho	FGM úmido*	FGM seco*	NRC(1996)**
MS, %	88	42-44	90-92	90
Proteína bruta (PB), %	10,1	14-22	21-22	23,8
EL <sub>gr</sub> , Mcal/kg	2,25	2,11-2,18	1,92	1,94
EL <sub>g</sub> , Mcal/kg	1,54	1,43	1,25	1,30
NDI, %	90	90	78	80
Gordura, %	4,2	3-5	2-3,3	3,91
FDN, %	10,8	—	—	36,2
Amido, %	72	26	18	—
Cinzas, %	1,4	7,2-9	7-7,2	6,9
Cálcio, %	0,02	0,10	0,10-0,20	0,07
Fósforo, %	0,35	0,45-1	0,80-1	0,95
Potássio, %	0,37	0,90-1,60	1,30-1,50	1,40
Magnésio, %	0,13	0,15-0,50	0,42-0,50	0,40
Sódio, %	0,02	0,20	0,12	0,26
Enxofre, %	0,14	0,35-0,40	0,16-0,30	0,47
Cobalto, ppm	0,04	—	0,09	—
Cobre, ppm	4	6	6-9,9	6,98
Ferro, ppm	26	41-165	165-304	226
Manganês, ppm	6	12-26	22-26	22
Molibdênio, ppm	—	—	—	—
Selênio, ppm	—	—	—	—
Zinco, ppm	16	45-114	88-114	73,30

Fonte: \*Blasi, et al. (2001); \*\*NRC (1996)

et al., 1995; Hussein & Berger, 1995; Whitham et al., 1999; Montgomery et al., 2003; Sindt et al., 2003); d) o estágio fisiológico do animal (crescimento x terminação) (McCoy et al., 1998).

O FGM-21 pode ser utilizado tanto como fonte de energia como de proteína. Normalmente, quando incluído na dieta de bovinos confinados, o FGM-21 substitui parte do cereal, na maior parte dos casos o milho, e também permite reduzir a dose de suplementos proteicos como farelo de soja, farelo de algodão e uréia. A proteína do FGM-21 é bastante degradável no rúmen (NRC, 1996; Hopkins & Whidlow, 2002). A fração de proteína não-degradável no rúmen é pequena e deficiente em lisina (NRC, 1996).

Em função de suas características – pobre em gorduras e amido, e bastante rico em fibra altamente digestível – o FGM-21 constitui-

se numa ótima alternativa para inclusão em dietas baseadas em grãos e silagem de milho (Fellner & Belya, 1991). Segundo os autores, por apresentar concentrações mais elevadas de FDA e PDN do que os grãos de cereais, a utilização do FGM pode levantar questões sobre a concentração energética e limitações ao consumo das dietas, mas os teores reduzidos de amido e elevados de fibra digestível podem ajudar a manter o pH ruminal em patamares mais desejáveis, otimizando a digestão da fibra, o que pode compensar possíveis diferenças na digestibilidade total das dietas.

Os custos de produção de volumosos como silagem de milho, de sorgo, de capim e cana-de-açúcar aumentaram significativamente nos últimos anos (Nussio & Poncho, 2003). Isto tem aumentado a competitividade da utilização de dietas ricas em grãos e subprodutos para bovinos em confinamento. O surgimento de grandes confinamentos no Brasil também tem estimulado o uso de dietas com maiores teores de concentrado.

### 3.1.2. Uso de FGM-21 em dietas para bovinos em confinamento

Em função de seu menor teor energético, seria de se esperar que a inclusão de FGM-21 em dietas para bovinos confinados em substituição parcial ao milho resultasse em menor desempenho animal. As Tabelas 5 e 6 apresentam os resultados de uma revisão de onze trabalhos científicos publicados entre 1984 e 2004, que estudaram os efeitos da substituição de milho por FGM-21 em dietas de bovinos confinados. Foram tabuladas vinte comparações entre milho e o FGM-21 úmido (Tabela 5) obtidas em dez trabalhos científicos e apenas quatro comparações com o FGM-21 seco (Tabela 6) obtidas em quatro trabalhos científicos.

Na totalidade dos trabalhos revisados, foram utilizadas dietas com altos teores de concentrado, a maioria entre 70 e 98% da matéria seca, visando ganhos elevados na fase de terminação. Nas comparações compiladas na Tabela 5, o FGM-21 úmido substituiu 22 a 63% do milho da dieta e representou uma inclusão de 22 a 58,5% da MS da dieta.

**Tabela 5.** Comparação da utilização de farelo de glúten de milho úmido em relação aos grãos de milho em dietas de bovinos em acabamento.

Referência	% substituição do milho <sup>(*)</sup>	Teor de FGMU, em % da MS da dieta	CMS, kg/cab/dia	Varição em relação ao controle (%)	GPD, kg/cab/dia	Varição em relação ao controle (%)	Eficiência, GPD/CMS	Varição em relação ao controle (%)
Green et al. (1987)	23	17,85	9,3	+7,4	1,465	+3,5	0,161	+3,1
Ham et al. (1995)	42	35	12,06	+4,2	1,44	0	0,119	-5,6
Ham et al. (1995)	36	35	10,81	+4,4	1,70	+8,2	0,157	+3,3
Firkins et al. (1985)	54	37,3	8,8	+8,2	1,38	+3,8	0,156	-3,9
Trenkle (1987)	56	-	-	-	1,40	-4,0	0,156	0
Scott et al. (2003)	36 ML	32	10,60	+12,7	1,91	+9,8	0,180	-3,2
Scott et al. (2003)	36 MF	32	10,00	+7,53	1,92	+6,7	0,192	-1,0
Scott et al. (2003)	24 ML	22	11,00	+10,00	1,81	+9,0	0,164	-1,2
Scott et al. (2003)	24 MF	22	10,60	+4,95	1,92	+4,9	0,181	0
Sindt et al. (2002)	29 MF	28,6	8,70	+0,70	1,46	+2,1	0,168	+1,8
Sindt et al. (2002)	63 MF	58,5	9,01	+4,23	1,39	-2,8	0,154	-6,7
Richards et al. (2003)	22 ML	25	10,09	+5,10	1,88	+9,9	0,186	+3,9
Richards et al. (2003)	54 ML	50	9,81	+2,18	1,84	+7,6	0,187	+4,5
Richards et al. (2003)	46 ML	44	10,91	-0,64	1,80	+9,8	0,166	+9,9
Hussein & Berger (1995)	31 SGMU	25	6,88	+11,00	1,14	+17,5	0,166	+5,7
Hussein & Berger (1995)	62 SGMU	50	6,52	+5,16	1,07	+10,3	0,165	+5,1
Krehbiel et al. (1995)	ML	35	9,84	-1,89	1,59	+1,3	0,162	+3,8
McCoy et al. (1998)	47 ML	45	9,90	-3,5	1,71	-1,7	0,173	+2,0
McCoy et al. (1998)	47 ML	45	10,16	-3,3	1,62	-2,1	0,160	+1,6
McCoy et al. (1998)	47 SGMU	45	9,81	-4,1	1,58	-4,5	0,161	0

(\*) ML = milho laminado

MF = milho floculado

SGMU = silagem de grãos de milho úmidos

Tabela 6. Comparação da utilização de farelo de glúten de milho seco em relação aos grãos de milho em dietas de bovinos em acabamento.

Referência	% substituição do milho <sup>(1)</sup>	Teor de FGMU, em % da MS da dieta	CMS, kg/cab/dia	Varição em relação ao controle (%)	GPD, kg/cab/dia	Varição em relação ao controle (%)	Eficiência, GPD/CMS	Varição em relação ao controle (%)
Ham et al. (1995)	85	70	13,37	+15,6	1,51	+4,1	0,113	-10,3
Firkins et al. (1985)	54	-	9,4	-	1,35	+1,5	0,143	-14,4
Trenkle (1987)	56	-	9,8	-	1,42	-2,2	0,145	-8,9
Hannah et al. (1990)	100	60	12,1	-4,0	1,70	-5,6	0,139	-2,8

O CMS (consumo de matéria seca) aumentou em catorze e diminuiu em cinco das dezenove comparações com a substituição parcial do milho por FGM-21 úmido. Na média houve um aumento de 3,91% no CMS nas dezenove comparações. Apesar de inconsistentes, os maiores aumentos em CMS foram observados com a inclusão 22 a 32% de FGM-21 úmido na dieta. A explicação para o efeito positivo do FGM-21 úmido no CMS é um possível efeito benéfico da redução do teor de amido e concomitante aumento no teor de FDN efetiva em dietas ricas em concentrado. A manutenção de um pH ruminal mais adequado (Krehbiel et al., 1995; Sindt et al., 2002) estimula a digestão de fibra e sua passagem pelo trato digestivo (Hussein & Berger, 1995). Os dados da Tabela 5 indicam que os riscos de acidose ruminal são menores em animais confinados recebendo uma combinação de milho e FGM-21 úmido do que milho exclusivo como fonte energética em dietas para ganho de peso elevado.

O GPD (ganho de peso diário) aumentou em catorze, não foi afetado em uma e diminuiu em cinco das vinte comparações com a substituição parcial do milho por FGM-21 úmido. Na média, houve um aumento de 3,6% no GPD nas vinte comparações. Nas cinco comparações onde o FGM-21 úmido reduziu o GPD, a inclusão deste subproduto na dieta foi alta, 45 a 58% da MS da dieta, assim como a taxa de substituição do milho, de 47 a 63%. Em três dessas cinco comparações, o CMS foi reduzido pela inclusão excessiva de FGM-21 úmido na dieta. O efeito positivo do FGM-21 úmido no GPD da maioria das comparações (catorze) pode ser explicado pela melhora do ambiente ruminal, reduzindo o risco de acidose clínica e principalmente a acidose subclínica. O ambiente ruminal mais favorável estimulou a digestão de nutrientes e o CMS.

Outro fator pouco mencionado pela maioria dos autores citados na Tabela 5 é o provável efeito benéfico do ambiente ruminal na síntese microbiana e consequentemente no fluxo de proteína metabolizável para o ID. Quando utilizamos o NRC (1996) para formular dietas contendo apenas 10% de feno de alfafa ou de gramíneas e milho como principais componentes da dieta, como na maioria dos trabalhos compilados na Tabela 5, há uma severa redução na síntese

se microbiana devido ao baixo teor de FDN efetiva da dieta. Segundo o NRC (1996), para cada unidade percentual de redução no teor de FDN efetiva abaixo de 20% da MS da dieta, a síntese microbiana é reduzida em 2,5%. Nestes casos, a simulação no NRC (1996) mostra que a inclusão de FGM-21 úmido em substituição parcial ao milho em dietas isoprotéicas aumenta o teor de FDN efetiva da dieta. Este aumento em dietas com menos de 20% de FDN efetiva estimula a síntese microbiana e conseqüentemente o fluxo de proteína metabolizável para o intestino.

A eficiência alimentar (GPD/CMS) aumentou em onze, não foi afetada em três e diminuiu em seis das vinte comparações com a substituição parcial do milho por FGM-21 úmido. Na média houve um aumento de 1,26% na eficiência alimentar nas vinte comparações. Das seis comparações onde o FGM-21 úmido reduziu a eficiência alimentar, o GPD foi afetado negativamente em apenas uma comparação. Nos outros cinco casos o efeito positivo no CMS foi maior que no GPD, resultando em efeito negativo na eficiência alimentar.

Com base nos dados da Tabela 5 podemos concluir que, na maioria dos casos, quando o FGM-21 úmido é incluído entre 20 e 40% da MS da dieta em substituição parcial ao milho, em dietas para bovinos em terminação, contendo ao redor de 5 a 15% de forragem e altos teores de amido, o desempenho animal é melhorado.

Em comparação com o FGM-21 seco, o subproduto úmido tem maior valor nutricional para bovinos em terminação (Firkins et al., 1985; Trenkle, 1987; Ham et al., 1995). O subproduto seco tem menor tamanho de partícula e conseqüentemente uma maior taxa de passagem. Essa rápida taxa de passagem pode reduzir a digestão da fração fibrosa do FGM-21 seco e assim resultar em menor teor energético do que o material úmido.

A Tabela 6 apresenta os dados compilados da substituição parcial de milho por FGM-21 seco na dieta de bovinos em terminação com alto teor energético. Apenas quatro trabalhos científicos foram encontrados nesta revisão, no período de 1984 a 2004, com a utilização de FGM-21 seco. Os dados mostram que, na maioria das comparações, o CMS e o GPD foram maiores quando o FGM-21 seco

substituiu parcialmente o milho na dieta. Entretanto, a eficiência alimentar foi afetada negativamente em três das quatro comparações. É importante frisar que nos quatro trabalhos citados na Tabela 6, a substituição do milho por FGM-21 seco (54 a 85%) e a taxa de inclusão deste na dieta (60 a 70%) foram elevados, o que pode ter afetado negativamente o desempenho animal. Trabalhos com inclusão de FGM-21 seco em teores entre 20 e 40% da MS da dieta de bovinos em terminação precisam ser conduzidos nas nossas condições para melhor avaliar esse produto em relação ao milho.

### 3.2. Polpa cítrica

A polpa cítrica é um alimento energético que possui características diferenciadas quanto à fermentação ruminal, caracterizando-se como um produto intermediário entre volumosos e concentrados. Ela é originada a partir da fabricação do suco de laranja, e é composta de cascas, sementes e bagaço (Fegeros et al., 1995; Wing, 1982). O subproduto é obtido após duas prensagens, que reduzem sua umidade a 65-75%, e secagem até atingir 90% de matéria seca, para então ser peletizada (Menezes Jr., 1999).

A partir da década de 90, as cotações do preço da polpa cítrica no mercado externo e interno caíram, chegando a atingir preços inferiores aos do milho. Isto fez com que a utilização do produto aumentasse consideravelmente no mercado nacional (Assis et al., 2001). O Brasil é o maior produtor mundial de citros, e a produção nacional de polpa cítrica é da ordem de 1.150.000 toneladas anualmente. Outro fator que a torna um alimento muito atrativo é que sua safra ocorre entre os meses de maio e janeiro, coincidindo com a entressafra de grãos e com a época de maior utilização de concentrados.

O valor nutricional da polpa cítrica depende da variedade da laranja, da inclusão de sementes e da retirada ou não de óleos essenciais. Em geral, a polpa é caracterizada pela alta digestibilidade da matéria seca, sendo superior até à do milho laminado (Carvalho, 1995) e por possuir características energéticas de concentrado, e