

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Substituição do milho em grãos por
subprodutos da agroindústria na ração de
vacas leiteiras em confinamento**

ALEXANDRE MENDONÇA PEDROSO

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutor em Agronomia. Área de concentração:
Ciência Animal e Pastagens.

Piracicaba

2006

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Alexandre Mendonça Pedroso
Engenheiro Agrônomo

**Substituição do Milho em Grãos por Subprodutos da Agroindústria
na Ração de Vacas Leiteiras em Confinamento.**

Orientador: Prof. Dr. FLAVIO AUGUSTO PORTELA
SANTOS

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutor em Agronomia. Área de concentração:
Ciência Animal e Pastagens.

Piracicaba
2006

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

Pedroso, Alexandre Mendonça

Substituição do milho em grãos por subprodutos da agroindústria na ração de vacas leiteiras em confinamento / Alexandre Mendonça Pedroso. - - Piracicaba, 2006. 119 p.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006. Bibliografia.

1. Confinamento animal 2. Grãos para animais 3. Indústria agrícola 4. Milho 5. Subprodutos para animais 6. Vacas leiteiras I. Título

CDD 636.2085

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

À minha esposa, Idamis, e aos meus filhos, Juliana e Bruno, pelo amor incondicional e carinho permanente, e pela paciência e compreensão ao longo dessa jornada.

Ofereço

A meu pai, Thomaz de Aquino, e à memória de minha mãe, Maria de Lourdes, que me ensinaram os valores fundamentais da vida, e sempre me incentivaram a buscar uma boa formação.

Dedico

Agradecimentos

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” pela minha formação superior, e em especial ao Departamento de Zootecnia, que me abriu as portas para a minha profissão.

Ao Prof. Dr. Flavio Augusto Portela Santos pela orientação segura, por compartilhar sem restrições seu conhecimento e experiência, pelas oportunidades que me proporcionou, e acima de tudo pela confiança e amizade.

Ao Clube de Práticas Zootécnicas, ideal dos grandes mestres Moacyr Corsi e Vidal Pedroso de Faria, por me proporcionar os primeiros passos em direção à minha vocação.

Aos amigos Profs. Drs. Carlos Guilherme Silveira Pedreira, Luiz Gustavo Nussio, Sila Carneiro da Silva e Wilson Roberto Soares Mattos, pela amizade e incentivo, e pelos valiosos ensinamentos.

Aos demais professores do Departamento de Zootecnia, pelos ensinamentos transmitidos, pela cordialidade e agradável convivência.

Aos estagiários Adúltero, Bicikreta, Conçolo, Da Lua, K-is, Kermeçe, Perna-de-Pau, Metida, Miúdo, Muãba, No Limite, Rouge, Scutula, Smorfet, Xaroleis e Zé Gato pela ajuda inestimável na condução dos experimentos.

Aos estagiários do CPZ pela amizade e apoio durante a realização dos experimentos.

Aos colegas do curso de pós-graduação Carolina A. Carmo, Diogo F. A. Costa, Hugo Imaizumi, Junio Cesar Martinez, Lucas S. Ferreira, Narson V. A. Lima, Paulo Sergio Correia, Rafael Luiz Clarindo, Terssio A. Ramalho, Tadeu V. Voltolini e Vanessa S. Pillon pela amizade, companheirismo e auxílio nos estudos, análises laboratoriais e condução dos experimentos.

Aos amigos Carla Maris Bittar e Eduardo Menegueli Pereira pela grande amizade e suporte em diversas fases dessa jornada.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia Creide, Emerson, Juscelino, Neco, Samuel, e em especial ao Laureano e toda sua família, pelo suporte e pelos momentos agradáveis que passamos juntos nesses últimos anos.

Às Bibliotecárias Eliana Maria Garcia e Silvia Maria Zinsly pelas correções e compreensão com a eterna falta de prazo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão do aporte financeiro para condução do projeto de pesquisa.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	10
1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 Subprodutos Agroindustriais.....	15
2.1.1 Farelo de Glúten de Milho – 21.....	17
2.1.2 Casca de Soja.....	20
2.1.3 Farelo de Trigo.....	23
2.2 Amido e grãos de cereais.....	27
2.2.1 Características do amido.....	27
2.2.2 Grãos de cereais em rações de vacas leiteiras.....	29
2.2.3 Substituição do milho por fontes energéticas alternativas em rações de vacas leiteiras.....	31
2.2.3.1 Substituição do milho por farelo de glúten de milho (FGM-21).....	31
2.2.3.2 Substituição do milho por casca de soja.....	37
2.2.3.3 Substituição do milho por farelo de trigo.....	39
3 SUBSTITUIÇÃO DO MILHO EM GRÃOS POR FARELO DE GLÚTEN DE MILHO NA RAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS EM CONFINAMENTO.....	43
Resumo.....	43
Abstract.....	43
3.1 Introdução.....	44
3.2 Material e métodos.....	46
3.2.1 Local e animais.....	46
3.2.2 Tratamentos.....	47
3.2.3 Período experimental e colheita de dados.....	49
3.2.4 Delineamento experimental e análise estatística.....	50
3.3 Resultados e discussão.....	51

3.3.1 Composição química das rações e ingestão de matéria seca.....	51
3.3.2 Produção e composição do leite e parâmetros sanguíneos.....	54
3.3.3 Avaliação econômica das rações.....	59
3. 4 Conclusões.....	62
4 SUBSTITUIÇÃO DO MILHO EM GRÃOS POR CASCA DE SOJA NA RAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS EM CONFINAMENTO.....	63
Resumo.....	63
Abstract.....	63
4.1 Introdução.....	64
4.2 Material e métodos.....	66
4.2.1 Local e animais.....	66
4.2.2 Tratamentos.....	67
4.2.3 Período experimental e colheita de dados.....	69
4.2.4 Delineamento experimental e análise estatística.....	70
4.3 Resultados e discussão.....	71
4.3.1 Composição química das rações e ingestão de matéria seca.....	71
4.3.2 Produção e composição do leite e parâmetros sanguíneos.....	74
4.3.3 Avaliação econômica das rações.....	78
4. 4 Conclusões.....	81
5 SUBSTITUIÇÃO DO MILHO EM GRÃOS POR FARELO DE TRIGO NA RAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS EM CONFINAMENTO.....	82
Resumo.....	82
Abstract.....	83
5.1 Introdução.....	83
5.2 Material e métodos.....	86
5.2.1 Local e animais.....	86
5.2.2 Tratamentos.....	86
5.2.3 Período experimental e colheita de dados.....	88
5.2.4 Delineamento experimental e análise estatística.....	89

5.3 Resultados e discussão.....	90
5.3.1 Composição química das rações e ingestão de matéria seca.....	90
5.3.2 Produção e composição do leite e parâmetros sanguíneos.....	93
5.3.3 Avaliação econômica das rações.....	97
5. 4 Conclusões.....	100
6 CONCLUSÕES GERAIS.....	101
REFERÊNCIAS.....	102
APÊNDICES.....	114

RESUMO

Substituição do Milho em Grãos por Subprodutos da Agroindústria na Ração de Vacas Leiteiras em Confinamento.

Com o intuito de avaliar a substituição do milho em grãos por alimentos alternativos em rações de vacas em lactação, foram conduzidos três experimentos iguais, em que a única diferença foi o alimento testado: No **experimento 1** avaliou-se a inclusão do farelo de glúten de milho 21 (FGM-21) em três níveis (0, 10 e 20% da MS) em substituição ao milho moído das rações. A ingestão diária de MS (21,19 kg/an), a produção de leite (24,88 kg/an), a produção de leite corrigido para 3,5% de gordura (25,34 kg/an), o teor de gordura (3,62%), e o teor de sólidos totais (11,86%) não foram afetados pelos tratamentos ($P>0,05$). A inclusão do FGM-21 afetou os teores de proteína e lactose do leite e a concentração de nitrogênio uréico do leite ($P>0,05$). No **experimento 2** avaliou-se a inclusão da casca de soja (CS) em três níveis (0, 10 e 20% da MS) em substituição ao milho moído das rações. A inclusão da CS não afetou o consumo de matéria seca (22,84 kg/d), nem a produção de leite (28,33 kg/d) e produção de leite corrigido para gordura (28,48 kd/d) ($P>0,05$). No entanto a inclusão do subproduto aumentou linearmente a produção total de gordura ($P<0,05$) e a concentração de nitrogênio uréico ($P<0,01$) no leite. No **experimento 3** avaliou-se a inclusão do farelo de trigo (FT) em três níveis (0, 10 e 20% da MS) em substituição ao milho moído das rações. A inclusão do FT reduziu ($P<0,05$) o consumo de matéria seca (média de 22,20 kg/d) e a produção de leite ($P<0,01$) (média de 31,65 kg/d), a produção de leite corrigido para 3,5% de gordura (média de 27,44 kg/d), a produção de proteína, gordura e lactose do leite ($P<0,05$), e conseqüentemente, a produção de sólidos totais do leite ($P<0,05$). No entanto os teores dos componentes do leite não foram afetados pelos tratamentos. A inclusão do subproduto causou aumento no teor de nitrogênio uréico no leite ($P<0,01$).

Palavras-chave: Casca de Soja; Farelo de Glúten de Milho; Farelo de Trigo; Produção e composição do leite; Subprodutos agroindustriais; Vacas Leiteiras.

ABSTRACT

Substitution of Byproducts for Corn Grain in Confined Lactating Cows Diets

Four identical experiments were conducted to evaluate the substitution of some byproducts for corn grain in confined lactating cows diets. The only source of variation among them was the byproduct tested. In **trial 1** the inclusion of three doses of corn gluten feed (FGM-21) (0, 10 and 20% DM) in substitution for ground corn was evaluated. Treatments did not affect ($P>0.10$) daily dry matter intake (DMI) (21.19 kg/cow), milk yield (24.88 kg/cow), 3,5% fat corrected milk yield (FCM) (25.34 kg/cow), milk fat content (3.62%), and milk total solids (11.86%). Inclusion of corn gluten feed affected milk protein, lactose and urea concentrations ($P<0.05$). In **trial 2** the inclusion of three doses of soy hulls (0, 10 and 20% DM) in substitution for ground corn was evaluated. Inclusion of soy hulls had no effect on daily dry matter intake (DMI) (22.84 kg/d), milk yield (28.33 kg/d) or fat corrected milk (FCM) yield (28.48 kd/d) ($P>0.05$). However, inclusion of CS linearly increased total milk fat yield ($P<0,05$) and linearly decreased MUN ($P<0,01$). In **trial 3** the inclusion of three doses of wheat middlings (FT) (0, 10 and 20% DM) in substitution for ground corn was evaluated. Inclusion of FT reduced ($P<0,05$) dry matter intake (22.20 kg/d average) and milk yield ($P<0,01$) (31.65 kg/d average), FCM yield (27.44 kg/d average), total milk fat, protein and lactose, and milk total solids ($P<0,05$). Milk components concentration was not affected by treatments. Inclusion of the byproduct increased MUN concentration ($P<0,01$).

Keywords: Byproducts; Corn Gluten Feed; Dairy Cows; Milk production and composition; Soy Hulls; Wheat Middlings.

1 INTRODUÇÃO

A utilização de subprodutos da agroindústria na alimentação de bovinos não é prática recente, mas nos últimos anos, face à crescente preocupação com as questões ambientais e à grande oscilação de preços de commodities e alimentos tradicionais, como os grãos de cereais, o interesse pela introdução desses materiais nas rações de ruminantes tem crescido consideravelmente.

Normalmente, os subprodutos entram nas rações em substituição a algum outro alimento mais tradicional (como milho e soja). No entanto, qualquer que seja o motivo da utilização, certamente o principal fator considerado na avaliação é uma possível vantagem econômica, seja por uma redução direta no custo da alimentação, ou por um melhor desempenho animal, resultante de melhor eficiência alimentar.

Porém, esta avaliação nem sempre é simples como parece. Vários componentes do custo devem ser considerados como logística, transporte, descarga e armazenamento; perdas na armazenagem; fluxo de caixa da propriedade; teor de matéria seca (MS) do material (principalmente no caso de produtos úmidos); composição nutricional, além do resultado que se pode esperar com a utilização do subproduto em questão.

Outra possível vantagem é uma maior flexibilidade de formulação das rações, pela disponibilidade de maior diversidade de alimentos; além disso, alguns subprodutos podem conter ingredientes especiais ou complementares aos já existentes, que proporcionam um “ajuste fino” da ração, possibilitando melhor desempenho dos animais. Como exemplo, poderíamos citar o resíduo de cervejaria, que possui alto teor de proteína não degradável no rúmen (PNDR), além de aminoácidos normalmente limitantes em rações baseadas em milho e soja, podendo auxiliar no balanceamento de rações de vacas leiteiras de alta produção. Outro exemplo seria a fibra de alta digestibilidade da polpa de citros e da casca de soja, dois alimentos energéticos que normalmente têm efeito associativo positivo quando utilizados em substituição a parte do milho (amido), em rações com alta inclusão de concentrados, trazendo benefício tanto à saúde quanto à produtividade animal.

Uma terceira vantagem refere-se ao processamento. A maioria dos subprodutos dispensa qualquer tipo de processamento (como a moagem), pois são comercializados em forma adequada ao uso (farelados ou peletizados). Isto também representa economia de mão-de-obra e energia. Em alguns casos, as características de armazenagem e conservação também são favoráveis. Como exemplo, podemos citar novamente a polpa cítrica e a casca de soja que, diferente do milho que normalmente substituem, não exigem cuidados especiais no que se refere ao controle de insetos e roedores, que podem promover perdas consideráveis se não expurgados periodicamente. Em pequenas propriedades, onde a mão-de-obra é limitada e o consumo é pequeno, a carga de um caminhão pode levar meses para ser consumida. Nesta situação, estas vantagens de armazenamento têm grande valia.

Dentre os diversos subprodutos disponíveis no mercado, com bom potencial para inclusão em rações de vacas em lactação, o presente trabalho avaliou a utilização de três alimentos, o farelo de glúten de milho 21 (FGM-21), a casca de soja (CS) e o farelo de trigo (FT).

O FGM-21 é um subproduto da indústria processadora de milho, cujos produtos principais são o amido purificado e o óleo de milho. Tecnicamente esse subproduto 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 $\frac{2}{3}$ de conteúdo fibroso e $\frac{1}{3}$ de licor concentrado de maceração. Uma das características mais favoráveis do FGM-21 é o seu teor de proteína, acima dos 20% da MS, associado a um bom teor energético. Quando esse alimento substitui os grãos de cereais em rações de bovinos, via de regra também se economiza em outros alimentos, especialmente nas fontes protéicas.

A CS é composta principalmente de fibra, que tem pouco valor na alimentação humana e no uso industrial. No entanto, suas características físico-químicas, a facilidade de aquisição em algumas regiões e seu preço competitivo, tornam a CS um alimento bastante interessante para rebanhos leiteiros. Em adição ao potencial para ser uma alternativa econômica, a substituição de grãos de cereais por CS em rações para vacas leiteiras pode contribuir para um ambiente ruminal mais

favorável para a digestão de fibra e menor risco de acidose. Alternativamente, a CS pode ser usada como uma fonte de fibra em substituição parcial ao volumoso.

Da produção da farinha de trigo para consumo humano resultam vários subprodutos, dentre eles o farelo, o gérmen e frações de aleurona do grão. Todos estes subprodutos são adequados para a alimentação animal, porém apenas o FT tem importância comercial no Brasil. De cada tonelada de trigo processado, 70 a 75% é convertida em farinha e o restante, 25 a 30% é transformada em subproduto com uso potencial na alimentação animal.

O FT contém normalmente 17 a 18% de proteína bruta (PB), 35 a 43% de FDN, 23 a 25% de amido e 70 a 80% de NDT. Sua proteína apresenta alta degradabilidade, e o alimento como um todo apresenta alta degradabilidade inicial quando comparado com outros subprodutos. Sua fibra apresenta efetividade mediana quando comparada com as forragens, porém mais alta que a da maioria das fibras dos alimentos concentrados, contribuindo para que o FT seja um alimento de alta aceitabilidade pelos animais, que pode ser incorporado facilmente às rações de ruminantes, desde que seja economicamente viável. Como o objetivo do processamento industrial é obter a farinha, esta basicamente constituída por amido, o FT concentra quase a totalidade dos minerais e vitaminas dos grãos, com teores relativamente constantes.

Uma das dificuldades que se encontra para avaliar o potencial de utilização desses alimentos em sistemas de produção de leite é o pequeno número de trabalhos de pesquisa realizados em nosso país, testando a substituição de fontes energéticas tradicionais, como os grãos de cereais, por diferentes subprodutos, especialmente para vacas de produção média mais elevada, acima dos 25 kg leite/dia. A maioria dos trabalhos revisados foi conduzida nos EUA. Nesses trabalhos sobre substituição do milho por FGM-21, CS ou FT, as rações controle continham normalmente apenas milho como concentrado energético e tinham teores médios a altos de amido. Nos 3 trabalhos presentes, as rações controle continham teores médios de milho e de amido (20% da MS) resultantes da combinação do cereal com polpa cítrica. Nas rações com substituição total do milho por um dos 3 subprodutos testados, estes estavam sempre

combinados com polpa cítrica, resultando em rações com teores baixos em amido, mas ricas em uma combinação de carboidratos de alto valor nutricional como açúcares, pectina e fibra de alta digestibilidade.

Nos últimos anos a polpa cítrica assumiu posição de destaque nas rações para vacas leiteiras, substituindo parcial ou totalmente o milho, nas principais bacias leiteiras do estado de São Paulo. Some-se a isso o fato de que há grandes diferenças entre as silagens feitas no Brasil e as de outros países. Via de regra o milho utilizado em nosso país é mais duro, com disponibilidade mais baixa do amido e maior teor de FDN. Além disso boa parte das rações experimentais utilizadas nos EUA contém feno ou silagem pré-secada de alfafa como volumoso, em conjunto com a silagem de milho, o que confere uma característica bem diferente a essas rações em relação às normalmente utilizadas no Brasil.

Dessa forma a realização do presente trabalho vai ao encontro da necessidade de se ter mais informações a respeito da utilização dos 3 subprodutos testados, em condições semelhantes às encontradas nas fazendas brasileiras, a fim de contribuir com informações que possam ser úteis na tomada de decisões pelos produtores de leite.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Subprodutos Agroindustriais

O termo subproduto foi originado para representar materiais resultantes de um processamento industrial, onde o principal produto final era outro. O termo traz alguma conotação negativa aos alimentos, que, quando analisados sob o prisma da nutrição de ruminantes, muitas vezes se traduzem em alimentos com qualidades excepcionais, como o farelo de soja, caroço de algodão, e muitos outros (WEST, 1994).

Um volume expressivo de subprodutos agroindustriais é produzido anualmente no Brasil, a partir do processamento de uma grande variedade de culturas para a produção de alimento ou fibra. Alguns são restritos a determinadas regiões, enquanto outros são facilmente encontrados em todo país. A utilização bem sucedida destes subprodutos é muitas vezes restringida pelo conhecimento limitado de suas características nutricionais e valor econômico como ingredientes para alimentação animal, bem como de dados de desempenho de animais consumindo este tipo de alimento.

Devido à sua capacidade de digestão de fibra, o ruminante aproveita alimentos impróprios para o consumo humano, prestando um grande serviço à humanidade, uma vez que elimina resíduos muitas vezes indesejáveis do ponto de vista ambiental, ao mesmo tempo em que gera produtos de alta qualidade (carne, leite, lã etc.). Mesmo assim, a incorporação de subprodutos nas rações de ruminantes requer um planejamento cuidadoso. Rações baseadas na utilização de subprodutos devem ser eficientes, econômicas e devem permitir desempenhos semelhantes aos proporcionados pelos demais alimentos que venham a substituir (CHANDLER, 1993).

A inclusão de fontes energéticas alternativas em rações para vacas leiteiras, especialmente os subprodutos da agroindústria, tem como principal objetivo baixar os custos de alimentação, mantendo os níveis de produção de leite. Normalmente, os subprodutos entram na ração em substituição a algum outro alimento mais tradicional (como milho e soja) (WEST, 1994). No entanto, qualquer que seja o motivo da

utilização, certamente o principal fator considerado na avaliação é uma possível vantagem econômica, seja por uma redução direta no custo da alimentação, ou por um melhor desempenho animal, resultante de melhor eficiência alimentar.

Analisando sob outro enfoque, a utilização de subprodutos agroindustriais vem ao encontro dos anseios das atuais políticas ambientais que, de forma crescente, e com tendência a se fortalecer cada vez mais, vêm acompanhando de perto a eliminação de produtos potencialmente poluentes pelas indústrias (HARRIS, 1992). O crescimento demográfico, aliado às crises de abastecimento, principalmente nos países em desenvolvimento, aumenta a discussão sobre a competição entre humanos e animais domésticos por alimentos nobres. Neste sentido, o estudo e utilização de fontes alternativas de alimentos são de fundamental importância.

Outro benefício da utilização desses alimentos pode ser a redução no teor de amido das rações, com concomitante aumento nos teores de fibra digestível, contribuindo para melhoria do ambiente ruminal. É inquestionável a importância do amido na alimentação de vacas leiteiras. Em qualquer sistema de produção, grãos de cereais, em especial o milho, representam a principal fonte de energia em rações de vacas leiteiras, e o principal constituinte desses grãos é o amido. Com o aumento da produção média dos rebanhos leiteiros, as vacas têm consumido quantidades cada vez maiores desse carboidrato, o que se por um lado é a principal forma de aumentar a densidade energética das rações, a fim de atender à demanda produtiva dos animais, por outro representa um risco para a saúde das vacas. É fato notório que o consumo elevado de amido aumenta muito o risco de ocorrência de acidose ruminal, que normalmente resulta em prejuízos significativos ao desempenho dos animais.

Dentre as várias possibilidades, três subprodutos da indústria alimentícia – Farelo de Glúten de Milho, Casca de Soja e Farelo de Trigo – despontam como alternativas interessantes para substituir, pelo menos em parte, os grãos de cereais das rações de vacas em lactação.

2.1.1 Farelo de Glúten de Milho - 21

O Farelo de Glúten de Milho (FGM-21) é um subproduto do processamento industrial do milho, obtido pela separação e secagem das fibras dos grãos 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 purificado e xarope de milho, sendo $\frac{2}{3}$ de conteúdo fibroso e $\frac{1}{3}$ 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 à indústria.

O processo industrial para obtenção do FGM-21 foi descrito por PEDROSO & CARVALHO (2004)¹ e tem início com a chegada do milho à indústria, e sua limpeza para retirada de impurezas, palhas e outros materiais, através de peneiras e ciclones, ou por sopradores pneumáticos, além de separadores magnéticos para separação de peças metálicas. Em seguida, os grãos vão para tanques de aço inoxidável, chamados maceradores, onde recebem água sulfitada a 45-50°C em corrente contínua, com o SO₂ transformando-se em H₂SO₃, promovendo a assepsia do processo, além de evitar a germinação e auxiliar no amolecimento dos grãos. O tempo aproximado de maceração é de 42 horas, com o milho absorvendo água até atingir 50% de umidade.

A água de maceração com cerca de 6% de sólidos é posteriormente evaporada até atingir 45-50% de matéria seca. Dessa forma, eventualmente, pode ser comercializada a granel para o setor de alimentação animal, ou também em tambores, como meio de cultura para fermentações industriais ou isca atrativa no combate à mosca de frutas em pomares.

Em seguida a massa de grãos advinda dos tanques de maceração é moída em moinhos de disco, indo para os hidrociclones para separação do germe, que sofre a extração de seu óleo comestível de alta qualidade, via solvente; deste processo resulta um co-produto denominado Torta de Germe, ou Germe Desengordurado de Milho.

¹ PEDROSO, A. M.; CARVALHO, M. P., (2004) – *Utilização de Subprodutos na Alimentação de Ruminantes com Eficiência Técnica e Econômica – Curso Online Agripoint*

O restante do material originado dos hidrociclones é constituído de amido, glúten e casca, que após uma segunda moagem em moinhos de disco, resulta em uma pasta. Esta passa por uma série de sarilhos e peneiras vibratórias ou por centrífugas verticais, que recolhem as cascas, deixando passar o amido e o glúten. As cascas são desaguadas por prensagem, sendo posteriormente misturadas com a água de maceração concentrada, e eventualmente com a torta de germe, dando origem ao FGM-21.

O amido e o glúten, em suspensão aquosa, são separados em centrífugas verticais de alta rotação. Este último, na forma de pasta, é seco e moído, transformando-se no co-produto denominado Farelo de Glúten de Milho-60. O amido é então filtrado e seco, podendo ser utilizado em sua forma natural ou transformado em glicose, maltose, dextrinas e amidos modificados, como ingredientes na fabricação de inúmeros produtos industriais, alimentícios e não alimentícios.

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 principalmente FGM-21 na forma seca, contendo um mínimo de 21% de proteína bruta (PB) na MS. Apresenta-se sob a forma farelada, contendo em média 90% de MS (tabelas 2.1 e 2.2).

Tabela 2.1 – Níveis de garantia para a composição do FGM-21

Níveis de Garantia (% da matéria original)	Mínimo	Máximo
Umidade	-	12
Proteína	21	-
Extrato Etéreo	1	-
Matéria Fibrosa	-	10
Matéria Mineral	-	8

Fonte: Corn Produtos Brasil

Tabela 2.2 – Níveis complementares do FGM-21

Proteína não degradável no rúmen, % da MS	22
Proteína solúvel, % da MS	48
FDA, % da MS	12
FDN, % da MS	45
FDN efetivo, % da MS	36
NDT (animais em manutenção) , % da MS	74
ELI (Mcal / kg)	1,73

Fontes: NRC (1989); NRC (2001);

A FDN (fibra em detergente neutro) do FGM-21 é caracterizada pela alta e rápida digestão *in vitro* (GREEN et al., 1987) e degradabilidade *in situ* (FIRKINS, et al., 1985). A taxa de desaparecimento é de 5,13% / hora (*in vitro*) e 5,1 e 4,7 % / hora (*in situ*) para FGM-21U (úmido) e FGM-21S (seco), respectivamente. A digestibilidade do FDN gira em torno de 61 a 68 %, o que caracteriza a fração fibrosa deste produto como de alta qualidade.

O produto apresenta valores mais altos de FDN do que os alimentos concentrados tradicionais. Embora a concentração de FDN esteja relacionada com a ingestão de matéria seca, de maneira que valores altos de FDN na ração possam limitar o consumo, isto não deve ocorrer caso este FDN seja proveniente de FGM-21, uma vez que sua fibra é caracterizada por rápida e extensa degradabilidade. Uma prova disto é o

fato de vacas em lactação aparentemente compensarem com aumento de consumo, os menores valores de energia líquida para lactação de rações baseadas em FGM-21, quando comparadas com rações à base de milho grão, resultando em consumos de 1,5 a 1,8 kg de FDN/100 kg de peso vivo (FELLNER & BELYEA, 1991), acima dos valores obtidos quando o FDN é em sua maioria proveniente de forragem (1,0 a 1,3 kg FDN/100 kg de peso vivo).

HOPKINS & WHITLOW (2002) mostram que o FGM-21 pode ser utilizado tanto como fonte de energia como de proteína, e que sua fração protéica é altamente degradável no rúmen, mas apresenta deficiência de lisina. FELLNER & BELYA (1991) dizem que em função de suas características – pobre em gordura e amido, e bastante rico em fibra altamente digestível – o FGM-21 constitui-se numa ótima alternativa para inclusão em rações baseadas em grãos e silagem de milho. Segundo os autores, por apresentar concentrações mais elevadas de fibra em detergente ácido (FDA) e FDN do que os grãos de cereais, a utilização do FGM pode restringir a concentração energética e limitar o consumo das rações. Entretanto os teores reduzidos de amido e elevados de fibra digestível podem ajudar a manter o pH ruminal em níveis mais desejáveis, otimizando a digestão da fibra, o que pode compensar possíveis diferenças na digestibilidade total das rações.

2.1.2 Casca de Soja

A Casca de Soja (CS), fina película que envolve os grãos, é um sub-produto da indústria processadora de soja, principalmente o óleo de soja e lecitina. A CS é obtida numa das primeiras etapas do processamento quando os grãos são quebrados e as cascas retiradas por aspiração.

O processo industrial para obtenção da CS foi descrito por BLASI et al. (2000) e se inicia com um pré-processamento para limpeza dos grãos. Depois de passar por um conjunto de peneiras para separar o material estranho e partículas finas, os grãos de soja são quebrados em um rolo para a obtenção de partículas menores.

Isso facilita a remoção das cascas e também o processamento futuro dos grãos. Após essa etapa inicial, toda a casca e uma parte das partículas menores dos grãos são removidas por aspiração. Em seguida as cascas passam por um separador, sendo divididas em três categorias: (1) cascas grandes com pedaços de grãos, (2) cascas pequenas com pedaços de grãos e (3) partículas finas.

Essas últimas voltam para a etapa inicial, enquanto as cascas e frações de grãos passam para a segunda etapa de descascamento, durante a qual as cascas são totalmente separadas dos pedaços de grãos e encaminhadas para um tostador para eliminar a atividade de urease. Em seguida, as cascas são moídas até o tamanho de partículas desejado, e podem ser deixadas soltas ou peletizadas para aumentar a densidade e facilitar o transporte.

Para cada tonelada de soja moída para extração do óleo, obtêm-se, aproximadamente 180 kg de óleo, 710 kg de farelo 48%, e são originados cerca de 50 kg de cascas (5%). Quando é produzido o farelo com 46% de proteína, a quantidade de cascas disponível é muito pequena, sendo assim, nem todas indústrias de óleo têm casca disponível por não estarem aparelhadas para produção do farelo 48%. De qualquer maneira, considerando o volume de soja produzido no Brasil, a disponibilidade potencial da casca é muito grande.

A CS consiste basicamente de fibra, o que desperta pouco ou nenhum interesse industrial pelo produto, mas é justamente o conjunto de características físico-químicas da CS que a tornam interessante para uso em rações de ruminantes (IPHARRAGUERRE & CLARK, 2003). A composição bromatológica básica da casca de soja pode ser vista na tabela 2.3, com as variações citadas por três diferentes fontes. Parte da variação pode estar relacionada à variedade de soja processada, ou ainda, ser função da pureza do material. Junto à casca, sempre se encontra alguma porcentagem de grãos. Portanto, a capacidade da indústria em isolar as cascas influi na composição do produto. O maior teor de proteína é sempre encontrado em material que carregue maior porcentagem de grãos, porém não se deve confundir a casca com a “bandinha” ou varredura de soja, que carregam maior porcentagem de partes dos grãos.

Tabela 2.3 - Composição bromatológica da casca de soja segundo várias fontes

NUTRIENTE	CONCENTRAÇÃO (% da matéria seca)				
	1	2	3	CV ^{3,4}	DP ^{3,5}
Matéria Seca	90,9	---	---		
Proteína Bruta	13,9	11,8	11,8	9,8	1,1
Extrato Etéreo	2,7	2,7	2,5	35,7	0,9
Matéria Mineral	4,8	---	5,33	10,0	0,54
FDN	60,3	65,6	64,4	5,9	3,8
FDA	44,6	47,7	46,6	6,2	2,9
Carboidratos não fibrosos ⁶	5,3	7,9	16,1	19,5	3,1
NDT ⁷	67,3	---	62,4	7,1	4,5
Energia Líquida de Lactação ⁸	1,46	---	1,43	8,2	0,05
Energia Líquida de Manutenção	1,58	---	1,41	11,0	0,07
Energia Líquida de Ganho	0,98	---	0,84	17,1	0,06
Lignina	2,5	---	3,7	46,5	1,7
Proteína não degradável (% PB)	39,9	---	11,0	12,7	0,2
Proteína solúvel (% PB)	22,5	---	17,8	3,5	0,7

1 - NRC (2001);

2 – Ipharraguerre & Clark (2003);

3 – Hinders (2000);

4 – CV = Coeficiente de variação (%);

5 – DP = Desvio Padrão (%);

6 - Calculados como: $100 - (MM+PB+EE+FDN)$;

7 - Calculado para consumo de manutenção;

8 - Calculado para consumo de 3x a manutenção.

Na revisão de HINDERS (2000), onde 17 subprodutos tiveram sua composição avaliada através de repetidas análises, a casca de soja figurou entre os de maior variação no teor de nutrientes entre as diferentes partidas. Isto pode ser observado na tabela 2.3, nos altos coeficientes de variação dos diferentes nutrientes, com à exceção dos teores de fibra (FDA e FDN) que apresentaram valores mais constantes. Como pode ser observado, a CS possui baixo teor protéico, constituindo-se

num alimento basicamente energético. A peculiaridade é que, de forma semelhante ao FGM-21, essa energia é oriunda de seu alto teor de fibra de alta digestibilidade.

Segundo MIRON et al. (2001), cerca de 80% da MS da CS é composta por carboidratos, principalmente polímeros de glicose, e a maior parte desses carboidratos (75%) é derivada da fração FDN. Além disso, a CS apresenta baixos teores de ácidos ferúlico e p-cumárico, que são os principais monômeros fenólicos envolvidos nas ligações entre a hemicelulose e a lignina.

O valor nutricional da CS depende da taxa de digestão ruminal e da taxa de passagem para o trato posterior (IPHARRAGUERRE & CLARK, 2003). Dados de experimentos *"in situ"* apresentados pelos autores mostram que os microrganismos ruminais são capazes de promover extensa fermentação da CS. Em sete estudos a fração FDN da CS foi fermentada a uma taxa de 5,5%/h, e em quatro estudos o desaparecimento total do NDF foi de 90% em 96h de incubação.

2.1.3 Farelo de Trigo

O Farelo de Trigo (FT) é um subproduto do processamento dos grãos de trigo para produção de farinha para consumo humano. Suas partículas contêm diferentes proporções de endosperma, fibra e germe de trigo, em combinação com amido e frações protéicas solúveis no processo primário de separação. Durante o processamento industrial do trigo, cerca de 70 a 75% da massa de grãos é convertida em farinha, sendo que os 25 a 30% restantes são considerados subprodutos, normalmente comercializados como FT.

O processo de obtenção do FT foi descrito resumidamente por BLASI et al (1998). Inicialmente os grãos que chegam à indústria passam por um processo de limpeza, para remoção de materiais estranhos e impurezas. Em seguida adiciona-se água aos grãos limpos a fim de amolecer o endosperma, o que facilita o processamento industrial. Depois dessa etapa, os grãos amolecidos passam por uma sequência de

pares de rolos corrugados para que sejam quebrados em partículas menores. Cada par de rolos na sequência tem distância menor entre eles e corrugações menores para permitir a separação completa entre a fração fibrosa e o endosperma.

Essa porção fibrosa normalmente contém o germe dos grãos. Em seguida, esse material passa por um aspirador para retirada de partículas muito pequenas das cascas, produzindo um material intermediário, mais purificado, que ainda contém partes da casca e do germe. Esse material é encaminhado para outra sequência de rolos menores, não corrugados, a fim de reduzir o tamanho de partículas e retirar as partículas remanescentes de casca e germe, até que se obtenha a farinha purificada.

O FT é obtido a partir do material que não é encaminhado para a última sequência de rolos, sendo composto basicamente por finas partículas das cascas, germe, e uma pequena porção do endosperma amiláceo (BLASI et al., 1998).

Como o foco da indústria é o endosperma dos grãos, rico em amido, o subproduto é composto basicamente pela fibra, células da aleurona e parte do germe, resultando num alimento com teor energético elevado e bom teor protéico. O FT contém teores mais elevados de fibra, proteína e minerais do que os grãos integrais, com teores menores de amido e energia (BLASI, et al., 1998).

Segundo SOARES et al. (2004), o FT é rico em fibras e seu consumo pode melhorar a fisiologia intestinal do animal. Entretanto, a ingestão excessiva do subproduto pode provocar um efeito laxante indesejável para os animais, o que torna necessário o conhecimento de sua interação com os demais ingredientes da ração.

A tabela 2.4 traz a composição bromatológica básica do farelo de trigo, de acordo com a literatura internacional. É fácil observar que sua composição é relativamente constante. É um alimento com composição mediana em praticamente tudo: proteína, fibra e energia. No Brasil os valores médios não diferem dos apresentados na tabela e têm relativa padronização (PRATES, 1995).

Também em nosso país o FT possui cerca de 17% de PB na matéria seca (15% na matéria original). Esta proteína tem grande degradabilidade ruminal, sendo boa

parte solúvel, apresentando alta degradabilidade inicial quando comparado à fração protéica de outros subprodutos fibrosos (PEREIRA, 2005).

O teor de fibra é mediano e há predominância da hemicelulose (60-65% da FDN), carboidrato de digestão mais lenta. Sua fibra parece ter efetividade relativamente alta, mas como o tamanho médio das partículas é baixo, não é de se esperar que a fibra do FT estimule significativamente a mastigação (DHUYVETTER et al., 1999). VAUGHAN et al. (1991), comparou a efetividade do farelo de trigo em relação à silagem de alfafa e chegou ao coeficiente de 0,57, ou seja, 57% da FDN do trigo é efetiva (adotando a FDN da silagem de alfafa como referência - 100%).

Tabela 2.4 - Composição bromatológica média do farelo de trigo

Nutriente	Concentração (% da MS)	
	1	2
Matéria Seca	89,3	---
Proteína Bruta	18,5	17,3
Proteína não degradável (% PB)	20,7	---
Proteína degradável (% PB)	79,3	---
Proteína solúvel (% PB)	---	35,8
Extrato Etéreo	4,5	4,3
FDN	36,7	35,7
FDA	12,1	12,2
Lignina	4,2	4,3
Carboidratos não estruturais ³	35,6	37,8
Açúcares	---	6,5
Amido	---	31,3
NDT ⁴	73,3	73,1
Energia Líquida de Lactação ⁵	1,67	1,72
Matéria Mineral	5,0	5,02

1 - NRC (2001);

2 - Hinders (2000);

3 - Calculados como: $100 - (MM+PB+EE+FDN)$;

4 - Calculado para consumo de manutenção;

5 - Calculado para consumo de 3x a manutenção.

Apesar de o FT ser utilizado largamente na alimentação de bovinos, são escassas na literatura informações quanto aos seus efeitos sobre a produção e composição do leite.

2.2 Amido e grãos de cereais

2.2.1 Características do amido

Segundo THEURER (1992), o amido é o principal nutriente utilizado para se conseguir níveis elevados de produtividade pelos ruminantes, e representa 70-80% da maioria dos grãos de cereais. Como o milho é o principal cereal utilizado nos alimentos concentrados para vacas leiteiras no Brasil, o amido constitui-se na fonte energética mais importante em sistemas intensivos de produção de leite, sendo fundamental conhecer a fundo suas características e aproveitamento pelos animais.

O grão de milho inteiro apresenta baixa digestibilidade do amido, com grande perda deste nutriente nas fezes de vacas leiteiras. ROONEY & PFLUGFELDER (1986) dizem que a estrutura e composição do amido, e suas interações com outros nutrientes têm papel importantíssimo na determinação da digestibilidade e valor nutricional dos grãos de cereais.

O amido é um polissacarídeo de reserva energética das plantas superiores. É uma molécula heterogênea, composta por dois polímeros principais, a amilose e a amilopectina (KOTARSKY et alii, 1992; ROONEY & PFLUGFELDER, 1986). Um componente secundário chamado de amilose ramificada também pode estar presente.

A amilose é um polímero linear contendo de 900 a 3000 unidades de D-glicose, unidas por meio de ligações tipo α -1,4. Seu peso molecular pode variar de 1000-2000 até mais de 500.000 (LEHNINGER, 1984). A proporção de amilose na molécula de amido pode variar de 0 a 80%, dependendo da espécie vegetal e das variações genéticas dentro de cada espécie. De maneira geral, o amido de grãos de cereais contém 20-30% de amilose (ROONEY & PFLUGFELDER, 1986). A natureza essencialmente linear da amilose lhe confere habilidade de formar complexos com ácidos graxos, álcoois de baixo peso molecular e iodo. Dependendo da concentração, grau de polimerização e temperatura a amilose pode cristalizar espontaneamente em solução aquosa (BANKS & MUIR, 1980).

A amilopectina é uma molécula bem maior e bastante ramificada, formada por 10^4 - 10^5 unidades de D-glicose unidas numa cadeia linear por ligações α -1,4, apresentando pontos de ramificação a cada 20-25 unidades de D-glicose, onde ocorrem ligações tipo α -1,6 (KOTARSKI et alii, 1992; ROONEY & PFLUGFELDER, 1986). A estrutura resultante é bastante organizada, apesar de parecer ramificada aleatoriamente. De acordo com Manners (1985), citado por ROONEY & PFLUGFELDER (1986), a amilopectina possui três tipos de cadeias, chamadas de "A" (não ramificadas), "B" (ramificadas) e "C" (cadeia central, com um grupo redutor final). As estimativas do peso molecular da amilopectina começam em 1.000.000.

A amilopectina representa 70-80% do amido da maior parte dos grãos de cereais. As cadeias "A" tendem a ser curtas e fracas, podendo formar um complexo marrom-avermelhado com o iodo. O grau de ramificação da amilopectina varia entre espécies e dentro das mesmas, e tem influência nas propriedades do amido.

A amilose ramificada pode corresponder até a 10% de alguns amidos, mas ainda está pouco caracterizada, devido às dificuldades de isolá-la (Whistler et al., 1984 e Banks & Greenwood, 1975, citados por ROONEY & PFLUGFELDER, 1986). Segundo BANKS & MUIR (1980) a amilose ramificada possui um ponto de ramificação a cada 1000 unidades de D-glicose.

A molécula da amilose possui estrutura helicoidal, enquanto a da amilopectina possui estrutura esférica, altamente organizada (MELLO JR., 1991). Ambos os polímeros ficam depositados dentro das células do endosperma dos grãos, na forma de grânulos semicristalinos (pseudo-cristais). Estes possuem duas regiões distintas, uma organizada (cristalina), formada basicamente por amilopectina, e outra relativamente desorganizada (amorfa), formada por amilose (KOTARSKI et alii, 1992; ROONEY & PFLUGFELDER, 1986). Dentro dos grânulos, os polímeros são unidos por pontes de hidrogênio, o que lhes confere uma estrutura tal que, conforme a chamada Teoria Unitária, citada por BANKS & MUIR (1980), pode-se supor que os grânulos de amido contenham um único polissacarídeo complexo. De qualquer forma, a natureza estrutural do amido e de seus componentes está longe de ser simples, tanto que, mais

recentemente, os métodos químicos de determinação das estruturas da amilose e amilopectina, particularmente a metilação, têm sido abandonados, dando lugar a métodos enzimáticos que fornecem análises mais detalhadas (KAINUMA, 1988).

A região cristalina, ou micelar, dos grânulos de amido é resistente à entrada de água e ao ataque enzimático. Ela confere aos grânulos uma capacidade de provocar rotação num plano de luz polarizada, chamada de birefringência, exibindo uma sombra característica, semelhante à "Cruz de Malta" (ROONEY & PFLUGFELDER, 1986). Presume-se que algumas cadeias "A" da amilopectina formem uma dupla-hélice nessa região.

A região amorfa, também chamada de fase gel, apresenta densidade mais baixa que a região cristalina, e permite a entrada de água bem como o ataque enzimático. Todos os fatores que causam modificações físico-químicas no amido atacam em primeiro lugar a região amorfa (ROONEY & PFLUGFELDER, 1986).

A forma, tamanho e distribuição percentual da amilose e amilopectina variam entre espécies e cultivares de plantas. Os chamados cultivares "cerosos" de grãos de cereais possuem até menos de 1% de amilose em sua estrutura (Guilbot & Mercier, 1985 e Williams, 1968, citados por KOTARSKI *et alii*, 1992). Apesar disso, cultivares normais e "cerosos" de milho exibem padrões similares de hidrólise enzimática, o que é uma evidência sólida de que a amilopectina é o principal componente estrutural dos grânulos de amido.

2.2.2 Grãos de cereais em rações de vacas leiteiras

Com o objetivo de otimizar a utilização do amido dos grãos de cereais para bovinos, várias formas de processamento de grãos têm sido estudadas. Segundo CARMO (2005) os tipos de processamento usados com mais frequência para grãos de cereais são: moagem, laminação, laminação a vapor (mecânicos), micronização, pipoca, tostagem (calor a seco), colheita precoce, reconstituição (processamento úmido), explosão, floculação e floculação sob pressão (processamento com vapor). SIMAS (1996) afirma que os métodos mais eficientes para aumentar a digestibilidade

do amido dos grãos são a floculação, micronização, pipoca, reconstituição seguida de moagem e colheita precoce seguida de moagem. ZINN et al. (1995) concluíram que o processamento do milho é o primeiro fator que influencia o local e a extensão da digestão de amido.

A principal forma de processamento de grãos de cereais para bovinos no Brasil é a moagem (CARMO, 2005). Este processamento aumenta a digestibilidade do amido no rúmen e trato digestivo total, devido a um rompimento da matriz protéica e aumento da área superficial. A moagem fina dos grãos de milho tem resultado em valores de digestibilidade do amido maior que a laminação, porém menor que a floculação ou dos grãos de alta umidade (HUNTINGTON, 1997; THEURER et al, 1999a).

Para vacas em confinamento, o processamento do milho através da floculação e silagem de grãos úmidos tem se mostrado superior à moagem grosseira ou laminação, a seco ou com vapor (HUNTINGTON, 1997; THEURER et al., 1999). A ensilagem de grãos úmidos é vantajosa em relação ao processamento seco como a moagem ou laminação, pois resulta em maior digestibilidade do amido e maior NDT do cereal. Isto se deve à colheita do cereal no campo antes da formação total das matrizes protéicas que envolvem os grânulos de amido, e ao processo de proteólise durante a ensilagem. A floculação destrói de forma efetiva a matriz protéica, que limita a digestão do endosperma amiláceo. Também ocorre gelatinização do amido e aumento da área superficial do grão.

Estudos com vacas em pastagens foram conduzidos para comparar diferentes formas de processamento de grãos, tais como milho de alta umidade (SORIANO et al., 2000; ALVAREZ et al., 2001; REIS et al., 2001; WU et al., 2001), milho floculado com densidade de 290 (BARGO et al., 1998) ou 360 g/L (DELAHOY et al., 2003), laminado a vapor com densidade de 591 g/L (REIS & COMBS, 2000). A maioria dos estudos não relatou diferenças no CMS de pasto ou CMS total quando estas formas de processamento foram comparadas com milho laminado ou moído. Em apenas um trabalho a produção de leite foi maior para a fonte de alta degradabilidade (WU et al., 2001). A ausência de resposta ao processamento de milho para vacas em

pastagens difere dos dados consistentes revisados por THEURER et al. (1999) com vacas mantidas em confinamento. Doses muito altas de milho, entre 8 a 10 kg/vaca/dia, podem ter resultado em excesso de amido degradável no rúmen nos tratamentos com grãos processados mais intensamente e afetado o desempenho das vacas.

2.2.3 Substituição do milho por fontes energéticas alternativas em rações de vacas leiteiras

2.2.3.1 Substituição do milho por farelo de glúten de milho (FGM-21)

BLASI et al. (2001) compilaram 5 estudos onde o FGM-21 substituiu parcialmente o concentrado e 6 estudos onde o FGM-21 substituiu parte do concentrado e parte da forragem da ração. As rações continham silagem de milho, feno de alfafa, silagem de alfafa, silagem de gramíneas ou combinações dessas forragens. Nos 5 estudos onde o FGM-21 substituiu apenas o concentrado, ele foi incluído nas doses entre 10 a 40% da MS das rações. Nestes trabalhos, o CMS não foi afetado em 3 estudos, foi aumentado em 1 e reduzido em 1 pelo FGM-21. A produção de leite corrigido para gordura não foi alterada em 2, aumentou em 2 e diminuiu em 1 estudo. No estudo onde houve efeito negativo na produção de leite, este ocorreu apenas na comparação onde o FGM-21 foi incluído em dose elevada na ração (40% da MS). Neste caso também houve redução no CMS.

Nos 6 estudos onde o FGM-21 substituiu parte do volumoso e parte do concentrado, não houve efeito em CMS e produção de leite corrigido para gordura em 5 estudos. Em apenas 1 estudo houve aumento em CMS e produção de leite corrigido para gordura. Segundo BLASI et al. (2001), o FGM-21, quando utilizado em substituição parcial ao concentrado ou ao concentrado e volumoso, não tem grande efeito no desempenho de vacas leiteiras e pode se constituir em uma alternativa de custo vantajoso em relação à mistura milho + farelo de soja em determinadas épocas do ano.

Trabalho conduzido recentemente no Departamento de Zootecnia da ESALQ, com vacas mantidas em pastagens de capim elefante manejadas

intensivamente (Martinez, comunicação pessoal, citado por SANTOS et al. 2005) resultou em dados concordantes com os de BLASI et al. (2001). O autor testou diferentes formulações para o concentrado, nos quais o FGM-21 substituiu o milho em grãos em 3 níveis, 25, 50 e 75%, e não se observou alteração na produção nem na composição do leite com a inclusão do subproduto.

Ao estudar a inclusão de FGM-21U em rações de vacas em lactação, como substituto de parte do volumoso, (silagem de milho e silagem pré-secada de alfafa), e parte do concentrado, (grãos de cevada e farelo de soja), SCHROEDER (2003) observou que a inclusão de FGM-21U em níveis até 45% da MS, não alterou a produção de leite, leite corrigido para gordura ou leite corrigido para sólidos. O autor determinou que o nível ótimo de inclusão do FGM para máxima produção de leite foi de 18,6% da MS.

KONONOFF et al. (2006) avaliaram a inclusão do FGM-21U em rações de vacas leiteiras em substituição a parte do volumoso (silagem de milho, feno de alfafa e silagem pré-secada de alfafa) e parte do concentrado (à base de milho moído, farelo de soja e caroço de algodão), ao longo de uma lactação completa, e observaram aumento na produção de leite, leite corrigido para 3,5% de gordura e produção total de proteína no leite. O teor de gordura tendeu a cair, mas a produção total de gordura do leite aumentou com a inclusão do subproduto, à taxa de 37,9% da MS total da ração. O CMS também aumentou com a inclusão do FGM-21U, sendo o aumento na produção creditado ao aumento no CMS. Também não se observou alterações nos parâmetros reprodutivos ou sanitários dos animais que receberam o FGM-21.

FERDINAND et al. (2001) observaram que a inclusão de 20% FGM úmido, em base seca, substituindo 10% do feno de alfafa, 5% da silagem de milho, e 5% dos grãos de milho, resultou em tendência de aumento de consumo de matéria seca da ordem de 1,3 a 1,8 kg/vaca/dia, e de aumento na produção de leite da ordem de 3,6 a 4 kg/vaca/dia.

Em estudo com vacas em lactação, DeLOST et al. (1989) mostraram que a substituição de 25% da MS da ração (silagem e grãos de milho) por FGM-21 seco não

afetou a produção de leite, mas causou um pequeno aumento no consumo de matéria seca, e redução no teor de gordura do leite. Mesmo assim, os resultados sugerem que pode ser economicamente interessante a inclusão do FGM como parte da ração.

BLASI et al. (2001) concluíram que o fornecimento do subproduto em substituição a uma parte do concentrado ou forragem, em rações contendo silagem de alfafa, silagem de milho, feno de alfafa, ou uma combinação desses volumosos pode aumentar o consumo e a produção de leite, mas de forma geral não afeta estes parâmetros. O único efeito negativo observado pelos autores foi em um trabalho em que o FGM-21U substituiu somente o concentrado, mas em nível de inclusão equivalente a 40% da MS da ração.

Em trabalho no qual se adicionou 20% de FGM-21S na MS da ração, com ou sem tamponante, em substituição à silagem de milho e farelo de soja, foram verificados aumentos na produção de leite da ordem de 3 a 4 kg de leite/dia nas rações com FGM-21S e 1% de bicarbonato de sódio, quando comparadas a uma ração com 49% de volumoso (34% de silagem de milho e 15% de silagem de alfafa, da MS da ração) sem tamponante. Menores aumentos (1,5 a 2 kg de leite/dia) foram observados quando se comparou rações contendo FGM-21 com rações com baixa proporção de volumoso – 35% (20,5% da MS da ração de silagem de milho), porém com tamponante (FIRKINS et al., 1991).

Trabalhando-se com vários níveis de inclusão de FGM-21 (10 a 36% na MS) na ração, a produção de leite não foi afetada quando o produto substituiu parte do concentrado (ARMENTANO et al. 1986; ARMENTANO & DENTINE, 1988; GUNDERSON et al., 1988), ou parte do concentrado e da silagem de milho, chegando-se a somente 19% de silagem de milho na MS da ração (BERNARD, et al., 1991).

Os resultados referentes à ingestão são pouco conclusivos. Encontram-se casos de queda de consumo da matéria seca com FGM-21U, embora a % MS da ração tenha sido superior a 50% (SARWAR et al., 1988; FELLNER et al., 1988), não alteração (ARMENTANO & DENTINE, 1988; BERNARD et al., 1991; GUNDERSON et al., 1988) e mesmo aumento do consumo da matéria seca (DeLOST et al., 1989; FIRKINS et al.,

1991; FLECK et al., 1988; HANNAH et al., 1990; KONONOFF et al., 2006), com a inclusão de FGM-21 úmido ou seco.

O aumento no consumo de matéria seca quando o FGM-21 foi fornecido em elevadas quantidades foi justificado pela alta taxa de passagem deste subproduto (KAMPMAN et al., 1989; KONONOFF et al., 2006). FERDINAND et al. (2001) observaram que a inclusão de 20% FGM-21 úmido, em base seca, substituindo 10% do feno de alfafa, 5% da silagem de milho, e 5% dos grãos de milho, resultou em tendência de aumento de consumo de matéria seca da ordem de 1,3 a 1,8 kg/vaca/dia. Vale ressaltar que esses resultados são opostos ao observado por BLASI et al. (2001).

No trabalho de FELLNER & BELYEA (1991), com o aumento da inclusão de FGM-21U (21,2%; 38,5%; 57,1% da MS) houve um aumento quadrático na digestibilidade da MS em relação à ração sem FGM-21U. Entretanto, para o nível de 57,1% de inclusão, a digestibilidade caiu abaixo da ração controle, indicando que talvez este nível seja excessivo. O FGM-21U entrou substituindo o concentrado constituído de milho, trigo e farelo de soja.

Substituindo parte da silagem de milho, milho grão e concentrado da ração de vacas lactantes por FGM-21, úmido e seco, (27,1% MS da ração), a digestibilidade aparente dos nutrientes (MS, FDA, FDN) foi superior para os tratamentos com o subproduto, ou tendeu a um aumento (no caso da PB). Para este nível de inclusão, os valores de digestibilidade foram superiores quando o FGM-21 foi fornecido na forma seca (BERNARD et al., 1991).

FIRKINS et al. (1985) observaram que o maior tamanho de partícula do FGM-21U provavelmente estimularia mais a ruminação e a capacidade tamponante do que o FGM-21S. Com adição de bicarbonato de sódio, a ligeira depressão na atividade de ruminação observada com forma seca foi compensada, estimulando a digestão da FDN. Neste caso, o uso de tamponantes em conjunto com FGM-21 parece aumentar a digestibilidade da FDN em relação à ração sem FGM-21, além de promover um benefício adicional à produção de leite.

A combinação de 1% de bicarbonato de sódio com a inclusão de 20% da MS da ração na forma de FGM-21S, em substituição a 40% da silagem de milho e 50% do farelo de soja, mantém os teores de fibra efetiva em níveis adequados, mesmo com a diminuição da FDN proveniente da silagem de milho. Todas as rações testadas continham 15% de silagem de alfafa, da matéria seca da ração total (FIRKINS et al., 1991).

Aumentos na digestibilidade da FDN e hemicelulose também foram verificados com a inclusão de 20, 30, e 40 % de FGM-21U, em substituição ao concentrado – milho grão e farelo de soja (SARWAR et al., 1991). Embora a FDN do FGM-21 seja digerida rapidamente, ela se apresenta como um concentrado fino e, provavelmente, leva a um aumento na taxa de passagem, acarretando decréscimos na digestibilidade quando fornecido em quantidades elevadas.

Embora a inclusão de grandes proporções de FGM-21 possa reduzir a concentração de energia líquida para lactação em rações altamente energéticas, seus efeitos benéficos na fermentação ruminal podem anular esta redução. Isto pode ocorrer pelo fato de que os baixos níveis de amido e os altos níveis de fibra digestível possivelmente mantenham o pH ruminal em níveis mais elevados, favorecendo a digestibilidade da fibra (FELLNER & BELYEA, 1991). É o que se denomina efeito associativo do alimento no trato digestivo. Em outras palavras, suas características melhoram o aproveitamento da ração como um todo, especialmente para animais de alto desempenho, submetidos a rações ricas em grãos.

O que se verifica é que com a inclusão de altos níveis de FGM-21 nas rações de bovinos, em substituição parcial a volumosos, ocorre uma queda na concentração molar de acetato e aumento na de propionato, o que foi observado por vários autores (FELLNER & BELYEA, 1991; FIRKINS et al., 1985; FLECK & LUSBY, 1986; FLECK et al., 1988; JASTER ET AL., 1984; OHAJURUKA & PALMQUIST, 1989). Entretanto, há relatos de que quando o FGM-21 entrou na ração (de 20 a 40% da MS total) substituindo milho grão e soja, houve um aumento na concentração molar de acetato e diminuição na de propionato (SARWAR et al., 1991), provavelmente devido à menor concentração de amido da ração. O FGM-21 tende a diluir a concentração de amido em

rações ricas em grãos, minimizando quedas acentuadas no pH após as refeições e, portanto, melhorando o ambiente ruminal, reduzindo problemas de acidose, laminite e possibilitando aumento de desempenho. Esta característica é muito interessante para animais de alta produção de leite e animais de corte confinados, que estão sujeitos a estes problemas.

Dos constituintes do leite, a porcentagem de gordura via de regra é mais afetada com a inclusão de FGM-21 nas rações, fato relacionado à alteração na concentração molar de acetato e propionato (BERNARD et al., 1991). Em alguns casos, foi observada redução apenas na porcentagem de gordura do leite quando se forneceu FGM-21S, embora esta não tenha sido afetada quando foi utilizada a forma úmida; a produção de leite corrigido para 4% de gordura não foi alterada (BERNARD et al., 1991; DeLOST et al., 1989). Nestes experimentos, não foi medida a concentração molar de acetato e propionato, impossibilitando a verificação da correlação deste parâmetro com a gordura do leite. Em outro experimento, a porcentagem de gordura não foi afetada, assim como os demais constituintes do leite; neste caso a relação acetato / propionato não se alterou, como era de se esperar (FIRKINS et al., 1991).

Altas quantidades de FGM-21 na ração (40 a 60% da MS da ração) promoveram aumento na porcentagem de proteína do leite (FELLNER & BELYEA, 1991), aspecto bastante interessante face à possibilidade de remuneração do leite pelo teor deste nutriente. Em outro trabalho, porém, nenhum constituinte do leite foi alterado significativamente (BELYEA & FELLNER, 1994). Em geral, efeitos sobre a composição do leite são poucos expressivos com a inclusão do FGM-21.

Em situações nas quais as características nutricionais e físicas do FGM-21 podem atuar no sentido de melhorar a digestibilidade, o ambiente ruminal ou mesmo o nível nutricional da ração, quando comparado a uma ração sem este produto, a produção de leite normalmente responde positivamente. Mesmo em alguns casos onde não ocorra resposta na produção de leite, o FGM-21 atua como um produto alternativo e competitivo no balanceamento de rações. De maneira geral, a resposta dos animais ao FGM-21 parece estar mais relacionada com as particularidades de cada situação, do que a um comportamento padrão para todas as condições. Há necessidade de adequar

o nível de inclusão do produto, estudar a estratégia de substituição dos componentes da ração e as características do rebanho. Uma vez utilizado adequadamente, este alimento possui alto potencial para melhorar o desempenho dos animais.

2.2.3.2 Substituição do milho por casca de soja

Muito embora o teor energético atribuído à CS seja inferior ao do milho, semelhante ao que ocorre com outros subprodutos fibrosos, como a polpa cítrica e o FGM-21, muitos experimentos têm demonstrado que na maioria dos casos em que esta substituição é feita (1 parte de CS por 1 parte de milho), o desempenho dos animais não se altera. Isto seria consequência do efeito associativo positivo que a substituição de parte do amido por fibra de alta digestibilidade teria na digestão da fibra dos demais ingredientes, gerando um saldo energético positivo, que compensaria o menor valor energético da CS.

Isto foi comprovado pelo trabalho de MACGREGOR et al. (1976) que, numa ração à base de silagem de alfafa, substituíram o milho moído por CS em níveis de até 53,7% e não observaram diferenças no CMS, ingestão de matéria seca digestível, produção de leite corrigido para 4% de gordura (19,0 L em média), teor de gordura do leite (média de 4,1%), digestibilidade da matéria seca (média 64%) ou produção de ácidos graxos voláteis no rúmen. Os autores mencionam que a digestibilidade das frações fibrosas aumentou nas duas rações contendo CS. Na ração exclusivamente com milho, a digestibilidade da FDN foi de 47,6%, aumentando para 62,6 e 61,6%, conforme o nível de casca de soja aumentou na ração. Efeito semelhante foi observado para a fração FDA. Isto demonstra claramente o efeito associativo positivo na digestão da fibra. Os autores concluíram que a CS forneceu a mesma quantidade de energia líquida para lactação que o milho.

Seguindo esta mesma linha de trabalho, NAKAMURA & OWEN (1989), forneceram uma ração completa (50% silagem de alfafa e 50% concentrado) a 12 vacas holandesas de alta produção, na qual a CS substituiu 0, 50 e 95% do milho no concentrado, preparado na forma de um pellet de 4,8 mm. A média de ingestão de

matéria seca foi de 23,7 kg/dia e foi semelhante para as três rações. A produção de leite foi respectivamente de 29,8; 28,9 e 27,3 kg/dia, com teor de gordura de 3,13; 3,33 e 3,49%, o que resultou em produção similar de leite corrigido para 3,5% de gordura e eficiência alimentar. A digestibilidade da matéria seca foi superior para as rações com milho (70%) e milho-casca (69%) em comparação com a exclusiva de CS (61%). Os autores também concluíram que o valor energético da CS é semelhante ao do milho em concentrados peletizados.

Em um estudo com vacas holandesas de alta produção, IPHARRAGUERRE et al. (2002) testaram a substituição dos grãos de milho por CS em taxas de 10, 20, 30 e 40%, em base seca, sendo que as rações continham silagem de milho e silagem de alfafa como fonte de volumoso (46% da MS). Não houve diferenças significativas na produção de leite ou no CMS, quando se comparou a ração controle com a média das rações com CS. Dentre as rações com CS, observou-se uma redução linear ($P < 0,06$) no CMS à medida que se aumentava o teor do subproduto.

BERNARD & McNEILL (1991), trabalharam com vacas holandesas no meio da lactação e testaram a substituição de parte dos grãos de milho, farelo de soja e silagem de milho com 22% de CS em base seca e não observaram alterações no CMS nem na produção e composição do leite. De maneira semelhante, COOMER et al. (1993) utilizaram a CS para substituir parte do milho e trigo, alterando o teor de carboidratos não estruturais (CNE) das rações, e também não observaram diferenças no CMS, nem produção e composição do leite.

ASSIS et al. (2004) substituíram o milho em grãos por CS em diversas proporções em rações para vacas leiteiras confinadas produzindo em média 29,5 kg/d de leite, e não observaram efeitos sobre a ingestão de MS, produção ou composição do leite.

O teor de gordura do leite não se correlacionou com a concentração de CS na ração, ou com o teor de FDN proporcionado pela CS em 10 dos estudos revisados por IPHARRAGUERRE & CLARK (2003). Quando a CS é utilizada como substituto de grãos de cereais, os dados parecem indicar que a FDN proveniente da CS é efetiva

para manter, ou até aumentar o teor de gordura do leite. No entanto, a falta de consistência nos efeitos da CS sobre a produção e teor de gordura do leite resultou em uma correlação não significativa entre a quantidade de CS utilizada e a produção de leite corrigido para gordura. Em 2 de 4 estudos onde a casca de soja aumentou o teor de gordura do leite (NAKAMURA & OWEN, 1989; PANTOJA et al., 1994), a produção de leite diminuiu e a produção de leite corrigido para gordura não diferiu.

Com relação ao teor de proteína do leite, a substituição dos grãos de cereais por CS diminuiu significativamente esse parâmetro nos trabalhos de FIRKINS & EASTRIDGE (1992), SARWAR et al. (1992) e PANTOJA et al. (1994). SARWAR et al. (1992) dizem que esta resposta pode ser parcialmente explicada pelo reduzido teor de CNE das rações que contém altos níveis de CS, o que pode limitar a síntese de proteína microbiana no rúmen, reduzindo o aporte de proteína metabolizável para o ID, limitando a disponibilidade de AA na glândula mamária.

2.2.3.3 Substituição do milho por farelo de trigo

É muito difícil encontrar na literatura trabalhos que comparem especificamente a utilização do FT em relação a outros alimentos, especialmente grãos de cereais. Em muitos estudos este ingrediente é avaliado em misturas com outros subprodutos fibrosos, como fonte alternativa de fibra de maior digestibilidade, em substituição à parte do volumoso.

BERNARD et al. (1988), estudaram a influência de várias fontes de fibra digestível na fermentação ruminal e metabolismo protéico. A fermentação ruminal do FDN não foi diferente entre o FT e o FGM-21, quando analisados separadamente. A combinação destas duas fontes de fibra aumentou a digestão em aproximadamente 12%. A rápida degradação ruminal da fibra destes alimentos diminuiu a quantidade de proteína que chegou ao abomaso e produziu maior concentração de isoácidos no fluido ruminal.

DHUYVETTER et al. (1999) ressaltam que, por conter níveis elevados de fibra e níveis baixos de amido, em a grãos de cereais, o FT pode ser uma alternativa interessante em rações de bovinos, principalmente quando se utiliza altos níveis de concentrado, esperando-se menor incidência de distúrbios digestivos. Os autores afirmam que o subproduto pode ser um excelente suplemento para vacas sob pastejo, principalmente quando a forragem é de baixo valor nutritivo. A proteína do FT é altamente degradável no rúmen, sendo utilizada com eficiência por ruminantes consumindo forragens de baixa qualidade, que via de regra são deficientes em proteína degradável no rúmen.

BERNARD & MCNEILL (1991) também testaram a resposta produtiva e digestibilidade de rações com vários subprodutos fibrosos. Parte da silagem de milho, dos grãos de milho e do farelo de soja do concentrado foram substituídos por FGM-21, CS ou FT à taxa de de 22% da matéria seca. As rações eram isoprotéicas e isoenergéticas. O CMS foi diminuído quando as vacas consumiram o FT, comparado à ração controle e à CS. A digestibilidade da MS e da fibra foi inferior para a ração com FT. No entanto, os autores não observaram diferenças no consumo, produção de leite, leite corrigido para gordura, produção e teor de gordura no leite, produção e teor de proteína no leite, e produção e teor de lactose no leite, comparando animais recebendo FT com os que receberam a ração controle, contendo concentrado tradicional, a base de milho moído e farelo de soja (tabela 2.5).

Tabela 2.5 - Efeito de diferentes subprodutos no desempenho e digestibilidade de rações de vacas em lactação.

Item	Controle	FGM-21	CS	FT	EPM
<i>Consumo, kg/dia</i>					
Matéria Seca	21,3 ^{de}	22,0 ^{de}	22,5 ^d	21,2 ^e	0,4
Proteína Bruta	3,4	3,5	3,5	3,3	0,1
FDA	3,3 ^b	3,5 ^b	5,6 ^a	3,4 ^b	0,1
FDN	7,0 ^c	7,5 ^{bc}	9,6 ^a	7,7 ^b	0,2
<i>Digestibilidade Aparente, %</i>					
Matéria Seca	75,7 ^d	74,9 ^{de}	76,1 ^d	72,6 ^e	0,8
Proteína Bruta	75,5	73,6	75,5	74,1	1,1
FDA	52,9 ^b	53,3 ^b	61,8 ^a	43,4 ^c	1,3
FDN	60,1 ^b	58,1 ^{bc}	65,1 ^a	53,9 ^c	1,3
<i>Produção</i>					
Leite, kg/dia	27,7	28,6	27,7	27,9	0,4
Gordura, %	3,50	3,50	3,67	3,47	0,06
Proteína, %	3,39 ^{ab}	3,44 ^a	3,32 ^b	3,38 ^{ab}	0,02

Adaptado de Bernard & Mcneill (1991)

Médias na mesma linha com letras a,b, c diferentes diferem ($P < 0,01$) e letras d, e diferentes diferem ($P < 0,05$)

EPM = erro padrão da média

Nesta mesma linha de trabalho, MILLER et al. (1990), substituíram parte da silagem (mistura de gramínea com leguminosa) por uma mistura de vários subprodutos fibrosos, com predominância da polpa de beterraba (28,8% da MS) e FT (25% da MS). As rações eram isoprotéicas (17% de PB) e isoenergéticas (1,72 Mcal EL_L/kg). O objetivo foi estudar a substituição de FDN de baixa taxa de desaparecimento no rúmen por FDN de alta taxa de desaparecimento. Os animais que receberam a ração com subprodutos produziram mais leite (35,2 x 32,1 kg/dia), com maior teor de proteína (1,13 x 0,97 kg/dia) e consumiram mais FDN (1,16 x 1,05 % do peso vivo) e FDA (0,58 x 0,51% do PV). O CMS e o peso vivo não diferiram entre os tratamentos.

Já ACEDO et al. (1987) formularam concentrados com 0, 20 e 40% e 0, 40 e 60% de FT em dois experimentos. A produção de leite das vacas que receberam 20 ou 40% de FT foi semelhante à das vacas controle, mas a produção das que receberam 60% de FT no concentrado diminuiu. O teor de gordura no leite foi semelhante em todos os grupos.

SOARES et al. (2004) testaram a substituição do milho moído fino (fubá) por FT, em três níveis de inclusão na ração, 14,55, 29,12, e 43,69% da MS do concentrado, correspondentes a 4,30, 8,60 e 12,90% da MS total da ração. Esses níveis corresponderam a 33, 67 e 100% de substituição do milho respectivamente. Em todos os tratamentos foi mantida a relação 70% de volumoso (silagem de milho) e 30% de concentrado. Com o aumento dos níveis de FT na ração, houve decréscimo linear ($P < 0,05$) da digestibilidade aparente da MS, MO, carboidratos totais (CT) e PB, provavelmente em virtude do aumento do teor de FDN da ração, à medida que se elevaram os níveis de FT. No entanto, os consumos de MO, PB, EE, CT e NDT não foram influenciados pelos níveis de FT das rações, bem como não se observou efeito da inclusão do FT sobre a produção e composição do leite.

3 SUBSTITUIÇÃO DO MILHO EM GRÃOS POR FARELO DE GLÚTEN DE MILHO NA RAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS EM CONFINAMENTO

Resumo

Trinta vacas holandesas no terço médio de lactação (DEL = 159) do Departamento de Zootecnia da ESALQ-USP, Piracicaba-SP, foram utilizadas para avaliar a substituição do milho moído por farelo de glúten de milho, para vacas em lactação recebendo ração completa contendo silagem de milho como volumoso principal. O período experimental teve duração de 42 dias, divididos em 3 períodos de 14 dias cada. Os tratamentos testados foram: 100% milho moído (FGM0), 50% milho moído + 50% farelo de glúten de milho (FGM10), e 100% farelo de glúten de milho (FGM20). Os parâmetros analisados foram: ingestão de matéria seca, produção e composição do leite e concentração de nitrogênio uréico no leite. Os animais foram dispostos em 10 Quadrados Latinos 3x3, de acordo com a produção de leite, dias em lactação e paridade. Os dados foram analisados pelo PROC GLM do Programa Estatístico SAS, versão 8.2. A ingestão de MS (21,19 kg/d), a produção de leite (24,88 kg/d), a produção de leite corrigido para 3,5% de gordura (25,34 kg/d), o teor de gordura (3,62%), e o teor de sólidos totais (11,86%) não foram afetados pelos tratamentos ($P > 0,10$). A inclusão do FGM-21 afetou os teores de proteína e lactose do leite e a concentração de nitrogênio uréico do leite ($P < 0,05$).

Abstract

SUBSTITUTION OF CORN GLUTEN FEED FOR CORN GRAIN IN CONFINED LACTATING COWS DIETS

Thirty mid lactating Holstein cows (159 DIM), from the Animal Science Department of the University of São Paulo - ESALQ, Piracicaba-SP, were used to evaluate the substitution of corn gluten feed for corn grains in total mixed diets

containing corn silage as the main forage. Experimental period lasted 42 days, divided in three periods of 14 days each. Treatments were: 100% ground corn (FGM0), 50% ground corn + 50% corn gluten feed (FGM50), and 100% corn gluten feed (FGM100). The parameters evaluated were: dry matter intake, milk yield and composition and milk urea N concentration. Cows were randomly assigned in 10 replicated 3x3 Latin Square, according to milk yield, days in milk and parity, and data were analyzed using the GLM procedure of SAS, version 8.2. Treatments did not affect ($P>0.05$) daily DMI (21.19 kg/d), milk yield (24.88 kg/d), FCM yield (25.34 kg/d), milk fat content (3.62%), and milk total solids (11.86%). Inclusion of FGM-21 affected milk protein, lactose and urea concentrations ($P<0.05$).

3.1 Introdução

De maneira geral, os grãos de cereais, em especial o milho, representam a principal fonte de energia em rações para vacas leiteiras de alta produção. No entanto, o custo dessas fontes tradicionais de alimento tem se tornado limitante à rentabilidade dos sistemas de produção animal em muitas épocas do ano, face à grande oscilação sazonal de preços que se observa em nosso país.

A inclusão de fontes energéticas alternativas, especialmente os subprodutos da agroindústria em rações para vacas leiteiras, tem como principal objetivo baixar os custos de alimentação, mantendo desempenho animal. Outro benefício da inclusão de subprodutos pode ser a redução no teor de amido das rações, com concomitante aumento nos teores de fibra digestível, contribuindo para melhoria do ambiente ruminal. Dentre as várias possibilidades, o Farelo de Glúten de Milho (FGM-21) desponta como alternativa muito interessante para substituir, pelo menos em parte, o milho em grãos das rações de vacas em lactação.

A caracterização geral do produto indica que o FGM-21 pode substituir parte do concentrado em rações de bovinos, principalmente para animais de menor exigência. Existem indicações de que animais de alta produção podem necessitar alimentos com melhor perfil de aminoácidos. Por possuir uma fração fibrosa de alta digestibilidade, é

um alimento indicado para ser utilizado juntamente com volumoso de baixa digestibilidade.

O FGM-21 pode ser considerado um bom fornecedor de energia em rações para bovinos em substituição parcial da fonte energética (STAPLES, et al., 1984). Segundo FIRKINS et al. (1985) o valor energético do FGM-21 equivale a 92-95% o do milho. No entanto, em muitos trabalhos onde o subproduto substitui os grãos de milho em rações para vacas em lactação, não há prejuízo ao desempenho dos animais.

FELLNER & BELYEA (1991) dizem que em função de suas características - pobre em gordura e amido, e bastante rico em fibra altamente digestível - o FGM-21 constitui-se numa ótima alternativa para inclusão em rações baseadas em grãos e silagem de milho. Segundo os autores, por apresentar concentrações mais elevadas de FDA e FDN do que os grãos de cereais, a utilização do FGM pode levantar questões sobre a concentração energética e limitações ao consumo das rações. Entretanto os teores reduzidos de amido e elevados de fibra digestível podem ajudar a manter o pH ruminal em níveis mais desejáveis, otimizando a digestão da fibra, o que pode compensar possíveis diferenças na digestibilidade total das rações.

O produto apresenta valores mais altos de FDN do que os alimentos concentrados tradicionais. Embora a concentração de FDN esteja relacionada com a ingestão de matéria seca, de maneira que valores altos de FDN na ração possam limitar o consumo, isto não deve ocorrer caso este FDN seja proveniente de FGM-21, uma vez que sua fibra é caracterizada por rápida e extensa degradabilidade. Uma prova disto é o fato de vacas em lactação aparentemente compensarem com aumento de consumo, os menores valores de EL_L de rações baseadas em FGM-21, quando comparadas com rações à base de milho grão, resultando em consumos de 1,5 a 1,8 kg de FDN/100 kg de peso vivo, acima dos valores obtidos quando o FDN é em sua maioria proveniente de forragem (FELLNER & BELYEA, 1991).

No entanto, a maioria dos trabalhos em que se comparou a substituição do milho por ingredientes alternativos foi realizada nos EUA, utilizando-se feno ou silagem pré-secada de alfafa, e silagem de milho de alta qualidade como volumosos, sendo que

os resultados obtidos com a utilização de volumosos com características diferentes podem não ser os mesmos. Além disso, na quase totalidade dos trabalhos revisados, em que se estudou a substituição do milho por FGM-21, as rações controle continham teores elevados de milho, sem a presença de outros subprodutos energéticos como a polpa cítrica. Em nenhum dos trabalhos revisados foi possível comparar rações com teores médios de amido (20% da MS) resultantes da combinação entre milho e polpa cítrica com rações com teores baixos de amido (7,2% da MS) mas ricas em outros carboidratos também de alta digestibilidade ruminal como açúcares, pectina e fibra de alta digestibilidade, resultantes da combinação entre polpa cítrica e FGM-21.

O presente trabalho tem o objetivo de contribuir com informações a respeito da utilização do FGM-21 em condições semelhantes às encontradas em diversas fazendas do sudeste brasileiro, que utilizam silagem de milho de qualidade mediana, e onde a combinação de milho e polpa cítrica vem substituindo o uso exclusivo de milho como principal energético das rações. Desta maneira foi possível comparar o desempenho de vacas leiteiras recebendo rações com teores médios de milho e de amido (20% da MS) com o desempenho de vacas recebendo rações sem milho no concentrado, com teores baixos de amido (menor que 10%) mas ricas em carboidratos de alta digestibilidade ruminal como açúcares, pectina e fibra de alta digestibilidade.

Estudou-se a inclusão de três teores de FGM-21 (0, 10 e 20% da MS total) em substituição parcial ou total ao milho moído, em rações contendo polpa cítrica, e seus efeitos sobre a produção e composição do leite, consumo de matéria seca e parâmetros sanguíneos.

3.2 Material e métodos

3.2.1 Local e animais

O experimento foi conduzido nas instalações do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), em Piracicaba – SP, entre os meses de fevereiro e março de 2003. As

instalações constaram de um sistema de confinamento do tipo "free-stall" com quatro divisórias com 14 baias cada. Neste ensaio utilizaram-se apenas três das quatro divisórias disponíveis. Foram utilizadas 30 vacas da raça Holandesa, com peso vivo médio de 543 kg, período médio de lactação de 159 dias e produção média de leite de 24,5 kg/d. Todos os animais receberam injeções de somatotropina bovina recombinante (Lactotropin®) a cada 10 dias.

3.2.2 Tratamentos

Foram estudados teores crescentes de inclusão do FGM-21 em substituição ao milho moído, nas rações de vacas em lactação, recebendo silagem de milho como volumoso principal. Os tratamentos testados foram:

- FGM 0:** sem inclusão do FGM-21 e 20% de milho na MS da ração completa.
- FGM 10:** ração com 10% de FGM-21 e 10% de milho moído na MS da ração completa.
- FGM 20:** ração com 20% de FGM-21 na MS da ração completa e sem milho moído.

As rações foram formuladas através do programa NRC (2001) para serem isoprotéicas. Os ingredientes utilizados foram silagem de milho, feno de gramínea, milho moído fino, polpa cítrica peletizada, FGM-21, farelo de algodão, uréia, suplemento mineral e vitamínico e bicarbonato de sódio (Tabela 3.1). Como ao longo de experimento foram utilizadas diferentes partidas de milho, polpa cítrica e farelo de algodão houve diferenças na composição das rações experimentais em relação às formuladas, bem como ligeira variação nos teores de PB entre as rações experimentais, que foram formuladas em relação às partidas iniciais dos ingredientes. O teor de FDN das rações foi superior ao planejado devido à utilização de silagem de milho colhida em área que sofreu falta de chuva e prejudicou a granação das espigas.

Tabela 3.1 - Composição das rações experimentais

	<i>Tratamentos</i> ¹		
	FGM 0	FGM 10	FGM 20
<i>Ingredientes, % da MS</i>			
Silagem de milho	30,00	30,00	30,00
Feno de gramínea	10,00	10,00	10,00
Milho moído fino	20,00	10,00	-
FGM-21	-	10,00	20,00
Polpa cítrica	17,46	18,76	20,07
Farelo de algodão	18,28	17,45	16,58
Uréia	0,87	0,44	0,00
Supl. Min. Vit. ²	2,65	2,65	2,65
Bicarbonato de Na	0,70	0,70	0,70
<i>Composição química</i>			
PB, % da MS ³	17,30	17,40	17,50
FDN, % da MS ³	41,10	44,70	48,30
FDN forragem, % da MS ³	27,00	27,00	27,00
CNF, % da MS ³	35,50	31,80	28,00
Amido, % da MS ³	20,17	13,80	7,46
EE, % da MS ³	2,30	2,10	1,90
NDT, % da MS ⁴	66,83	65,44	64,03
EL _L , Mcal/kg MS ⁴	1,50	1,49	1,49

¹ FGM 0 = sem inclusão de FGM-21 e 20% de milho na MS da ração completa; FGM 10 = 10% de FGM-21 e 10% de milho moído na MS da ração completa; FGM 20 = 20% de FGM-21 na MS da ração completa e sem milho moído;

² Composição do Supl. Min. Vit.: Ca, 16,81%; P, 4,20%; S, 2,29%; Na, 11,56%; Cl, 8,06%; Mg, 2,67%; Co, 38,2 ppm; Cu, 343,83 ppm; I, 30,58 ppm; Fe, 578,94 ppm; Mn, 1146,15 ppm; Se, 15,30 ppm; Zn, 1184,20 ppm; Vit. A, 68.760 UI/kg; Vit. D₃: 57.300 UI/kg; Vit. E, 764 UI/kg; Rumensin, 0,60 %.

³ Valores obtidos com base nos resultados das análises químico-bromatológicas dos ingredientes;

⁴ Valores estimados de acordo com NRC (2001);

3.2.3 Período experimental e colheita de dados

O período pré-experimental teve a duração de 14 dias, durante o qual todas as vacas receberam a mesma ração. A produção de leite durante este período, o estágio de lactação e ordem de parição foram usados para agrupar as vacas nos tratamentos experimentais. O período experimental teve a duração de 42 dias divididos em três subperíodos de 14 dias. Os 11 primeiros dias de cada subperíodo foram destinados à adaptação dos animais às rações e os outros três para colheita de dados.

Os animais foram pesados e a condição corporal foi avaliada no início e final de cada período experimental, utilizando-se a escala de 1 a 5 de acordo com WILDMAN et al. (1982).

Os animais foram ordenhados duas vezes ao dia, às 6:00 e 18:00h e as produções de leite individuais registradas nos últimos três dias de cada subperíodo, através de medidores do tipo "Mark V". Amostras de leite de cada vaca foram colhidas também nestes dias, na ordenha da tarde, e analisadas para gordura, proteína, lactose, sólidos totais pelo processo de infravermelho através do analisador Bentley 2000 (Bentley Instruments®) e nitrogênio uréico pelo analisador ChemSpec 150 (Bentley Instruments®) junto ao Laboratório da Clínica do Leite do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP.

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, às 6:00 e 18:00h e as sobras de alimento foram pesadas e descartadas diariamente antes do fornecimento do período da tarde. O consumo de alimento foi medido diariamente em grupo, por tratamento, durante os últimos três dias de colheita de dados de cada subperíodo.

A silagem foi amostrada semanalmente e os outros alimentos no início de cada período de colheita de dados, sendo as amostras de silagem armazenadas a -18°C. Sub-amostras da silagem foram secas imediatamente após a amostragem, a 105°C por 24 horas, para determinação da MS, a fim de se proceder ao ajuste da formulação das rações. Após o período experimental, as amostras foram secas a 55°C (em estufa com circulação forçada de ar por 72 horas) e analisadas para MS (três horas

em estufa a 105°C), matéria orgânica (MO) (três horas em mufla a 600°C), FDN e FDA de acordo com VAN SOEST et al. (1991), proteína bruta (PB) de acordo com AOAC (1990), e amido segundo método descrito por POORE et al. (1993).

No último dia de cada subperíodo, quatro horas após alimentação, amostras de sangue foram colhidas da veia coccígea utilizando-se tubos providos de vácuo, contendo antiglicolítico e anticoagulante. As amostras foram centrifugadas em 2000 g por 20 minutos, armazenadas a -18°C, para posterior determinação das concentrações de glicose através do Analisador Bioquímico YSI 2700S (Yellow Springs Instrument Co. Inc., Ohio, USA).

3.2.4 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento estatístico utilizado foi o de Quadrados Latinos (QL) 3x3 repetidos. Foram utilizados 30 animais distribuídos em 10 QL, agrupados em cada QL de acordo com o número de lactações (múltiparas ou primíparas), a produção de leite e os dias em lactação, medidos durante o período pré-experimental.

Os dados de consumo foram analisados como 1 QL simples, onde cada lote de animais de cada tratamento foi considerado a unidade experimental, em virtude do consumo de alimento ter sido medido em grupo e não individualmente.

Os dados foram analisados pelo PROC GLM (General Linear Models) do programa estatístico SAS (2000), versão 8.2 para Windows. Foi feita a análise de regressão polinomial de 1° e 2° grau. Considerou-se o nível de significância de 5% para a probabilidade do teste F na análise de variância, e de até 10% como tendência.

Todos os dados foram testados para se verificar a distribuição normal dos erros, utilizando-se o PROC UNIVARIATE (SAS 2000). Os dados que apresentaram erros fora do intervalo entre ± 3 desvios foram descartados da análise estatística.

A tabela 3.2 mostra o resumo esquemático da análise de variância utilizado no delineamento em QL simples e com repetições, segundo GOMES (2000).

Tabela 3.2 - Resumo esquemático da análise de variância

Causas de variação	GL ¹	GL ²	GL ³
Repetições	9	4	-
Lote	-	-	2
Vaca dentro de repetição	20	10	-
Período	-	-	2
Período dentro de repetição	20	10	-
Tratamento	2	2	2
Resíduo	38	18	2
Total	89	44	8

Obs: causas de variação que não possuem graus de liberdade (indicadas por hífen) não foram incluídas no modelo matemático.

- ¹ Graus de liberdade associados à análise das seguintes variáveis: produção de leite, composição do leite e variação do escore de condição corporal (30 animais e 10 repetições).
- ² Graus de liberdade associados à análise da variável glicose plasmática (15 animais e 5 repetições).
- ³ Graus de liberdade associados à análise da variável consumo de matéria seca (QL simples 3x3).

3.3 Resultados e discussão

3.3.1 Composição química das rações e ingestão de matéria seca

Os dados da análise químico-bromatológica dos ingredientes são apresentados na Tabela 3.3. O teor de MS da silagem de milho (29,76%) ficou abaixo e o teor de FDN (65,75) acima do requerido para silagens de alta qualidade (NUSSIO, 1991). É provável que o material tenha sido ensilado antes do ponto ideal de colheita, ou que continha baixa proporção de grãos, ou ambos. A composição das rações foi estimada a partir dos resultados dos ingredientes, com exceção do valor de amido da polpa cítrica. Nestes cálculos o teor de amido da polpa cítrica foi considerado como sendo 0,5%, por estar mais próximo aos valores encontrados na literatura (CARMO, 2005).

Tabela 3.3 - Composição bromatológica dos ingredientes experimentais, em porcentagem da MS

Amostra	MS ¹	PB	FDN	FDA	NDT	Amido
Silagem de milho	29,76	10,76	65,75	39,92	62,94	13,28
Feno de gramínea	92,58	10,64	72,45	36,65	55,49	2,50
Milho moído	90,02	9,27	10,43	2,54	87,97	72,15
FGM-21	87,31	24,77	44,78	10,98	69,90	9,33
Polpa cítrica	89,29	7,96	24,97	15,23	73,80	0,50
Farelo de algodão	88,87	39,91	33,68	26,30	65,21	7,54

¹ MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; NDT = nutrientes digestíveis totais; valores de NDT estimados de acordo com NRC (2001).

Na Tabela 3.4 são apresentados os dados de ingestão de MS, produção e composição do leite, glicose plasmática e variação do escore de condição corporal das vacas para os tratamentos.

Tabela 3.4 - Consumo de matéria seca, produção e composição do leite, concentração de nitrogênio uréico no leite, e concentração de glicose plasmática para os diferentes tratamentos

Variável ¹	Tratamentos ²			EPM ³	P ⁴	
	<i>FGM 0</i>	<i>FGM 10</i>	<i>FGM 20</i>		<i>L</i>	<i>Q</i>
Leite (kg/d)	25,17	24,91	24,55	0,030	NS	NS
LCG 3,5 (kg/d)	25,23	25,31	25,47	0,410	NS	NS
CMS (kg MS/an./d)	21,03	22,32	20,22	0,820	NS	NS
Gordura (%)	3,52	3,60	3,74	0,076	0,074	NS
Gordura (kg/d)	0,88	0,88	0,91	0,022	NS	NS
Proteína (%)	3,05	2,99	3,00	0,012	0,004	0,017
Proteína (kg/d)	0,76	0,73	0,73	0,008	0,026	NS
Relação gord/prot	1,16	1,20	1,26	0,025	0,009	NS
Lactose (%)	4,40	4,34	4,35	0,011	0,002	0,019
Lactose (kg/d)	1,11	1,09	1,08	0,014	NS	NS
Sólidos totais (%)	11,85	11,82	11,92	0,075	NS	NS
Sólidos totais (kg/d)	2,98	2,94	2,92	0,040	NS	NS
Variação ECC (pontos)	+0,030	+0,029	+0,029	0,052	NS	NS
Variação ECC (%)	+1,37	+1,33	+1,34	0,421	NS	NS
NUL (mg/dL)	13,55	13,04	13,67	0,190	NS	0,024
GP (mg/dL)	49,29	48,13	47,93	1,055	NS	NS

¹ LCG 3,5 = produção de leite corrigida para 3,5% de gordura; ECC = escore de condição corporal; NUL = nitrogênio uréico no leite; GP = glicose plasmática.

² FGM 0 = sem inclusão de FGM-21 e 20% de milho na MS da ração completa; FGM 10 = 10% de FGM-21 e 10% de milho moído na MS da ração completa; FGM 20 = 20% de FGM-21 na MS da ração completa e sem milho moído;

³ EPM = Erro padrão da média.

⁴ Probabilidade dos contrastes para (L) efeito linear e (Q) efeito quadrático (desvio da linearidade) para os teores de farelo de glúten de milho 21 testados; NS = não significativo.

O consumo de matéria seca foi, em média, de 21,3 kg/vaca/dia, valor elevado para o nível de produção observado de 24,9 kg leite/dia, característico de vacas que se encontram do meio para o final da lactação.

Não se observou diferença significativa ($P>0,05$) no CMS entre os tratamentos, apesar de a variação numérica ser relativamente elevada. Esse padrão está de acordo com diversos trabalhos e revisões da literatura (ARMENTANO & DENTINE, 1988; BERNARD et al., 1991; GUNDERSON et al., 1988), mas um número grande de trabalhos mostra aumento no CMS com a inclusão do FGM-21 em rações de vacas leiteiras (BLASI et al., 2001; DeLOST et al., 1989; FIRKINS et al., 1991; FLECK et al., 1988; HANNAH et al., 1990; KONONOFF et al., 2006; McLEOD et al., 1985; VAN BAALE et al., 1999), o que pode ser explicado por um aumento na taxa de passagem ou na digestibilidade das rações com o subproduto. No entanto, na maior parte desses trabalhos revisados, o FGM-21 substituiu parte do volumoso. Em geral, os dados disponíveis a respeito do FGM-21 sobre o CMS de rações de vacas leiteiras são pouco conclusivos.

3.3.2 Produção e composição do leite e parâmetros sanguíneos.

No presente trabalho, a produção de leite não foi afetada pelos tratamentos ($P>0,05$), apesar de haver uma redução numérica na produção com a inclusão do FGM-21 nas rações. Na literatura há trabalhos que mostram aumento na produção de leite com a utilização do subproduto (BLASI et al., 2001; FIRKINS et al., 1991; KONONOFF et al., 2006). Nesses casos também se observou aumento no CMS, de forma que o aumento na produção de leite pode ser creditado à maior ingestão de alimentos e não necessariamente à inclusão do FGM-21 nas rações.

Já FIRKINS et al. (1991), McLEOD et al. (1985) e VANBAALE et al. (1999) mostraram aumento na produção de leite corrigido para gordura com a inclusão do subproduto nas rações. Neste trabalho, apesar de haver tendência para aumento no teor de gordura do leite, não se observou efeito dos tratamentos sobre a produção de leite corrigido para 3,5% de gordura. Mesmo não havendo diferenças na produção de leite entre os tratamentos, a redução numérica nos valores desse parâmetro parece ter contribuído para não haver diferença na produção de LCG 3,5%, mesmo com o aumento no teor de gordura do leite.

Outros trabalhos não demonstraram efeitos do FGM-21 sobre a produção de leite (ARMENTANO & DENTINE, 1988; BERNARD et al., 1991; BERNARD & MCNEILL, 1991; DeLOST et al., 1989; FERDINAND et al., 2001; GUNDERSON et al., 1988; SCHROEDER, 2003), apesar de as rações com alta inclusão de FGM-21 apresentarem menor valor energético do que rações tradicionais, com alta inclusão de grãos de cereais. No presente ensaio os valores de EL_L praticamente não diferiram entre os tratamentos, mas a concentração de NDT diminuiu com a inclusão do FGM-21, e mesmo assim a produção de leite se manteve, o que está de acordo com os trabalhos supra citados.

Com relação ao teor de gordura do leite, houve tendência de aumento linear com doses crescentes de FGM-21 na ração ($P < 0,10$), mas não houve efeito sobre a produção total de gordura. Isso possivelmente se deveu à maior concentração de FDN e menor concentração de amido nas rações com o subproduto. Rações com maior concentração de fibra efetiva estimulam mais a ruminação que rações ricas em CNF e com menor teor de FDN efetiva, o que sabidamente está associado ao aumento no teor de gordura do leite. Apesar da tendência de aumento no teor de gordura com a inclusão de FGM-21 nas rações, a produção total de gordura no leite não foi diferente entre os tratamentos, devido aos valores numéricos menores observados para a produção de leite nessas rações.

De maneira geral, os dados da literatura mostram pouca variação na composição do leite nos trabalhos em que se avaliou a utilização do FGM-21 em rações de vacas leiteiras. Uma das dificuldades na interpretação dos resultados é que há muita variação entre as rações experimentais, e ora o FGM-21 entra substituindo parte do volumoso, ora parte do concentrado e, em muitos casos, parte de ambos. BLASI et al. (2001) revisaram 11 trabalhos envolvendo 23 tratamentos diferentes nos quais o FGM-21 perfazia de 12 a 60% da MS total das rações, e mostraram que os efeitos da inclusão do subproduto sobre a produção e composição do leite geralmente são pequenos.

Em trabalho recente, KONONOFF et al. (2006) mostraram queda no teor de gordura do leite quando o FGM-21 substituiu parte do volumoso e parte do concentrado.

No entanto, como nesse trabalho houve aumento na produção de leite com a inclusão do subproduto, não houve diferenças na síntese total de gordura no leite. Respostas similares foram obtidas por BODDUGARI et al. (2001) e WICKERSHAM et al. (2004). Já VANBAALE et al. (2001) observaram que a substituição de parte do volumoso e parte do concentrado pelo FGM-21 não alterou o teor de gordura, mas resultou em maior síntese de gordura no leite, uma vez que a produção de leite foi maior na ração que continha o subproduto.

Os dados obtidos neste ensaio mostraram que a substituição do milho moído pelo FGM-21 apresentou efeitos linear ($P < 0,01$) e quadrático ($P < 0,05$) sobre o teor de proteína e efeito linear ($P < 0,05$) sobre a produção total de proteína do leite, sendo que as rações que continham o subproduto apresentaram valores significativamente menores que os da ração controle, apesar de a variação numérica ter sido pequena. Esse resultado é discordante de boa parte dos dados disponíveis na literatura (ALVES et al., 2005; BLASI et al., 2001; KONONOFF et al., 2006; SCHROEDER, 2003; VANBAALE et al., 2001; WICKERSHAM et al., 2004) que não mostram alterações nos parâmetros relacionados à proteína do leite com a inclusão do FGM-21 às rações de vacas leiteiras. No entanto cabe ressaltar que nesses trabalhos o subproduto substituiu parte do concentrado e parte da forragem.

Num trabalho em que o FGM-21 substituiu apenas o concentrado (BODDUGARI et al., 2001) também se observou queda no teor de proteína e síntese de proteína no leite, mas o nível de inclusão do subproduto nas rações experimentais nesse trabalho foi superior ao utilizado no presente ensaio, chegando a 45% da MS total. Com o nível mais baixo de inclusão, 21,9% da MS, não se observou diferenças entre os tratamentos para os parâmetros de proteína do leite. Os autores creditam a queda no teor e síntese de proteína do leite à redução no consumo de MS observado com o aumento no teor de FGM-21 nas rações, e à menor disponibilidade de proteína metabolizável, especialmente para a ração com o maior nível de inclusão do subproduto.

Os dados obtidos aqui podem refletir uma falta de energia para maximizar a síntese de proteína microbiana no rúmen com as rações que continham o FGM-21, o

que reduziria a disponibilidade de proteína metabolizável no intestino delgado, com reflexos negativos na síntese de proteínas do leite na glândula mamária. Isso é coerente com o menor teor de amido dessas rações, apesar de os valores de EL_L terem se mantido praticamente constante entre os tratamentos.

As variações observadas nos teores de proteína e gordura do leite fizeram com que houvesse um aumento linear ($P < 0,01$) no valor da relação gordura/proteína do leite com a inclusão do FGM-21 nas rações. Esse não é um parâmetro comumente analisado nos trabalhos disponíveis na literatura, de forma que a comparação com outros resultados fica bastante prejudicada, mas como de forma geral as alterações na composição do leite são pequenas, não é de se esperar que haja referências a alterações na relação gordura/proteína em resposta à inclusão do FGM-21 às rações.

A substituição do milho moído pelo FGM-21 também resultou em redução no teor de lactose do leite, observando-se efeitos linear ($P < 0,01$) e quadrático ($P < 0,05$) para esse parâmetro. Também nesse caso a variação numérica foi pequena. Apesar disso, a síntese total de lactose não variou significativamente entre os tratamentos. Da mesma forma que para a proteína do leite, a grande maioria dos trabalhos revisados não mostra alteração nos teores de lactose do leite (ALVES et al., 2005; BLASI et al., 2001; KONONOFF et al., 2006; SCHROEDER, 2003; VANBAALE et al., 2001). De maneira contrária, o trabalho de WICKERSHAM et al., (2004) mostra aumento no teor de lactose do leite com a inclusão do FGM-21 em substituição a parte do concentrado e parte do volumoso.

A redução no teor de lactose observada aqui também pode estar relacionada à menor disponibilidade energética proporcionada pelas rações com o subproduto, o que reduziria o aporte de glicose para a glândula mamária, prejudicando a síntese de lactose. Nessa situação seria de se esperar uma redução na produção de leite, o que não foi detectado neste trabalho, apesar da redução numérica nesse parâmetro observada nas rações com o FGM-21. Outro aspecto que vai de encontro a esse argumento é o fato de as vacas terem ganho condição corporal, o que indica que não faltou energia nas rações com o FGM-21.

A concentração total de sólidos no leite não apresentou variação entre os tratamentos, o que está de acordo com a maior parte dos trabalhos revisados (ALVES et al., 2005; BLASI et al., 2001; KONONOFF et al., 2006; VANBAALE et al., 2001). SCHROEDER (2003) mostrou aumento linear neste parâmetro com o aumento no teor de FGM-21 nas rações, entre 0 e 45% da MS total, mas o autor não discorre sobre esse fato. Como o subproduto substituiu parte do concentrado e parte do volumoso, é possível que tenha havido maior disponibilidade de nutrientes para síntese de componentes do leite nas rações com o FGM-21. De fato, os tratamentos com o subproduto continham teor mais elevado de PB do que o controle, mas as rações foram formuladas para conter concentrações energéticas equivalentes.

A variação no ECC também não sofreu efeito dos tratamentos, tanto em pontos como na variação percentual, o que é concordante com os trabalhos de FIRKINS et al. (1991), KONONOFF (2006), SCHROEDER (2003) e WICKERSHAM et al., (2004). A variação e os valores absolutos observados são condizentes com o estágio de lactação e nível de produção das vacas. A curta duração dos períodos experimentais, dificulta a avaliação desse parâmetro.

Observou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) dos tratamentos sobre a concentração de nitrogênio uréico no leite (NUL), sendo que o tratamento FGM10 apresentou valores inferiores aos demais. Os valores observados para essa variável estão condizentes com as características das rações experimentais, especialmente no que se refere ao teor de PB (17,4% em média), e são mais baixos que os observados nos trabalhos de SCHROEDER (2003), VANBAALE et al. (2001) e WICKERSHAM et al., (2004). Nos trabalhos de SCHROEDER (2003) e WICKERSHAM et al., (2004) os teores de PB das rações experimentais ficaram em torno de 18,5%, superiores aos utilizados neste experimento, o que pode explicar a maior concentração de NUL. Entretanto, no trabalho de VANBAALE et al. (2001) a ração controle e a que continha 20% de FGM-21 na MS apresentaram, respectivamente, 16,7 e 17,3% de PB na MS, e mesmo assim os valores de NUL para ambos os tratamentos foram equivalentes a 16,07 e 15,64 mg/dL respectivamente, muito superiores aos obtidos aqui. Conforme destacado por IMAIZUMI (2005), o N-uréico no leite reflete o teor e a degradabilidade

da PB da ração, bem como a qualidade dessa proteína. No trabalho de VANBAALE et al. (2001) se utilizou feno de alfafa e caroço de algodão, é possível que as características da fração protéica dessas rações possam explicar os valores mais elevados de NUL.

A concentração plasmática de glicose foi, em média, de 48,45 mg/dL, e não apresentou variação entre os tratamentos. Também neste caso muitos dos trabalhos revisados não avaliaram esse parâmetro, mas os trabalhos de SCHROEDER (2003), VANBAALE et al. (2001) e WICKERSHAM et al., (2004) apresentaram valores bem mais elevados, variando entre de 60 e 73 mg/dL. De qualquer forma, os valores estão dentro da faixa de variação considerada normal, entre 42 e 74 mg/dL (FRASER, 1991).

3.3.3 Avaliação econômica das rações

Conforme já exposto, a substituição do milho moído pelo FGM-21 não provocou alterações significativas sobre a produção de leite, e poucas alterações sobre a composição do leite. Assim, do ponto de vista técnico-científico não há restrições a essa substituição, dentro das condições praticadas neste ensaio. No entanto o preço dos diferentes ingredientes utilizados nas rações experimentais apresenta grande oscilação ao longo do ano, de forma que a viabilidade da inclusão do FGM-21 em rações para vacas leiteiras deve ser avaliada principalmente sob o prisma econômico.

Para tal fez-se uma avaliação do custo de cada ração experimental, incluindo o custo por kg de leite produzido, bem como da receita menos o custo dos alimentos (RMCA). Os resultados são apresentados na tabela 3.5.

Tabela 3.5 - Análise econômica da viabilidade do uso das rações experimentais

Índices	Tratamentos ¹		
	<i>FGM 0</i>	<i>FGM 10</i>	<i>FGM 20</i>
Custo alimentos/vaca/dia ² , R\$	7,11	7,52	6,78
Custo/kg de leite, R\$	0,28	0,30	0,28
Receita do leite ³ , R\$/vaca/dia	12,23	12,11	11,93
RMCA, R\$/vaca/dia	5,12	4,59	5,16

¹ FGM 0 = sem inclusão de FGM-21 e 20% de milho na MS da ração completa; FGM 10 = 10% de FGM-21 e 10% de milho moído na MS da ração completa; FGM 20 = 20% de FGM-21 na MS da ração completa e sem milho moído;

² Os preços dos volumosos são de NUSSIO & PONCHIO (2006); Os preços dos concentrados são os praticados no mercado do estado de São Paulo na semana de 9 a 15/07/2006, pesquisados junto ao relatório diário do Instituto FNP e ao Informativo A Nata do Leite, edição de julho/2006.

³ O preço do leite foi retirado do Boletim do Leite - maio/2006 - preço líquido médio no estado de SP em maio/2006.

É interessante notar que mesmo proporcionando uma receita bruta menor, o tratamento FGM20 proporcionou uma RMCA melhor, devido ao menor CMS observado para esse tratamento, e ao custo relativo do FGM-21 frente ao custo do milho. No entanto, como esses preços oscilam bastante ao longo do ano, é preciso considerar o custo de oportunidade do FGM-21 frente ao milho, para cada um dos tratamentos, conforme ilustrado na tabela 3.6.

Tabela 3.6 - Projeção da receita menos os custos dos alimentos (RMCA) para as duas rações experimentais que continham FGM-21, em diferentes condições de preço do milho em grãos e do subproduto

Preço do milho, R\$/ton MN	FGM 10	FGM 20	RCMA com o uso da ração, R\$/vaca/dia
	<i>Custo de oportunidade do FGM-21¹</i> R\$/ton MN	<i>Custo de oportunidade do FGM-21²</i> R\$/ton MN	
200	23,50	226,50	5,50
225	45,00	252,00	5,38
250	66,50	277,00	5,26
275	87,50	302,00	5,15
300	109,00	327,50	5,03
325	130,50	352,00	4,91
350	152,00	378,00	4,79
375	173,50	403,50	4,68
400	195,00	428,00	4,56
425	216,50	453,50	4,44
450	238,00	478,50	4,33

¹ Preço abaixo do qual a utilização do FGM-21 é viável, em substituição parcial ao milho em grãos, na dose de 10% da MS total da ração (tratamento FGM 10);

² Preço abaixo do qual a utilização do FGM-21 é viável, em substituição total ao milho em grãos, na dose de 20% da MS total da ração (tratamento FGM 20).

A tabela 3.6 mostra uma simulação onde, em função do preço pago pelo milho em grãos, tem-se um preço para o FGM-21, abaixo do qual é interessante sua utilização (custo de oportunidade), mesmo que a produção de leite seja menor, pois a RCMA será equivalente ou maior do que quando se utiliza exclusivamente o milho.

É importante ressaltar que nas projeções de RCMA realizadas neste trabalho considerou-se os dados de produção de leite e CMS observados para cada uma das rações experimentais (tabela 3.4), e que os preços atribuídos aos ingredientes foram obtidos de diferentes fontes. Dessa forma essas projeções não devem ser extrapoladas

para situações diferentes. Para isso é necessária uma nova pesquisa de preços no momento e região onde os ingredientes serão utilizados.

3. 4 Conclusões

A substituição do milho em grãos pelo FGM-21, nos teores testados, e nas condições experimentais estabelecidas neste estudo, não causou alterações na produção de leite, e resultou em poucas e discretas alterações na composição do leite. Dessa forma o uso deste subproduto como substituto do milho em rações para vacas leiteiras produzindo em torno de 25 kg de leite ao dia pode ser interessante, desde que seu preço seja competitivo frente ao do cereal.

4 SUBSTITUIÇÃO DO MILHO EM GRÃOS POR CASCA DE SOJA NA RAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS EM CONFINAMENTO

Resumo

Trinta e seis vacas holandesas no terço médio de lactação (DEL = 123) do rebanho do Departamento de Zootecnia da ESALQ-USP, Piracicaba-SP, foram utilizadas para avaliar a substituição do milho moído por casca de soja, em rações com silagem de milho como volumoso principal e polpa cítrica como parte da fonte energética. Os tratamentos testados foram: sem inclusão de CS e 20% de milho na MS da ração completa (CS 0), 10% de CS e 10% de milho moído na MS da ração completa (CS 10), e 20% de CS na MS da ração completa e sem milho moído (CS 20). As variáveis analisadas foram: consumo de matéria seca, produção e composição do leite, concentração de nitrogênio uréico no leite, parâmetros sanguíneos e escore de condição corporal das vacas. Os animais foram dispostos em 12 Quadrados Latinos 3x3, de acordo com a produção de leite, dias em lactação e paridade. Os dados foram analisados pelo PROC GLM do Programa Estatístico SAS, versão 8.2. A inclusão da CS não afetou o consumo de matéria seca (22,84 kg/d), nem a produção de leite (28,33 kg/d) e produção de leite corrigido para gordura (28,48 kd/d) ($P>0,05$). No entanto a inclusão do subproduto aumentou linearmente a produção total de gordura ($P<0,05$) e a concentração de nitrogênio uréico no leite ($P<0,01$). Concluiu-se que a substituição do milho em grãos pela casca de soja pode ser uma alternativa interessante, desde que o preço do subproduto seja competitivo.

Abstract

SUBSTITUTION OF SOY HULLS FOR CORN GRAIN IN CONFINED LACTATING COWS DIETS

Thirty six mid lactating Holstein cows (123 DIM), from the Animal Science Department of the University of São Paulo - ESALQ, Piracicaba-SP, were used to

evaluate the substitution of soy hulls (CS) for ground corn in total mixed diets containing corn silage as the main forage and citrus pulp as part of the energy source.. Treatments were: no CS and 20% ground corn on total ration DM (CS 0), 10% CS and 10% ground corn on total ration DM (CS 10), and no corn and 20% CS on total ration DM (CS 20). The parameters evaluated were: dry matter intake, milk yield and composition, milk urea N concentration, blood parameters and body condition score. Cows were randomly assigned in 12 replicated 3x3 Latin Square, according to milk yield, days in milk and parity, and data were analyzed using the GLM procedure of SAS, version 8.2. Inclusion of soy hulls had no effect on daily dry matter intake (DMI) (22,84 kg/d), milk yield (28,33 kg/d) or fat corrected milk (FCM) yield (28,48 kd/d) ($P>0.05$). However, inclusion of CS linearly increased total milk fat yield ($P<0,05$) and linearly decreased MUN ($P<0,01$). It was concluded that the utilization of soy hulls in substitution for corn grain may be a good alternative when the byproduct cost is attractive.

4.1 Introdução

A crescente demanda por uma utilização mais racional e sustentável dos recursos alimentícios em todo o mundo tem exercido pressão cada vez maior sobre a necessidade de se pesquisar a utilização de fontes alimentícias alternativas na nutrição animal, que não façam competição com os alimentos usados em larga escala na alimentação humana. Dentro deste contexto, a busca por alternativas para substituir os grãos de cereais, em especial o milho, na alimentação de ruminantes toma grande importância.

Além disso, o custo dessas fontes tradicionais de alimento tem se tornado limitante à rentabilidade dos sistemas de produção animal em muitas épocas do ano, face à grande oscilação sazonal de preços que se observa em nosso país. Dados publicados pelo Boletim do Leite, do CEPEA – ESALQ/USP mostram que em abril de 2004 chegou-se a uma situação em que eram necessários de 640 litros de leite B para cobrir os custos de 1 tonelada de milho.

A inclusão de fontes energéticas alternativas, especialmente os subprodutos da agroindústria em rações para vacas leiteiras, tem como principal objetivo baixar os custos de alimentação, mantendo os níveis de produção de leite. Outro benefício da inclusão de subprodutos pode ser a redução no teor de amido das rações, com concomitante aumento nos teores de fibra digestível, contribuindo para melhoria do ambiente ruminal. Dentre as várias possibilidades, a casca de soja (CS) desponta como alternativa interessante para substituir, pelo menos em parte, o milho em grãos das rações de vacas em lactação.

A casca de soja é composta principalmente de fibra, que tem pouco valor na alimentação humana e no uso industrial. No entanto, suas características físico-químicas, a facilidade de aquisição em algumas regiões e seu preço competitivo, fazem da CS um alimento interessante para o gado leiteiro. Em adição ao potencial de ser uma alternativa econômica, a substituição de grãos de cereais por casca de soja em rações para vacas leiteira pode contribuir para um ambiente ruminal mais favorável para a digestão de fibra e menor risco de acidose. Alternativamente, a CS também pode ser usada como uma fonte de fibra em substituição parcial ao volumoso (SANTOS et al., 2004)

O valor nutricional da CS é afetado pela taxa com que é digerida no rúmen e pela taxa com que ela passa pelo rúmen para os outros compartimentos do trato gastrointestinal. Devido ao seu pequeno tamanho de partículas, o aumento da taxa de passagem observado em animais recebendo CS pode ser responsável pelas digestibilidades da fibra e da MS de rações contendo este subproduto (SANTOS et al., 2002). Dados de experimentos *in situ* e *in vitro* mostram que os microrganismos ruminais são capazes de fermentar extensivamente a CS. Em recente revisão de IPHARRAGUERRE e CLARK (2003), em sete de cinco estudos a fração FDN da CS foi fermentada com uma taxa média de 5,6%/h e, em quatro estudos, o desaparecimento da FDN ficou em torno de 90% após 96 horas de incubação.

Como grande parte dos trabalhos em que se comparou a substituição do milho em grãos por ingredientes alternativos foi realizada nos EUA, utilizando-se feno ou silagem pré-secada de alfafa, e silagem de milho de alta qualidade como volumosos,

os resultados obtidos utilizando-se volumosos com características diferentes, como os que se utiliza em nosso país, podem ser diferentes. Além disso, na quase totalidade dos trabalhos revisados, em que se estudou a substituição do milho por CS, as rações controle continham teores elevados de milho, sem a presença de outros subprodutos energéticos como a polpa cítrica. Em nenhum dos trabalhos revisados foi possível comparar rações com teores médios de amido (22% da MS) resultantes da combinação entre milho e polpa cítrica com rações com teores baixos de amido (8% da MS), mas ricas em outros carboidratos também de alta digestibilidade ruminal como açúcares, e fibra de alta digestibilidade, resultantes da combinação entre polpa cítrica e CS.

O presente trabalho tem o objetivo de contribuir com informações a respeito da utilização da CS em condições semelhantes às encontradas em diversas fazendas do sudeste brasileiro, que utilizam silagem de milho de qualidade mediana, e aonde a combinação de milho e polpa cítrica vem substituindo o uso exclusivo de milho como principal energético das rações. Desta maneira foi possível comparar o desempenho de vacas leiteiras recebendo rações com teores médios de milho e de amido (20% da MS) com o desempenho de vacas recebendo rações sem milho no concentrado, com teores baixos de amido (menor que 10%), mas ricas em carboidratos de alta digestibilidade ruminal.

Estudou-se a inclusão de três teores de CS (0, 10 e 20% da MS total) em substituição parcial ou total ao milho moído, em rações contendo polpa cítrica, e seus efeitos sobre a produção e composição do leite, consumo de matéria seca e parâmetros sanguíneos.

4.2 Material e métodos

4.2.1 Local e animais

O experimento foi conduzido nas instalações do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), em Piracicaba – SP, entre os meses de abril e junho de 2003. As instalações constaram de um sistema de confinamento do tipo "free-stall" com quatro

divisórias com 14 baias cada. Neste ensaio utilizaram-se apenas três das quatro divisórias disponíveis. Foram utilizadas 36 vacas da raça Holandesa, com peso vivo médio de 535 kg, período médio de lactação de 123 dias e produção média de leite de 25,0 kg/d. Todos os animais receberam injeções de somatotropina bovina recombinante (Lactotropin[®]) a cada 10 dias.

4.2.2 Tratamentos

Neste trabalho foram estudados teores crescentes de inclusão da CS em substituição ao milho moído, nas rações de vacas em lactação, recebendo silagem de milho como volumoso principal. Os tratamentos testados foram:

- CS 0:** sem inclusão de CS e 20% de milho na MS da ração completa.
- CS 10:** ração com 10% de CS e 10% de milho moído na MS da ração completa.
- CS 20:** ração com 20% de CS na MS da ração completa e sem milho moído.

As rações foram formuladas através do programa NRC (2001) para serem isotróficas. Os ingredientes utilizados foram silagem de milho, feno de gramínea, milho moído fino, polpa cítrica peletizada, CS, farelo de soja, uréia, suplemento mineral e vitamínico e bicarbonato de sódio (tabela 4.1). Como ao longo de experimento foram utilizadas diferentes partidas de milho, polpa cítrica e farelo de soja houve diferenças na composição das rações experimentais em relação às formuladas, bem como ligeira variação nos teores de PB entre as rações experimentais, que foram formuladas em relação às partidas iniciais dos ingredientes. O teor de FDN das rações foi superior ao planejado, e conseqüentemente o teor de CNF foi inferior, possivelmente devido a diferenças na composição da silagem utilizada ao longo do ensaio, em relação à amostra utilizada para formular inicialmente as rações experimentais.

Tabela 4.1 - Composição das rações experimentais

	<i>Tratamentos</i> ¹		
	CS 0	CS 10	CS 20
<i>Ingredientes, % da MS</i>			
Silagem de milho	30,00	30,00	30,00
Feno de gramínea	10,00	10,00	10,00
Milho moído fino	20,00	10,00	-
Casca de soja	-	10,00	20,00
Polpa cítrica	15,90	16,00	15,01
Farelo de soja	20,00	20,00	21,31
Uréia	0,69	0,60	0,32
Supl. Min. Vit. ²	2,65	2,65	2,65
Bicarbonato de Na	0,73	0,73	0,73
<i>Composição química</i> ³			
PB, % da MS ³	17,9	17,8	17,8
FDN, % da MS ³	34,6	40,0	45,3
FDN forragem, % da MS ³	24,4	24,4	24,4
CNF, % da MS ³	41,5	36,3	31,1
Amido, % da MS ³	21,82	14,84	7,98
EE, % da MS ³	1,9	1,8	1,7
NDT, % da MS ⁴	70,0	68,0	66,0
ELL, Mcal/kg MS ⁴	1,56	1,54	1,52

¹ CS 0 = sem inclusão de CS e 20% de milho na MS da ração completa; CS 10 = 10% de CS e 10% de milho moído na MS da ração completa; CS 20 = 20% de CS na MS da ração completa e sem milho moído;

² Composição do Supl. Min. Vit.: Ca, 16,81%; P, 4,20%; S, 2,29%; Na, 11,56%; Cl, 8,06%; Mg, 2,67%; Co, 38,2 ppm; Cu, 343,83 ppm; I, 30,58 ppm; Fe, 578,94 ppm; Mn, 1146,15 ppm; Se, 15,30 ppm; Zn, 1184,20 ppm; Vit. A, 68.760 UI/kg; Vit. D₃: 57.300 UI/kg; Vit. E, 764 UI/kg; Rumensin, 0,60 %.

³ Valores obtidos com base nos resultados das análises químico-bromatológicas dos ingredientes;

⁴ Valores estimados de acordo com NRC (2001);

4.2.3 Período experimental e colheita de dados

O período pré-experimental teve a duração de 14 dias, durante o qual todas as vacas receberam a mesma ração. A produção de leite durante este período, o estágio de lactação e ordem de parição foram usados para agrupar as vacas nos tratamentos experimentais. O período experimental teve a duração de 42 dias divididos em três subperíodos de 14 dias. Os 11 primeiros dias de cada subperíodo foram destinados à adaptação dos animais às rações e os outros três para colheita de dados.

Os animais foram pesados e a condição corporal foi avaliada no início e final de cada período experimental, utilizando-se a escala de 1 a 5 de acordo com WILDMAN et al. (1982).

Os animais foram ordenhados duas vezes ao dia, às 6:00 e 18:00h e as produções de leite individuais registradas nos últimos três dias de cada subperíodo, de cada experimento, através de medidores do tipo "Mark V". Amostras de leite de cada vaca foram colhidas também nestes dias, na ordenha da tarde, e analisadas para gordura, proteína, lactose, sólidos totais pelo processo de infravermelho através do analisador Bentley 2000 (Bentley Instruments®) e nitrogênio uréico pelo analisador ChemSpec 150 (Bentley Instruments®) junto ao Laboratório da Clínica do Leite do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP.

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, às 6:00 e 18:00h e as sobras de alimento foram pesadas e descartadas diariamente antes do fornecimento do período da tarde. O consumo de alimento foi medido diariamente em grupo, por tratamento, durante os últimos três dias de colheita de dados de cada subperíodo.

A silagem foi amostrada semanalmente e os outros alimentos no início de cada período de colheita de dados, sendo as amostras de silagem armazenadas a -18°C. Sub amostras da silagem foram secas imediatamente após a amostragem, a 105°C por 24 horas, para determinação da MS, a fim de se proceder ao ajuste da formulação das rações. Após o período experimental, as amostras foram secas a 55°C

(em estufa com circulação forçada de ar por 72 horas) e analisadas para MS (três horas em estufa a 105°C), matéria orgânica (MO) (três horas em mufla a 600°C), FDN e FDA de acordo com Van Soest et al. (1991), proteína bruta (PB) de acordo com AOAC (1990), e amido segundo método descrito por Poore et al. (1993).

No último dia de cada subperíodo, quatro horas após alimentação, amostras de sangue foram colhidas da veia coccígea utilizando-se tubos providos de vácuo, contendo antiglicolítico e anticoagulante. As amostras foram centrifugadas em 2000 g por 20 minutos, armazenadas a -18°C, para posterior determinação das concentrações de glicose através do Analisador Bioquímico YSI 2700S (Yellow Springs Instrument Co. Inc., Ohio, USA).

4.2.4 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento estatístico utilizado foi o de Quadrados Latinos (QL) 3x3 repetidos. Foram utilizados 36 animais distribuídos em 12 QL, agrupados em cada QL de acordo com o número de lactações (múltiparas ou primíparas), a produção de leite e os dias em lactação, medidos durante o período pré-experimental.

Os dados de consumo foram analisados como 1 Quadrado Latino simples, onde cada lote de animais de cada tratamento, foi considerado a unidade experimental, em virtude do consumo de alimento ter sido medido em grupo e não individualmente.

Os dados foram analisados pelo PROC GLM (General Linear Models) do programa estatístico SAS (2000), versão 8.2 para Windows. Foi feita a análise de regressão polinomial de 1° e 2° graus. Considerou-se o nível de significância de 5% para a probabilidade do teste F na análise de variância, e de até 10% como tendência.

Todos os dados foram testados para se verificar a distribuição normal dos erros, utilizando-se o PROC UNIVARIATE (SAS 2000). Os dados que apresentaram erros fora do intervalo entre ± 3 desvios foram descartados da análise estatística.

Na tabela 4.2 apresenta o resumo esquemático da análise de variância utilizado no delineamento em QL simples e com repetições, segundo GOMES (2000).

Tabela 4.2 - Resumo esquemático da análise de variância

Causas de variação	GL ¹	GL ²	GL ³
Repetições	11	4	---
Lote	---	---	2
Vaca dentro de repetição	24	10	---
Período	---	---	2
Período dentro de repetição	24	10	---
Tratamento	2	2	2
Resíduo	46	18	2
Total	107	44	8

Obs: causas de variação que não possuem graus de liberdade (indicadas por hífen) não foram incluídas no modelo matemático.

- ¹ Graus de liberdade associados à análise das seguintes variáveis: produção de leite, composição do leite e variação do escore de condição corporal (36 animais e 12 repetições).
- ² Graus de liberdade associados à análise da variável glicose plasmática (15 animais e 5 repetições).
- ³ Graus de liberdade associados à análise da variável consumo de matéria seca (QL simples 3x3).

4.3 Resultados e discussão

4.3.1 Composição química das rações e ingestão de matéria seca

Os dados da análise químico-bromatológica dos ingredientes são apresentados na Tabela 4.3. A composição das rações foi estimada a partir dos resultados dos ingredientes, com exceção do valor de amido da polpa. Nestes cálculos o teor de amido da polpa cítrica foi considerado como sendo 0,5%, por estar mais próximo aos valores encontrados na literatura (CARMO, 2005).

Tabela 4.3 - Composição bromatológica dos ingredientes experimentais, em porcentagem da MS

Amostra	MS ¹	PB	FDN	FDA	NDT	Amido
Silagem de milho	31,29	7,49	58,54	33,51	63,74	16,38
Feno de gramínea	92,00	9,13	68,31	34,82	57,85	2,50
Milho moído	89,22	10,16	10,28	3,12	86,04	72,79
CS	91,59	11,94	63,66	46,33	65,09	2,90
Polpa cítrica	89,32	7,26	25,41	16,83	76,43	0,50
Farelo de algodão	90,54	47,97	20,66	10,88	78,72	10,11

¹ MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; NDT = nutrientes digestíveis totais; valores de NDT estimados de acordo com NRC (2001).

Na Tabela 4.4 são apresentados os dados de ingestão de MS, produção e composição do leite, glicose plasmática e variação do escore de condição corporal das vacas para os tratamentos.

Tabela 4.4 - Consumo de matéria seca, produção e composição do leite, concentração de nitrogênio uréico no leite, e concentração de glicose plasmática para os diferentes tratamentos

Variável ¹	Tratamentos ²			EPM ³	P ⁴	
	CS 0	CS 10	CS 20		L	Q
Leite (kg/d)	28,21	28,28	28,51	0,260	NS	NS
LCG 3,5 (kg/d)	28,20	28,40	28,85	0,271	0,097	NS
CMS (kg MS/an./d)	23,53	21,76	23,22	2,056	NS	NS
Gordura (%)	3,53	3,51	3,57	0,033	NS	NS
Gordura (kg/d)	0,98	0,99	1,02	0,012	0,047	NS
Proteína (%)	3,09	3,09	3,07	0,010	NS	NS
Proteína (kg/d)	0,86	0,86	0,86	0,009	NS	NS
Relação gord/prot	1,14	1,14	1,17	0,013	0,10	NS
Lactose (%)	4,32	4,33	4,33	0,009	NS	NS
Lactose (kg/d)	1,22	1,23	1,23	0,012	NS	NS
Sólidos totais (%)	11,79	11,83	11,87	0,041	NS	NS
Sólidos totais (kg/d)	3,32	3,33	3,37	0,032	NS	NS
Variação ECC (pontos)	+0,012	+0,014	+0,011	0,007	NS	NS
Variação ECC (%)	+0,55	+0,62	+0,50	0,032	NS	NS
NUL (mg/dL)	16,67	15,95	15,83	0,131	< 0,001	0,067
GP (mg/dL)	52,08	52,17	51,62	1,274	NS	NS

¹ LCG 3,5 = produção de leite corrigida para 3,5% de gordura; ECC = escore de condição corporal; NUL = nitrogênio uréico no leite; GP = glicose plasmática.

² CS 0 = sem inclusão de CS e 20% de milho na MS da ração completa; CS 10 = 10% de CS e 10% de milho moído na MS da ração completa; CS 20 = 20% de CS na MS da ração completa e sem milho moído;

³ EPM = Erro padrão da média.

⁴ Probabilidade dos contrastes para (L) efeito linear e (Q) efeito quadrático (desvio da linearidade) para os teores de farelo de glúten de milho 21 testados; NS = não significativo.

O consumo médio de matéria seca foi de 22,84, kg/vaca/dia, valor elevado para o nível de produção observado (28,33 kg/vaca/dia), mas coerente com o estágio

médio de lactação das vacas. Apesar de a variação numérica ter sido considerável, não se observou diferenças significativas entre os tratamentos para o CMS. Isso está de acordo com a maior parte dos trabalhos revisados, como os de ASSIS et al. (2004), BERNARD & McNEILL (1991), COOMER et al. (1993), MACGREGOR et al. (1976), e NAKAMURA & OWEN (1989). Na revisão de IPHARRAGUERRE & CLARK (2003), em 13 dos 15 trabalhos analisados não se observou diferenças no CMS quando a CS substituiu os grãos nas rações, o que corrobora os dados obtidos no presente experimento.

IPHARRAGUERRE et al. (2002) testaram 4 níveis de substituição do milho por CS, e não observaram diferenças entre o CMS da ração controle e a média das rações com CS, mas houve redução linear no CMS entre as rações com CS, à medida que se aumentava a inclusão do subproduto. No entanto, as maiores reduções (~1 kg/dia) foram observadas quando a CS representava mais de 30% da MS total, valor bem superior ao utilizado no presente ensaio.

Já MIRON et al. (2004b), testando a inclusão de uma mistura 2:1 de CS e FGM-21 em substituição a grãos de cevada e milho, observaram um aumento no CMS de 2,3 kg MS/vaca/dia para a ração com os subprodutos. Os autores consideraram como uma das possibilidades para explicar essa ocorrência o fato de as rações sem o subproduto conterem teor elevado de amido de alta degradabilidade (16,7% de grãos de cevada moídos na MS), o que pode reduzir a taxa e extensão de degradação da FDN, prejudicando o consumo. Outra possibilidade é o maior aporte de energia proporcionado pela ração com grãos ter exercido um efeito maior de saciedade, inibindo a ingestão.

4.3.2 Produção e composição do leite e parâmetros sanguíneos.

No presente trabalho não se observou efeito dos tratamentos sobre a produção de leite, o que é concordante com a quase totalidade dos trabalhos disponíveis na literatura. IPHARRAGUERRE & CLARK (2003) compilaram dados de 10 ensaios de produção e mostraram que a correlação entre a inclusão da CS nas rações,

em substituição a grãos de cereais, e a produção de leite é baixa e não significativa. Também nos trabalhos de ASSIS et al. (2004), COOMER et al. (1993), MIRON et al. (2004a) e MIRON et al. (2004b), não se observou alterações na produção de leite com a substituição dos grãos de cereais pela CS, em diferentes níveis.

No presente estudo, apesar da produção de leite não ter sido afetada pela inclusão de casca de soja na ração, houve tendência ($P < 0,10$) de aumento na produção de LCG 3,5%, diferente do que se observa na maior parte dos trabalhos revisados, mas semelhante ao que foi observado em dois trabalhos. MIRON et al. (2004b) obtiveram um aumento de 4 kg/dia em leite corrigido para 4% de gordura (LCG 4%), possivelmente pelo baixo teor de FDN e alto teor de amido da ração controle, que continha grãos de milho e cevada, ter causado redução drástica no teor de gordura do leite.

No trabalho de SARWAR et al. (1992), também se observou aumento linear na produção de LCG 4% quando a inclusão de CS em substituição ao milho passava de 18,6 para 34% da MS total. Porém esse efeito foi confundido pela adição de gordura (soja tostada) às rações com CS, a fim de manter a concentração energética das rações, de forma que houve tendência de aumento linear na produção de leite, afetando a produção de LCG 4%.

Na revisão de IPHARRAGUERRE & CLARK (2003), assim como para a produção de leite, não foi observada correlação significativa entre a adição de CS às rações em substituição ao milho e a produção de LCG 4%, resultado da falta de efeito da inclusão de CS sobre a produção de leite e teor de gordura do leite.

No presente ensaio a substituição de milho por CS não alterou o teor de gordura do leite ($P > 0,10$), embora tenha havido aumento numérico nesse parâmetro, o que explica o aumento linear na produção total de gordura do leite ($P < 0,05$). IPHARRAGUERRE & CLARK (2003) apontaram falta de consistência nos efeitos da CS sobre a gordura do leite, devido às pequenas variações das rações experimentais em relação aos controles (+0,11 unidades percentuais). Em apenas 4 dos 10 ensaios compilados houve aumento significativo no teor de gordura do leite com a inclusão de

casca de soja. No entanto, em 3 desses estudos, as rações controle continham quantidades elevadas de grãos de milho (acima de 35% da MS total), e consequentemente teores excessivos de amido. A inclusão da CS nesse caso reduziu o teor excessivo de amido nas rações e restabeleceu os teores de gordura para valores mais satisfatórios.

Diferente da maior parte dos dados relatados na literatura, neste trabalho não se observou efeitos da substituição do milho pela CS sobre o teor ou síntese de proteína do leite ($P > 0,10$). Na quase totalidade dos trabalhos revisados (ASSIS et al., 2004; FIRKINS & EASTRIDGE, 1992; IPHARRAGUERRE et al., 2002a; MIRON et al., 2004a; MIRON et al., 2004b; PANTOJA et al., 1994; SARWAR et al., 1992) foi observada redução no teor de proteína do leite com a inclusão de CS em substituição aos grãos de cereais em diferentes níveis. IPHARRAGUERRE & CLARK (2003) relataram que a redução no teor de proteína do leite entre os trabalhos compilados variou de 0,8 a 8%, quando a CS substituiu o milho em grãos em níveis de 18 a 48% da MS total, respectivamente.

Conforme já citado, esta resposta poderia ser explicada, ao menos em parte, pelo menor teor de CNE, especialmente amido, das rações que contém altos níveis de CS, podendo limitar a síntese de proteína microbiana no rúmen, com redução no aporte de proteína metabolizável para o ID, o que limitaria a disponibilidade de AA na glândula mamária.

No presente trabalho, mesmo com redução considerável no teor de amido das rações que continham CS não houve alteração na proteína do leite. Possivelmente o teor de amido da ração controle (22%) não seja elevado o suficiente para viabilizar uma resposta. MANSFIELD & STERN (1994) reportaram que mesmo com a redução no teor de CNE de 33 para 23% com a substituição total do milho pela CS (30% da MS), não se observou diferenças na eficiência de síntese de proteína microbiana. O mesmo padrão foi observado por IPHARRAGUERRE et al. (2002b), em cujo trabalho a substituição do milho por CS (até 40% da MS total) causou redução no teor de CNE de 36 para cerca de 16%.

Outra possibilidade para explicar esse menor teor de proteína no leite em rações nas quais a CS substitui o milho seria a redução no teor de metionina (Met) na proteína metabolizável que chega no ID, ficando abaixo do nível recomendado por SCHWAB & ORDWAY (2004), uma vez que a CS contém menos metionina que o milho. Essa hipótese foi levantada por IPHARRAGUERRE & CLARK (2003), mas só seria válida para vacas do início até o meio da lactação, e quando a CS compreende mais de 25% da MS total. No presente experimento as vacas apresentavam, em média, 123 DEL no início do ensaio, e a CS fez no máximo 20% da MS total da ração, de forma que é pouco provável que a hipótese acima se aplique neste caso.

Os valores referentes à gordura e proteína do leite resultaram em tendência de aumento linear na relação gordura/proteína ($P < 0,10$) à medida que se adicionou CS às rações. Nos trabalhos revisados não foram apresentadas comparações para esse parâmetro, mas é de se esperar que com a tendência de queda nos valores de proteína e a falta de consistência nos dados referentes à gordura, os valores para a relação gordura/proteína sejam mais elevados nas rações em que a CS substitui o milho em grãos.

O teor de lactose no leite não variou entre os tratamentos no presente experimento ($P > 0,10$), o que está de acordo com ASSIS et al. (2004) e MIRON et al. (2004a,b).

Em função da pouca variação nos componentes do leite, os valores relativos à concentração total de sólidos no leite também não diferiu entre os tratamentos. No trabalho de IPHARRAGUERRE et al. (2002a), a adição de CS em substituição à fonte de amido causou aumento linear no teor de sólidos totais do leite.

A variação no ECC também diferiu entre os tratamentos. A variação e os valores absolutos observados são condizentes com o estágio de lactação e nível de produção das vacas. Face à curta duração dos períodos experimentais, não é de se esperar variações significativas nesse parâmetro. Para essa variável também não foram encontradas referências na literatura. Os trabalhos de IPHARRAGUERRE et al. (2002a) e MIRON et al. (2004b) apresentam apenas os valores absolutos do ECC para os

diferentes tratamentos, sendo que em ambos não se detectou diferenças significativas para esse parâmetro.

A concentração de N-uréico no leite foi reduzida linearmente ($P < 0,01$) à medida que a CS foi incluída nas rações experimentais em substituição ao milho. Dos trabalhos revisados que apresentaram essa variável, o teor de NUL não variou no de IPHARRAGUERRE et al. (2002a), e aumentou com a substituição dos grãos de cereais pela CS nos de MIRON et al. (2004 a, b). Os valores de NUL observados no presente ensaio foram relativamente elevados (média de 16,15 mg/dL), o que pode estar associado ao elevado teor de PB das rações e ao baixo teor de amido, havendo sobra de proteína no rúmen. Porém, como as rações com CS apresentam menor teor de amido, seria de se esperar valores mais elevados de NUL para as mesmas, sendo observado justamente o contrário.

A concentração plasmática de glicose foi, em média, de 51,96 mg/dL, e não apresentou variação entre os tratamentos. Neste caso nenhum dos trabalhos revisados avaliou esse parâmetro, mas os valores estão dentro da faixa de variação considerada normal, entre 42 e 74 mg/dL (FRASER, 1991).

4.3.3 Avaliação econômica das rações

Conforme já exposto, a substituição do milho moído pela CS não provocou alterações significativas sobre a produção de leite, e pouquíssimas alterações sobre a composição do leite. Dessa forma, do ponto de vista técnico-científico não existem restrições a essa substituição, dentro das condições praticadas neste ensaio. No entanto o preço dos diferentes ingredientes utilizados nas rações experimentais apresenta grande oscilação ao longo do ano, de forma que a viabilidade da inclusão da CS em rações para vacas leiteiras deve ser avaliada também sob o prisma econômico.

Para tal fez-se uma avaliação do custo de cada ração experimental, incluindo o custo por kg de leite produzido, bem como da receita menos o custo dos alimentos (RMCA). Os resultados estão na tabela 4.5.

Tabela 4.5 - Análise econômica da viabilidade do uso das rações experimentais

Índices	Tratamentos ¹		
	CS 0	CS 10	CS 20
Custo alimentos/vaca/dia ² , R\$	8,26	7,59	8,10
Custo/kg de leite, R\$	0,29	0,27	0,28
Receita do leite ³ , R\$/vaca/dia	13,71	13,74	13,85
RMCA, R\$/vaca/dia	5,45	6,16	5,75

¹ CS 0 = sem inclusão de CS e 20% de milho na MS da ração completa; CS 10 = 10% de CS e 10% de milho moído na MS da ração completa; CS 20 = 20% de CS na MS da ração completa e sem milho moído;

² Os preços dos volumosos são de NUSSIO & PONCHIO (2006); Os preços dos concentrados são os praticados no mercado do estado de São Paulo na semana de 9 a 15/07/2006, pesquisados junto ao relatório diário do Instituto FNP e ao Informativo A Nata do Leite, edição de julho/2006.

³ O preço do leite foi retirado do Boletim do Leite - maio/2006 - preço líquido médio no estado de SP em maio/2006.

É interessante notar que mesmo proporcionando uma receita bruta maior, o tratamento CS 20 não foi o que proporcionou a melhor RMCA, devido ao maior CMS e maior custo diário por animal observado para esse tratamento, mesmo com custo competitivo da CS frente ao custo do milho. No entanto, como esses preços oscilam bastante ao longo do ano, é preciso considerar o custo de oportunidade do CS frente ao milho, para cada um dos tratamentos, conforme ilustrado na tabela 4.6

Tab. 4.6 - Projeção da receita menos os custos dos alimentos (RMCA) para as duas rações experimentais que continham FGM-21, em diferentes condições de preço do milho em grãos e do subproduto

Preço do milho, R\$/ton MN	CS 10	CS 20	RCMA com o uso da ração, R\$/vaca/dia
	<i>Custo de oportunidade da CS¹, R\$/ton MN</i>	<i>Custo de oportunidade da CS², R\$/ton MN</i>	
200	471,00	247,00	5,87
225	504,00	273,00	5,74
250	537,00	300,50	5,60
275	566,00	326,00	5,47
300	595,00	351,50	5,34
325	624,00	376,00	5,21
350	653,50	403,00	5,08
375	678,50	428,50	4,95
400	715,50	456,50	4,81
425	744,50	482,00	4,68
450	773,50	507,50	4,55

¹ Preço abaixo do qual a utilização da CS é viável, em substituição parcial ao milho em grãos, na dose de 10% da MS total da ração (tratamento CS 10);

² Preço abaixo do qual a utilização da CS é viável, em substituição total ao milho em grãos, na dose de 20% da MS total da ração (tratamento CS 20).

A tabela 4.6 mostra uma simulação onde, em função do preço pago pelo milho em grãos, tem-se um preço para a CS, abaixo do qual é interessante sua utilização (custo de oportunidade), mesmo que a produção de leite seja menor, pois a RCMA será equivalente ou maior do que quando se utiliza exclusivamente o milho.

É importante ressaltar que nas projeções de RCMA realizadas neste trabalho considerou-se os dados de produção de leite e CMS observados para cada uma das rações experimentais (tabela 4.4), e que os preços atribuídos aos ingredientes foram obtidos de diferentes fontes. Dessa forma essas projeções não devem ser extrapoladas

para situações diferentes. Para isso é necessária uma nova pesquisa de preços no momento e região onde os ingredientes serão utilizados.

4. 4 Conclusões

A substituição do milho em grãos pela CS, nos teores testados, e nas condições experimentais estabelecidas neste estudo, não causou alterações na produção de leite, e resultou em discretas alterações na composição do leite. Dessa forma o uso deste subproduto como substituto do milho em rações para vacas leiteiras produzindo em torno de 28 kg de leite ao dia pode ser interessante, desde que seu preço seja competitivo frente ao do cereal.

5 SUBSTITUIÇÃO DO MILHO EM GRÃOS POR FARELO DE TRIGO NA RAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS EM CONFINAMENTO

Resumo

Trinta e seis vacas holandesas no terço médio de lactação (DEL = 129), do rebanho do Departamento de Zootecnia da ESALQ-USP, Piracicaba-SP, foram utilizadas para avaliar a substituição do milho moído por farelo de trigo (FT), em ração completa contendo silagem de milho como volumoso exclusivo e polpa cítrica como parte da fonte energética. Os tratamentos testados foram: sem inclusão de FT e 20% de milho na MS da ração completa (FT 0), 10% de FT e 10% de milho moído na MS da ração completa (FT 10), e 20% de FT na MS da ração completa e sem milho moído (FT 20). As variáveis analisadas foram: consumo de matéria seca, produção e composição do leite, concentração de nitrogênio uréico no leite e concentração de glicose plasmática. Os animais foram dispostos em 12 Quadrados Latinos 3x3 repetidos, de acordo com a produção de leite, dias em lactação e paridade. Os dados foram analisados pelo PROC GLM do Programa Estatístico SAS, versão 8.2. A inclusão do FT reduziu ($P < 0,05$) o consumo de matéria seca (média de 22,20 kg/d) e a produção de leite ($P < 0,01$) (média de 31,65 kg/d), a produção de leite corrigido para 3,5% de gordura (média de 27,44 kg/d), a produção de proteína, gordura e lactose do leite ($P < 0,05$), e consequentemente, a produção de sólidos totais do leite ($P < 0,05$). No entanto os teores dos componentes do leite não foram afetados pelos tratamentos. A inclusão do subproduto causou aumento no teor de nitrogênio uréico no leite ($P < 0,01$). Concluiu-se que a substituição do milho em grãos pelo FT pode ser uma alternativa interessante, desde que o preço do subproduto seja competitivo.

Abstract**SUBSTITUTION OF WHEAT MIDLINGS FOR CORN GRAIN IN
CONFINED LACTATING COWS DIETS**

Thirty six mid lactating Holstein cows (DIM=129), from the University of São Paulo - ESALQ, Piracicaba-SP, were used to evaluate the substitution of wheat middlings (FT) for fine ground corn in total mixed rations containing corn silage as the sole forage and citrus pulp as part of the energy source. Treatments were: no FT and 20% ground corn on total ration DM (FT 0), 10% FT and 10% ground corn on total ration DM (FT 10), and no corn and 20% FT on total ration DM (FT 20). The variables evaluated were: dry matter intake, milk yield and composition and milk urea N concentration. Cows were randomly assigned to twelve replicated 3x3 Latin Square design, according to milk yield, days in milk and parity, and data were analyzed using the GLM procedure of SAS, version 8.2. Inclusion of soy hulls had no effect on daily dry matter intake (DMI) (22,84 kg/d), milk yield (28,33 kg/d) or fat corrected milk (FCM) yield (28,48 kd/d) ($P>0.05$). However, inclusion of CS linearly increased total milk fat yield ($P<0,05$) and linearly decreased MUN ($P<0,01$). It was concluded that the utilization of FT in substitution for corn grain may be a good alternative when the by-product cost is attractive.

5.1 Introdução

A cada dia cresce o interesse e a demanda por uma utilização mais racional dos alimentos, de forma que a necessidade de se pesquisar a utilização de fontes alimentícias alternativas na nutrição animal é cada vez maior. Dentro deste contexto, a busca por alternativas para substituir os grãos de cereais, em especial o milho, na alimentação de ruminantes toma grande importância.

A utilização de subprodutos agroindustriais vem ao encontro desses anseios. Além disso, as atuais políticas ambientais, de forma crescente, e com tendência a se fortalecer cada vez mais, vêm acompanhando de perto a eliminação de produtos

potencialmente poluentes pelas indústrias. O crescimento demográfico, aliado às crises de abastecimento, principalmente nos países em desenvolvimento, aumenta a discussão sobre a competição entre humanos e animais domésticos por alimentos nobres. Neste sentido, o estudo e utilização de fontes alternativas de alimentos para os animais são de fundamental importância.

Um volume muito grande de subprodutos agroindustriais é produzido anualmente no Brasil, a partir do processamento de uma grande variedade de culturas para a produção de alimento ou fibra. Alguns são restritos a determinadas regiões, enquanto outros são facilmente encontrados em todo país. A utilização bem sucedida destes subprodutos é muitas vezes limitada pelo escasso conhecimento de suas características nutricionais e valor econômico como ingredientes da ração, bem como de dados de desempenho de animais alimentados com este tipo de alimento.

Somado a esses fatos, o custo das fontes tradicionais de alimento tem se tornado limitante à rentabilidade dos sistemas de produção animal em muitas épocas do ano, face à grande oscilação sazonal de preços que se observa em nosso país. Dados publicados pelo Boletim do Leite, do CEPEA – ESALQ/USP mostram que em abril de 2004 chegou-se a uma situação em que eram necessários de 640 litros de leite B para cobrir os custos de 1 tonelada de milho.

A inclusão de fontes energéticas alternativas, especialmente os subprodutos da agroindústria em rações para vacas leiteiras, tem como principal objetivo baixar os custos de alimentação, mantendo os níveis de produção de leite. Outro benefício da inclusão de subprodutos pode ser a redução no teor de amido das rações, com concomitante aumento nos teores de fibra digestível, contribuindo para melhoria do ambiente ruminal. Dentre as várias possibilidades, o farelo de trigo (FT) desponta como alternativa interessante para substituir, pelo menos em parte, o milho em grãos das rações de vacas em lactação.

Este subproduto possui algumas características que tornam ainda mais interessante a sua utilização. Sua disponibilidade é relativamente generalizada, não havendo muitas limitações regionais. Sua composição é relativamente padronizada e

controlada pelo Ministério da Agricultura. É um alimento de grande aceitabilidade pelos animais, adequado à nutrição de ruminantes, apresentando composição químico-bromatológica, com bom teor protéico e rico em fibras altamente digestíveis

Como grande parte dos trabalhos em que se comparou a substituição do milho em grãos por ingredientes alternativos foi realizada nos EUA, utilizando-se feno ou silagem pré-secada de alfafa, e silagem de milho de alta qualidade como volumosos, os resultados obtidos utilizando-se volumosos com características diferentes, como os que se utiliza em nosso país, podem ser diferentes. Além disso, em nenhum dos trabalhos revisados foi possível comparar rações com teores médios de amido (25% da MS) resultantes da combinação entre milho e polpa cítrica com rações com teores mais baixos de amido (16% da MS) mas ricas em outros carboidratos também de alta digestibilidade ruminal como açúcares e fibra de alta digestibilidade, resultantes da combinação entre polpa cítrica e FT. É muito difícil encontrar na literatura trabalhos que avaliem especificamente o FT em relação a outros alimentos. Em muitos estudos ele é avaliado em misturas com outros subprodutos fibrosos, como fonte alternativa de fibra de maior digestibilidade, em substituição à parte do volumoso.

O presente trabalho tem o objetivo de contribuir com informações a respeito da utilização do FT em condições semelhantes às encontradas em diversas regiões do nosso país, nas quais as fazendas produtoras de leite utilizam silagem de milho de qualidade mediana, e parte do concentrado é normalmente constituído por polpa cítrica, avaliando o desempenho de vacas leiteiras recebendo rações onde o os grãos de milho serão substituídos por diferentes teores de FT.

Estudou-se a inclusão de três teores de FT (0, 10 e 20% da MS total) em substituição parcial ou total ao milho moído, em rações contendo polpa cítrica, e seus efeitos sobre a produção e composição do leite, consumo de matéria seca e parâmetros sanguíneos.

5.2 Material e métodos

5.2.1 Local e animais

O experimento foi conduzido nas instalações do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), em Piracicaba – SP, entre os meses de julho e setembro de 2003. As instalações constaram de um sistema de confinamento do tipo "free-stall" com quatro divisórias com 14 baias cada. Neste ensaio utilizaram-se apenas três das quatro divisórias disponíveis. Foram utilizadas 36 vacas da raça Holandesa, com peso vivo médio de 605 kg, período médio de lactação de 129 dias e produção média de leite de 30,4 kg/d. Todos os animais receberam injeções de somatotropina bovina recombinante (Lactotropin[®]) a cada 10 dias.

5.2.2 Tratamentos

Neste trabalho foram estudados teores crescentes de inclusão do FT em substituição ao milho moído, nas rações de vacas em lactação, recebendo silagem de milho como volumoso. Os tratamentos testados foram:

- FT 0:** sem inclusão de FT e 20% de milho na MS da ração completa.
- FT 10:** ração com 10% de FT e 10% de milho moído na MS da ração completa.
- FT 20:** ração com 20% de FT na MS da ração completa e sem milho moído.

As rações foram formuladas através do programa NRC (2001) para serem isoprotéicas. Os ingredientes utilizados foram silagem de milho, milho moído fino, polpa cítrica peletizada, farelo de trigo, farelo de soja, soja extrusada, suplemento mineral e vitamínico e bicarbonato de sódio (Tabela 5.1).

Tabela 5.1 - Composição das rações experimentais

	<i>Tratamentos</i> ¹		
	FT 0	FT 10	FT 20
<i>Ingredientes, % da MS</i>			
Silagem de milho	50,00	50,00	50,00
Milho moído fino	20,00	10,00	-
Farelo de Trigo	-	10,00	20,00
Polpa cítrica	3,49	5,98	8,23
Farelo de soja	13,77	10,57	9,19
Soja Extrusada	9,87	10,53	9,65
Supl. Min. Vit. ²	2,30	2,30	2,30
Bicarbonato de Na	0,65	0,65	0,65
<i>Composição química</i>			
PB, % da MS ³	18,1	17,9	17,8
FDN, % da MS ³	36,9	40,2	43,5
FDN forragem, % da MS ³	29,1	29,2	29,2
CNF, % da MS ³	36,9	33,6	30,4
Amido, % da MS ³	25,27	20,54	15,78
EE, % da MS ³	4,2	4,4	4,3
NDT, % da MS ⁴	73,0	71,0	69,0
EL _L , Mcal/kg MS ⁴	1,63	1,62	1,59

¹ FT 0 = sem inclusão de FT e 20% de milho na MS da ração completa; FT 10 = 10% de FT e 10% de milho moído na MS da ração completa; FT 20 = 20% de FT na MS da ração completa e sem milho moído;

² Composição do Supl. Min. Vit.: Ca, 16,81%; P, 4,20%; S, 2,29%; Na, 11,56%; Cl, 8,06%; Mg, 2,67%; Co, 38,2 ppm; Cu, 343,83 ppm; I, 30,58 ppm; Fe, 578,94 ppm; Mn, 1146,15 ppm; Se, 15,30 ppm; Zn, 1184,20 ppm; Vit. A, 68.760 UI/kg; Vit. D₃: 57.300 UI/kg; Vit. E, 764 UI/kg; Rumensin, 0,60 %.

³ Valores obtidos com base nos resultados das análises químico-bromatológicas dos ingredientes;

⁴ Valores estimados de acordo com NRC (2001);

5.2.3 Período experimental e colheita de dados

O período pré-experimental teve a duração de 14 dias, durante o qual todas as vacas receberam a mesma ração. A produção de leite durante este período, o estágio de lactação e ordem de parição foram usados para agrupar as vacas nos tratamentos experimentais. O período experimental teve a duração de 60 dias divididos em três subperíodos de 20. Os 14 primeiros dias de cada subperíodo foram para adaptação dos animais às rações e os outros seis para colheita de dados.

Os animais foram pesados e a condição corporal foi avaliada no início e final do período experimental de cada experimento, utilizando-se a escala de 1 a 5 de acordo com WILDMAN et al. (1982).

Os animais foram ordenhados duas vezes ao dia, às 6:00 e 18:00h e as produções de leite individuais registradas nos últimos três dias de cada subperíodo, de cada experimento, através de medidores do tipo "Mark V". Amostras de leite de cada vaca foram colhidas também nestes dias, na ordenha da tarde, e analisadas para gordura, proteína, lactose, sólidos totais pelo processo de infravermelho através do analisador Bentley 2000 (Bentley Instruments®) e nitrogênio uréico pelo analisador ChemSpec 150 (Bentley Instruments®) junto ao Laboratório da Clínica do Leite do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP.

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, às 6:00 e 18:00h e as sobras de alimento foram pesadas e descartadas diariamente antes do fornecimento do período da tarde. O consumo de alimento foi medido diariamente em grupo, por tratamento, durante os últimos seis dias de colheita de dados de cada subperíodo.

A silagem foi amostrada semanalmente e os outros alimentos no início de cada período de colheita de dados, sendo as amostras de silagem armazenadas a -18°C. Sub amostras da silagem foram secas imediatamente após a amostragem, a 105°C por 24 horas, para determinação da MS, a fim de se proceder ao ajuste da formulação das rações. Após o período experimental, as amostras foram secas a 55°C (em estufa com circulação forçada de ar por 72 horas) e analisadas para MS (três horas

em estufa a 105°C), matéria orgânica (MO) (três horas em mufla a 600°C), FDN e FDA de acordo com VAN SOEST et al. (1991), proteína bruta (PB) de acordo com AOAC (1990), e amido segundo método descrito por POORE et al. (1993).

No último dia de cada subperíodo, quatro horas após alimentação, amostras de sangue foram colhidas da veia coccígea utilizando-se tubos providos de vácuo, contendo antiglicolítico e anticoagulante. As amostras foram centrifugadas em 2000 g por 20 minutos, armazenadas a -18°C, para posterior determinação das concentrações de glicose através do Analisador Bioquímico YSI 2700S (Yellow Springs Instrument Co. Inc., Ohio, USA).

5.2.4 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento estatístico utilizado foi o de Quadrados Latinos (QL) 3x3 repetidos. Foram utilizados 36 animais distribuídos em 12 QL, agrupados em cada QL de acordo com o número de lactações (múltiparas ou primíparas), a produção de leite e os dias em lactação, medidos durante o período pré-experimental.

Os dados de consumo foram analisados como 1 Quadrado Latino simples, onde cada lote de animais de cada tratamento, foi considerado a unidade experimental, em virtude do consumo de alimento ter sido medido em grupo e não individualmente.

Os dados foram analisados pelo PROC GLM (General Linear Models) do programa estatístico SAS (2000), versão 8.2 para Windows. Foi feita a análise de regressão polinomial de 1° e 2° grau. Considerou-se o nível de significância de 5% para a probabilidade do teste F na análise de variância, e de até 10% como tendência.

Todos os dados foram testados para se verificar a distribuição normal dos erros, utilizando-se o PROC UNIVARIATE (SAS 2000). Os dados que apresentaram erros fora do intervalo entre ± 3 desvios foram descartados da análise estatística.

A tabela 5.2 apresenta o resumo esquemático da análise de variância utilizado no delineamento em QL simples e com repetições, segundo GOMES (2000).

Tabela 5.2 - Resumo esquemático da análise de variância

Causas de variação	GL ¹	GL ²	GL ³
Repetições	11	4	-
Lote	---	-	2
Vaca dentro de repetição	24	10	-
Período	-	-	2
Período dentro de repetição	24	10	-
Tratamento	2	2	2
Resíduo	46	18	2
Total	107	44	8

Obs: causas de variação que não possuem graus de liberdade (indicadas por hífen) não foram incluídas no modelo matemático.

- ¹ Graus de liberdade associados à análise das seguintes variáveis: produção de leite, composição do leite e variação do escore de condição corporal (36 animais e 12 repetições).
- ² Graus de liberdade associados à análise da variável glicose plasmática (15 animais e 5 repetições).
- ³ Graus de liberdade associados à análise da variável consumo de matéria seca (QL simples 3x3).

5.3 Resultados e discussão

5.3.1 Composição química das rações e ingestão de matéria seca

Os dados da análise químico-bromatológica dos ingredientes são apresentados na Tabela 5.3. O teor de MS da silagem de milho está abaixo da faixa recomendada, entre 32 a 35%, sugerindo que o material foi ensilado antes do ponto ideal de colheita (NUSSIO, 1991). A colheita do milho antes do ponto ideal para a ensilagem, resulta em redução na proporção de grãos na silagem e explica em parte o teor baixo de amido na silagem experimental. A composição das rações foi estimada a partir dos resultados dos ingredientes, com exceção do valor de amido da polpa. Nestes cálculos o teor de amido da polpa cítrica foi considerado como sendo 0,5%, por estar mais próximo aos valores encontrados na literatura. (CARMO, 2005).

Tabela 5.3 - Composição bromatológica dos ingredientes experimentais, em porcentagem da MS

Amostra	MS ¹	PB	FDN	FDA	NDT	Amido
Silagem de milho	28,89	10,07	58,34	31,04	64,13	19,36
Milho moído fino	92,88	10,19	10,18	2,79	88,26	72,12
Farelo de trigo	93,67	18,03	41,60	12,05	71,99	25,65
Polpa cítrica	93,93	7,63	25,24	24,37	74,65	0,50
Farelo de soja	94,24	47,62	18,92	10,67	79,15	5,51
Soja extrusada	91,00	42,85	22,55	15,01	97,44	4,66

¹ MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; NDT = nutrientes digestíveis totais; valores de NDT estimados de acordo com NRC (2001).

Na Tabela 5.4 são apresentados os dados de ingestão de MS, produção e composição do leite, glicose plasmática e variação do escore de condição corporal das vacas para os tratamentos.

Tabela 5. 4 - Consumo de matéria seca, produção e composição do leite, concentração de nitrogênio uréico no leite, e concentração de glicose plasmática para os diferentes tratamentos

Variável ¹	Tratamentos ²			EPM ³	P ⁴	
	FT 0	FT 10	FT 20		L	Q
Leite (kg/d)	31,88	32,19	30,87	0,262	0,009	0,015
LCG 3,5 (kg/d)	27,91	27,89	26,52	0,402	0,019	NS
CMS (kg MS/an./d)	23,56	22,25	20,79	0,285	0,020	NS
Gordura (%)	2,70	2,75	2,60	0,041	0,091	0,066
Gordura (kg/d)	0,86	0,88	0,81	0,018	0,046	0,045
Proteína (%)	3,07	3,09	3,06	0,020	NS	NS
Proteína (kg/d)	0,98	0,97	0,94	0,011	0,013	NS
Relação gord/prot	0,89	0,92	0,86	0,017	NS	0,033
Lactose (%)	4,47	4,45	4,44	0,015	NS	NS
Lactose (kg/d)	1,43	1,44	1,37	0,014	0,006	0,043
Sólidos totais (%)	11,21	11,24	11,10	0,073	NS	NS
Sólidos totais (kg/d)	3,60	3,58	3,42	0,044	0,005	NS
Variação ECC (pontos)	+0,084	+0,079	+0,075	0,008	NS	NS
Variação ECC (%)	+1,02	+0,98	+0,94	0,039	NS	NS
NUL (mg/dL)	14,57	15,02	15,34	0,202	0,010	NS
GP (mg/dL)	56,92	56,73	54,43	0,875	NS	NS

¹ LCG 3,5 = produção de leite corrigida para 3,5% de gordura; ECC = escore de condição corporal; NUL = nitrogênio uréico no leite; GP = glicose plasmática.

² FT 0 = sem inclusão de FT e 20% de milho na MS da ração completa; FT 10 = 10% de FT e 10% de milho moído na MS da ração completa; FT 20 = 20% de FT na MS da ração completa e sem milho moído;

³ EPM = Erro padrão da média.

⁴ Probabilidade dos contrastes para (L) efeito linear e (Q) efeito quadrático (desvio da linearidade) para os teores de farelo de glúten de milho 21 testados; NS = não significativo.

A substituição do milho pelo FT causou redução linear ($P < 0,05$) no CMS, sendo que a diferença entre o controle e a ração com maior inclusão de FT foi de 2,8

kg/dia. Uma das possibilidades para esse comportamento seria o maior teor de FDN das rações contendo o FT, associado ao baixo teor de amido, que ficou em torno de 15% da MS para a ração com mais FT. No tratamento FT 20 a relação FDN:amido foi de 2,76, muito superior aos 1,39 propostos por GRANT (2005) para maximizar o desempenho de vacas leiteiras de alta produção. Nos trabalhos de ACEDO et al. (1987), BERNARD & MCNEILL (1991), SOARES et al. (2004) e ZHU et al. (1997) não foram observadas diferenças no CMS quando o FT substituiu o milho em diferentes níveis.

5.3.2 Produção e composição do leite e parâmetros sanguíneos.

A redução no CMS se refletiu na produção de leite, uma vez que a inclusão do FT causou redução nesse parâmetro ($P < 0,01$). A ração com maior inclusão de FT resultou na menor produção de leite. No entanto, a ração intermediária, com inclusão de 10% de FT na MS total apresentou o valor mais elevado para esse parâmetro, mesmo apresentando CMS significativamente menor ($P < 0,05$) que a ração controle. Vale ressaltar que mesmo com teor baixo de amido (15,78% da MS) na ração FT20, a produção média das vacas foi elevada nesse tratamento (30,87 kg/dia), o que evidencia o bom potencial de utilização de subprodutos fibrosos em rações de vacas leiteiras.

O trabalho de ZHU et al. (1997) também mostrou redução na produção de leite com a inclusão de 22% de FT em substituição parcial ao milho, mas nesse trabalho não se usou uma dose intermediária de FT que permitisse uma comparação com o tratamento FT 10. Resultados semelhantes foram reportados por BERNARD & MCNEILL (1991). SOARES et al. (2004) não observaram diferenças na produção de leite quando o FT substituiu o milho em diferentes níveis (0 a 13% da MS total). ACEDO et al. (1987) afirmam que não é de se esperar alterações na produção de leite com a inclusão do FT às rações, a não ser que o subproduto participe com mais de 40% da MS total. Dessa forma, a explicação mais provável para a resposta obtida no presente ensaio é a variação observada no CMS.

A inclusão do FT às rações causou efeito quadrático sobre o teor de gordura do leite, com o tratamento FT 10 apresentando valor significativamente mais alto ($P < 0,05$) que os demais, num padrão semelhante ao detectado para a produção de leite. Isso diverge da quase totalidade dos trabalhos revisados, nos quais não se observou efeito do FT sobre a gordura do leite (ACEDO et al., 1987; BERNARD & MCNEILL, 1991; MILLER et al., 1990; SOARES et al., 2004; ZHU et al., 1997). Não há elementos para explicar essa variação, mas é importante ressaltar o fato de as rações terem apresentado teor de gordura bastante baixo (média de 2,68%), o que pode ter influenciado o efeito sobre a gordura do leite. A possível causa para esse valor tão baixo é a utilização da soja extrusada, que sabidamente é um alimento que contribui bastante para a queda no teor de gordura do leite (ABU-GHAZALEH, et al., 2002; KIM, et al., 1993; WHITLOCK et al., 2002)., especialmente em rações que não contenham nenhuma fonte de fibra longa, com silagem de milho como volumoso exclusivo.

Mesmo em rações cujo volumoso é composto por silagem de milho e feno de alfafa, em partes iguais, há trabalhos que mostram redução no teor de gordura do leite com a inclusão da soja extrusada (ABU-GHAZALEH, et al., 2002; KIM, et al., 1993; WHITLOCK et al., 2002).

Observou-se efeito linear ($P < 0,05$) dos tratamentos sobre a produção de leite corrigido para 3,5% de gordura (LCG 3,5%), sendo que o tratamento FT 20 apresentou valor bem mais baixo que os demais, o que também diverge dos resultados apresentados na literatura (ACEDO et al., 1987; BERNARD & MCNEILL, 1991; MILLER et al., 1990; SOARES et al., 2004; ZHU et al., 1997). Em função da falta de efeitos da inclusão de FT sobre o teor de gordura do leite nos trabalhos disponíveis, como já citado anteriormente, também não se observa variações na produção de LCG entre os trabalhos revisados.

A produção total de gordura no leite também foi afetada de forma quadrática ($P < 0,05$) pelos tratamentos, o que acompanha a variação no teor de gordura do leite e é coerente com o nível de produção de leite proporcionado por cada uma das rações experimentais. Também para esta variável a comparação com dados da literatura é difícil, pois não há relatos de alterações na síntese de gordura do leite em resposta à

substituição do milho por FT. Também nesse caso é possível que o baixo teor de gordura observado para todos os tratamentos tenha influenciado essa resposta.

O teor de proteína do leite não foi afetado pelos tratamentos ($P > 0,10$). Em função da variação na produção de leite, a produção total de proteína do leite foi linearmente reduzida ($P < 0,05$) com a substituição do milho pelo FT. Esse padrão está de acordo com os resultados de BERNARD & MCNEILL (1991), MILLER et al. (1990), SOARES et al. (2004) e ZHU et al. (1997). Há um consenso entre os autores de que não se espera alterações no teor de proteína do leite quando o FT substitui o milho nos níveis utilizados no presente experimento. Em função da variação na produção de leite, a produção total de proteína do leite foi linearmente reduzida ($P < 0,05$) com a substituição do milho pelo FT.

Face aos resultados relativos aos teores de gordura e proteína observados, a relação gordura/proteína apresentou resposta quadrática aos tratamentos ($P < 0,05$), sendo que o tratamento FT 10 foi o que apresentou valor mais elevado para esse parâmetro. Esse resultado está de acordo com os demais parâmetros relacionados, mas, em função do baixo teor de gordura do leite em todos os tratamentos, essa variável apresentou valores muito baixos, que também divergem dos reportados na quase totalidade dos trabalhos revisados.

O teor de lactose no leite não apresentou variação entre os tratamentos. Da mesma forma que para a proteína do leite, em função da variação no nível de produção entre os tratamentos, houve efeito quadrático sobre a síntese total de lactose com a substituição do milho pelo FT ($P < 0,05$).

Os dados relativos à concentração total de sólidos no leite também não mostraram variação com a inclusão do FT em substituição ao milho ($P > 0,10$). Porém a produção total de sólidos no leite foi linearmente reduzida ($P < 0,01$) à medida que se aumentava o teor de FT nas rações, possivelmente em função da queda na produção de leite observada com a inclusão do subproduto.

A variação no ECC também não foi afetada pelos tratamentos, tanto em pontos como a variação percentual. Os valores absolutos e a variação observados são condizentes com o estágio de lactação das vacas. Face à curta duração dos períodos experimentais, não é de se esperar variações significativas nesse parâmetro. Para essa variável também não se encontrou referências na literatura revisada. No trabalho de ACEDO et al. (1987) as rações contendo FT (18% da MS em média) suportaram o mesmo ganho de peso que a ração controle, que tinha cerca de 35% de grãos (milho e sorgo). Considerando que variações do ECC devem refletir variações no peso vivo, as observações de ACEDO et al. (1987) estão de acordo com os resultados do presente experimento.

A substituição do milho pelo FT causou aumento linear ($P < 0,05$) na concentração de N-uréico no leite no presente ensaio. Como o valor de NUL está diretamente relacionado ao teor e características da proteína da ração e também à disponibilidade energética para metabolizar essa proteína, essa variação pode estar relacionada à redução na concentração de CNF e amido das rações à medida que se incluía o subproduto em substituição ao milho. Além disso o teor de proteína degradável no rúmen (PDR) aumentou com a inclusão do FT, passando de 11,6% da MS na ração controle para 12% na ração FT 20. O modelo do NRC (2001), utilizado para formular as rações, aponta uma sobra de mais de 130 g/dia de PDR para FT 20 em relação ao controle. Isso, associado à menor disponibilidade de CNF, pode explicar esse aumento nos valores de NUL.

Esse resultado está de acordo com as observações de DELAHOY et al. (2003), que observaram aumento na concentração de NUL com o aumento no fornecimento de uma mistura de subprodutos fibrosos (FT, CS e polpa de beterraba) em substituição ao milho moído no concentrado de vacas sob pastejo. ACEDO et al. (1987) não mediram os valores de NUL, mas observaram aumento nos teores de N no plasma para a ração com FT em relação à ração com milho, o que também concorda com os resultados do presente ensaio. Testando a substituição de grãos de cereais por CS, MIRON et al. (2004 a, b) também observaram aumento nos valores de NUL com a utilização do subproduto, concordando com os valores obtidos neste experimento.

A concentração plasmática de glicose foi, em média, de 56,03 mg/dL, e não apresentou variação entre os tratamentos. Os valores estão dentro da faixa de variação considerada normal, entre 42 e 74 mg/dL (FRASER, 1991). DELAHOY et al. (2003) também não observaram variações para este parâmetro.

5.3.3 Avaliação econômica das rações

A substituição do milho moído pelo FT provocou diversas alterações sobre o consumo de alimentos, produção e composição do leite. Pelos resultados obtidos, do ponto de vista técnico-científico não há vantagens evidentes com essa substituição, dentro das condições praticadas neste ensaio. No entanto o preço dos diferentes ingredientes utilizados nas rações experimentais apresenta grande oscilação ao longo do ano, de forma que a viabilidade da inclusão do FT em rações para vacas leiteiras deve ser avaliada também sob o prisma econômico.

Para tal fez-se uma avaliação do custo de cada ração experimental, incluindo o custo por kg de leite produzido, bem como da receita menos o custo dos alimentos (RMCA). Os resultados estão na tabela 5.5.

Tabela 5.5 - Análise econômica da viabilidade do uso das rações experimentais

Índices	Tratamentos ¹		
	<i>FT 0</i>	<i>FT 10</i>	<i>FT 20</i>
Custo alimentos/vaca/dia ² , R\$	9,32	8,57	7,77
Custo/kg de leite, R\$	0,29	0,27	0,25
Receita do leite ³ , R\$/vaca/dia	15,50	15,65	15,00
RMCA, R\$/vaca/dia	6,18	7,07	7,23

¹ FT 0 = sem inclusão de FT e 20% de milho na MS da ração completa; FT 10 = 10% de FT e 10% de milho moído na MS da ração completa; FT 20 = 20% de FT na MS da ração completa e sem milho moído;

² Os preços dos volumosos são de NUSSIO & PONCHIO (2006); Os preços dos concentrados são os praticados no mercado do estado de São Paulo na semana de 9 a 15/07/2006, pesquisados junto ao relatório diário do Instituto FNP e ao Informativo A Nata do Leite, edição de julho/2006.

³ O preço do leite foi retirado do Boletim do Leite - maio/2006 - preço líquido médio no estado de SP em maio/2006.

É interessante notar que mesmo proporcionando uma receita bruta menor, o tratamento FT 20 foi o que proporcionou a melhor RMCA, devido ao menor CMS e menor custo diário por animal observado para esse tratamento. No entanto, como esses preços oscilam bastante ao longo do ano, é preciso considerar o custo de oportunidade do FT frente ao milho, para cada um dos tratamentos, conforme ilustrado na tabela 5.6

Tab. 5.6 - Projeção da receita menos os custos dos alimentos (RMCA) para as duas rações experimentais que continham FGM-21, em diferentes condições de preço do milho em grãos e do subproduto

Preço do milho, R\$/ton MN	FT 10	FT 20	RCMA com o uso da ração, R\$/vaca/dia
	<i>Custo de oportunidade da FT¹, R\$/ton MN</i>	<i>Custo de oportunidade da FT², R\$/ton MN</i>	
200	536,00	398,00	6,58
225	562,50	425,00	6,46
250	594,50	454,50	6,33
275	624,00	483,50	6,20
300	649,50	511,00	6,08
325	679,00	540,00	5,95
350	708,50	569,50	5,82
375	733,00	598,50	5,69
400	763,00	625,50	5,57
425	793,00	655,50	5,44
450	822,50	683,50	5,31

¹ Preço abaixo do qual a utilização do FT é viável, em substituição parcial ao milho em grãos, na dose de 10% da MS total da ração (tratamento FT 10);

² Preço abaixo do qual a utilização do FT é viável, em substituição total ao milho em grãos, na dose de 20% da MS total da ração (tratamento FT 20).

A tabela 5.6 mostra uma simulação onde, em função do preço pago pelo milho em grãos, tem-se um preço para o FT, abaixo do qual é interessante sua utilização (custo de oportunidade), mesmo que a produção de leite seja menor, pois a RCMA será equivalente ou maior do que quando se utiliza exclusivamente o milho.

É importante ressaltar que nas projeções de RCMA realizadas neste trabalho considerou-se os dados de produção de leite e CMS observados para cada uma das rações experimentais (tabela 5.4), e que os preços atribuídos aos ingredientes foram obtidos de diferentes fontes. Dessa forma essas projeções não devem ser extrapoladas

para situações diferentes. Para isso é necessária uma nova pesquisa de preços no momento e região onde os ingredientes serão utilizados.

5. 4 Conclusões

A substituição de metade do milho por farelo de trigo (FT 10), reduziu o teor de amido da ração de 25,27 para 20,54%, reduziu o CMS e aumentou levemente a produção de leite sem efeito negativo nos teores de gordura, proteína e lactose, indicando melhor eficiência alimentar de vacas com produção de leite ao redor de 32 kg/dia.

A substituição total do milho por farelo de trigo (FT 20) foi excessiva e reduziu o teor de amido para 15,78% e aumentou o teor de FDN para 43,6% da MS total, com redução do CMS e da produção de leite e de sólidos do leite.

Dessa forma, conclui-se que a substituição parcial do milho pelo FT nos níveis adotados para o tratamento FT 10 pode ser interessante para rações de vacas leiteiras produzindo em torno de 31 kg de leite ao dia, desde que o preço do subproduto seja competitivo frente ao do cereal.

6 CONCLUSÕES GERAIS

De maneira geral, a substituição do milho moído pelos subprodutos testados mostrou-se viável para vacas com produção entre 25 e 30 kg leite/dia, consumindo rações com silagem de milho como volumoso principal e utilizando polpa cítrica como parte da fonte energética.

A utilização do FGM-21 em substituição ao milho moído não alterou o consumo de alimentos, nem a produção de leite, e resultou em poucas e discretas alterações sobre sua composição. Em situações em que o preço do subproduto for competitivo frente ao do milho, sua inclusão em até 20% da MS das rações pode ser economicamente interessante.

A substituição do milho pela CS também não alterou o consumo de alimentos e nem a produção de leite, mas resultou em maior teor de gordura no leite, o que se refletiu em tendência de aumento na produção de leite corrigido para gordura. A inclusão da CS também causou redução nos teores de nitrogênio uréico no leite, o que reflete uma melhor utilização da proteína da ração. Como a ração com 20% de CS gerou um consumo de MS numericamente mais elevado, o resultado econômico de sua utilização não mostrou-se favorável, mas a inclusão da CS na dose intermediária (10% da MS) mostrou-se economicamente vantajosa em relação ao controle, o que aponta para a viabilidade de utilização deste subproduto em substituição parcial ao milho, sempre que o seu custo for competitivo.

Já a substituição total do milho moído pelo FT resultou em menor produção de leite e de leite corrigido para gordura, bem como da síntese dos componentes do leite. A substituição parcial do cereal pelo subproduto aumentou levemente a produção de leite sem efeito negativo sobre sua composição. Como as rações com FT apresentaram menor consumo de alimentos, sua utilização foi economicamente mais vantajosa que a ração controle. Dessa forma, quando o preço do FT for competitivo frente ao do milho, sua utilização em até 10% da MS da ração, em substituição ao milho moído, parece ser interessante.

REFERÊNCIAS

ABU-GHAZALEH, A. A.; SCHINGOETHE, D. J.; HIPPEN, A. R.; WHITLOCK, L. A. Feeding Fish Meal and Extruded Soybeans Enhances the Conjugated Linoleic Acid (CLA) Content of Milk. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 85, n.3, p. 624-631, 2002.

ACEDO, C.; BUSH, L. J.; ADAMS, G. D. Responses of dairy cows to different amounts of wheat middlings in the concentrate mixture. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.70, n.3, p.635-638, 1987.

ALVAREZ, H. F.; SANTINI, F. J.; REARTE, D.; HELIZALDE, J. C. Milk production and ruminal digestion in lactating dairy cows grazing temperate pastures and supplemented with cracked corn or high moisture corn. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 91, p. 183-195. 2001.

ALVES, A. C. N.; MATTOS, W.; SANTOS, F. A. P.; PEDROSO, A. M.; BALESTRINI, D. C. Composição e Produção de Leite de Vacas Holandesas Alimentadas com Farelo de Glúten de Milho Desidratado em Substituição Parcial à Silagem de Milho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. 1 CD/ROM.

ARMENTANO, L.E.; DRIVER, L.S.; ELDERBROOK, R. Supplementation of a mixed silage diet with wet corn gluten feed (WFGM-21) or dry grain mix for cows in early lactation, **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 69, Supl. 1, p.216, 1986.

ARMENTANO, L.E.; DENTINE, M.R. Wet corn gluten feed as a supplement for lactating dairy cattle and growing heifers. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 71, n.4, p.990-995, 1988.

ASSIS, A.J.; CAMPOS, J.M.S.; OLIVEIRA, A.S.; TEIXEIRA, R. M. A.; MOREIRA, L. M.; CARVALHO, I. P. C.; VALADARES FILHO, S. C.; VALADARES, R. F. D. Casca de soja em dietas de vacas leiteiras. I – Consumo, variação de peso, produção e composição

do leite. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. 1 CD/ROM.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 15th ed. Arlington, 1990. v.1, 1117p.

BANKS, W.; MUIR, D.D. Structure and chemistry of the starch granule. In: STUMPF, P.K.; CONN, E.E. (Ed.) **The biochemistry of plants; a comprehensive treatise**. San Diego: Academic Press, 1980. v.3: Carbohydrates: Structure and Function., cap.9, p. 321-69.

BARGO, F.; PIERONI, G. A.; REARTE, D.H. Milk production and ruminal fermentation of grazing dairy cows supplemented with dry-ground corn or steam-flaked corn **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.81, Suppl. 1, p.250, 1998.

BELYEA, R. & FELLNER, V. Corn gluten cuts costs for some dairymen. **Hoard's Dairyman**, Fort Atkinson, v. 139, n.5, p.203, 10/ mar, 1994.

BERNARD, J. K.; DeLOST, R. C.; MUELLER, F. J.; MILLER, J. K. ; MILLER, W. M. Effect of wet or dry corn gluten feed on nutrient digestibility and milk yield and composition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n°11, p. 3913-3919, 1991.

BERNARD, J.K.; AMOS, H. E.; FROETSCHER, M. A. Influence of supplemental energy and protein synthesis and crude protein reaching the abomasum. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 71, n.10, p. 2658-2669, 1988.

BERNARD, J.K.; MCNEILL, W. W. Effect of High Fiber Energy Supplements on Nutrient Digestibility and Milk Production of Lactating Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n.3, p.991-995. 1991.

BLASI, D. A.; BROUK, M. J.; DROUILLARD, J. S.; MONTGOMERY, S. P. Corn gluten feed, composition and feeding value for beef and dairy cattle. Kansas State University Agricultural Experimental Station and Cooperative Extension, 2001. 14 p.

BLASI, D. A.; KUHL, G. L.; DROUILLARD, J. S.; REED, C. L.; TRIGO-STOCKLI, D. M.; BEHNKE, K. C.; FAIRCHILD, F. J. Wheat middlings composition, feeding value and storage guidelines. Kansas State University Agricultural Experimental Station and Cooperative Extension Service, Bull. MF-2353, 21 p. 1998.

BLASI, D. A.; TITGEMEYER, E.C.; DROUILLARD, J. S.; PAISLEY, S.I.; BROUK, M. J. Soybean hulls, composition and feeding value for beef and dairy cattle. Kansas State University Agricultural Experimental Station and Cooperative Extension Service, Bull. MF-2438, 16 p. 2000.

BODDUGARI, K.; GRANT, R. J.; STOCK, R.; LEWIS, M. Maximal Replacement of Forage and Concentrate With a New Wet Corn Milling Product for Lactating Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 84, n.4, p. 873-884, 2001.

CARMO, C. A. **Grau de moagem do milho, inclusão de subprodutos agroindustriais e aditivo microbiológico em rações para vacas leiteiras**. 2005. 105 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

CHANDLER, P. All factors should be considered prior to use of alternative feeds. **Feedstuffs**, Minnetonka, v. 65, n. 11, p.13. 1993

DELAHOY, J. E.; Muller, L. D.; Bargo, F.; Cassidy, T. W.; Holden, L. A. Supplemental carbohydrates sources for lactating dairy cows on pasture. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, n.3, p. 906-915, 2003.

DeLOST, R. C. ; MILLER, J. K. ; MULLER, F. J.; RAMSEY, N.; BERNARD, J. K.; MONTGOMERY, M. J. HOLMES, C. R. Performance of lactating dairy cows fed wet or dry corn gluten feed. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.72, Supl. 1, p.511-512, 1989.

DHUYVETTER, J.; HOPPE, K.; ANDERSON, V. Wheat Middlings - A useful feed for cattle. <http://www.ext.nodak.edu/extpubs/ansci/livestoc/as1175w.htm> Acessado em 30 jun. 2006.

FELLNER, V.; BELYEA, R. L. Maximizing gluten feed in corn silage diets for cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.74, n.3, p.996-1005, 1991.

FELLNER, V.; BELYEA, R. L. ; STEEVENS, B. J. ; RICKETTS, R. E. Nutritive value and feeding management of corn gluten feed. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.71, Supl. 1, p.215, 1988.

FERDINAND, E. E.; SHIRLEY, J. E.; TITGEMEYER, E. C.; PARK, A. F.; DEFRAIN, J. M. Performance of holstein cows fed wet corn gluten feed or soyhull-steep liquor pellets during early lactation. **Kansas State University Dairy Day**, Hutchinson, p.44-46, 2001.

FIRKINS, J. L.; EASTRIDGE, M. L. Replacement of forage or concentrate with combinations of soyhulls, sodium bicarbonate, or fat for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.75, p.2752–2760, 1992.

FIRKINS, J. L.; EASTRIDGE, M. L.; PALMQUIST, D. L. Replacement of corn silage with dry corn gluten feed (FGM-21) and sodium bicarbonate (SB) for lactating dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n.6, p.1944-1952, 1991.

FIRKINS, J. L.; BERGER, L. L. ; FAHEY JUNIOR., G. C. Evaluation of wet and dry distillers grains and dry corn gluten feeds for ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.60, n.3, p.847-860, 1985.

FLECK, A.T.; LUSBY, K. S.; OWENS, F. N. ; McCOLLUM, F. T. Effects of corn gluten feed on forage intake, digestibility and ruminal parameters of cattle fed native grass hay. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.66, n.3, p.750-757, 1988.

FRASER, C. M. **Manual Merck de Veterinária**. 6. ed. São Paulo: Roca, 1991. 2169p.

GRANT, R. Optimizing starch concentrations in dairy rations. In: Tri-State Dairy Nutrition Conference, 8. Fort Wayne, 2005. **Proceedings...** Fort Wayne, 2005. p. 73-79.

GREEN, D. A. ; STOCK, R. A. ; GOEDEKEN, F. K. ; KLOPFENSTEIN, T. J. Energy value of corn wet milling by-product feeds for finishing ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.65, n.6, p. 1655-1666, 1987.

GUNDERSON, S. L.; AGUILAR, A. A.; JOHNSON, D. E.; OLSON, J. D. Nutritional value of wet corn gluten feed for sheep and lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 71, n.5, p. 1204-1210, 1988.

HANNAH, S. M. ; PATERSON, J. A. ; WILLIAMS, KERLEY, M. S. Effects of corn vs corn gluten feed on site, extent and ruminal rate of forage digestion and rate and efficiency of gain. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.68, n.8, p.2536-2545, 1990.

HARRIS JUNIOR, B. Purchasing, Storing, and Using Commodity Feedstuffs. In: VAN HORN, H.H.; WILCOX, C.J. (Ed.) **Large Dairy Herd Management**. Savoy: American Dairy Science Association, 1992. chap. 38, p. 373-381.

HINDERS, R., Common byproduct feedstuffs nutrient profiles confirmed in California study. **Feedstuffs**, v. 72, n.25, p.10, 2000.

HOPKINS, B. A.; WHITLOW, L. W. Recommendations for feeding selected by-product feeds to dairy cattle. North Carolina State University Cooperative Extension Service, Bull. ANS01-205D, 2002.

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

IMAIZUMI, H. **Suplementação Protéica, Uso de Subprodutos Agroindustriais e Processamento de Milho em Dietas para Vacas Leiteiras em Confinamento**. 2005. 182 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

IPHARRAGUERRE, I. R.; CLARK, J. H. Soyhulls as an Alternative Feed for Lactating Dairy Cows: A Review. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, n.4, p.1052-1073, 2003.

IPHARRAGUERRE, I. R.; IPHARRAGUERRE, R. R.; CLARK, J. H. Performance of lactating dairy cows fed varying amounts of soyhulls as a replacement for corn grain. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.85, n.11, p.2905-2912, 2002a.

IPHARRAGUERRE, I. R.; SHABI, Z.; CLARK, J. H.; FREEMAN, D. E. Ruminant fermentation and nutrient digestion by dairy cows fed varying amounts of soyhulls as a replacement for corn grain. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.85, n.11, p.2890–2904, 2002b.

JASTER, E. H. ; STAPLES, C. R.; McCOY, G. C.; DAVIS, C. L. Evaluation of wet corn Gluten feed, oatlage , sorghum-soybean silage, and alfafa haylage for dairy heifers. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 67, n°9, p.1976-1982, 1984.

KAINUMA, K. Structure and Chemistry of the Starch Granule. In: STUMPF, P.K.; CONN, E.E., (Ed.) **The biochemistry of plants; a comprehensive treatise**. San Diego: Academic Press, 1988. v.14, cap.5, p. 141-80.

KAMPMAN, K. A.; LOERCH, S. C. Effects of dry corn gluten feed on feedlot cattle performance and fiber digestibility. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.67, n.2, p.501-512, 1989.

KIM, Y. K.; SCHINGOETHE, D. J., CASPER, D. P.; LUDENS, F. C. Supplemental Dietary Fat from Extruded Soybeans and Calcium Soaps of Fatty Acids for Lactating Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.76, n.1, p.197-204, 1993.

KONONOFF, P. J.; IVAN, S. K.; MATZKE, W.; GRANT, R. J.; STOCK, R. A.; KLOPFENSTEIN, T. J. Milk Production of Dairy Cows Fed Wet Corn Gluten Feed During the Dry Period and Lactation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.89, n.7, p.2608-2617, 2006.

KOTARSKI, S.F.; WANISKA, R.D.; THURN, K.K. Starch hydrolysis by the ruminal microflora. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v.122, n.1, p.178-90, 1992.

LEHNINGER, A.L. **Princípios de bioquímica**. São Paulo: Sarvier, 1984. 725 p.

MACGREGOR, C. A.; OWEN, F. G. Effect of increasing ration fiber with soybean mill run on digestibility and lactation performance. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.59, p.682–689, 1976.

MANSFIELD, H. R.; STERN, M. D. Effects of soybean hulls and lignosulfonate-treated soybean meal on ruminal fermentation in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.77, p.1070–1083, 1994.

McLEOD, G. K.; DROPPA, T. E.; GRIEVE, D. G.; BARNEY, D. J.; RAFALOWSKI, W. Feeding value of wet corn gluten feed for lactating dairy cows. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.65, p.125-135, 2001.

MELLO JR., C.A. Processamento de grãos de milho e sorgo visando aumento do valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., Piracicaba, 1991. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1991. p.263-284.

MILLER, T.K.; HOOVER, W. H.; POLAND, JUNIOR, W. W.; WOOD, R. W. Effects of Low and High Fill Diets on Intake and Milk Production in Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.73, n.9, p.2453:2459, 1990.

MIRON, J.; YOSEF, E.; BEM-GHEDALIA, D. Composition and in vitro digestibility of monosaccharide constituents of selected byproduct feeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 49, p.2322-2326, 2001.

MIRON, J.; YOSEF, E.; NIKBACHAT, M.; ZENOU, A.; MALTZ, E.; HALACHAMI, I.; BEM-GHEDALIA, D. Feeding Behavior and Performance of Dairy Cows Fed Pelleted Nonroughage Fiber Byproducts. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.87, n.5, p.1372-1379, 2004a.

MIRON, J.; NIKBACHAT, M.; ZENOU, A.; BEN-GHEDALIA, D.; SOLOMON, R.; SHOSHANI, E.; HALACHAMI, I.; LIVSHIN, N.; ANTLER, A.; MALTZ, E. Lactation Performance and Feeding Behavior of Dairy Cows Supplemented Via Automatic Feeders with Soy Hulls or Barley Based Pellets. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.87, n.11, p.3808-3815, 2004b

NAKAMURA, T.; OWENS, F. G. High amounts of soyhulls for pelleted concentrate diets. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.72, p.988–994, 1989.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001, 7th rev. ed. 381p.

NUSSIO, L. G. Cultura de milho para produção de silagem de alto valor alimentício. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., Piracicaba, 1991. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1991. p.159-168.

NUSSIO, L. G.; PONCHIO, L. Gerenciamento de Custos de Produção de Volumosos. **Revista Leite DPA**, Goiânia, v.6, n.64, p. 8-12, 2006.

OHAJURUKA, O. A.; PALMQUIST, D. L. Response of high-producing dairy cows to high levels of dried corn feed. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.24, n°3-4, p.191-200, 1989.

PANTOJA, J. ; FIRKINS, J. L.; EASTRIDGE, M. L.; HULL, B. L. Effects of Fat Saturation and Source of Fiber on Site of Nutrient Digestion and Milk Production by Lactating Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.77, n.8, p.2341-2356, 1994.

PEREIRA, E. M. **Substituição de milho por ingredientes alternativos na dieta de tourinhos confinados na fase de terminação**. 2005. 85 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

POORE, M.H.; MOORE, J.A.; SWINGLE, R.S. et al. Effect of fiber source and ruminal starch degradability on site and extent of digestion in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.76, p.2244, 1993.

PRATES, E.R., Arroz e cereais de inverno. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 6, 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 17-23.

REIS, R. B.; D. K. COMBS. Effects of increasing levels of grain supplementation on rumen environment and lactation performance of dairy cows grazing grass-legume pasture. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.83, p.2888-2898, 2000.

REIS, R. B.; SAN EMETERIO, F.; COMBS, D. K.; SATTER, L. D.; COSTA, H. N. Effects of corn particle size and source on performance of lactating cows fed direct-cut grass-legume forage. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 84, n.2, p.429–441, 2001.

ROONEY, L.W.; PFLUGFELDER, R.L. Factors Affecting Starch Digestibility with Special Emphasis on Sorghum and Corn. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.63, p.1607-1623, 1986.

SANTOS, F. A. P.; MARTINEZ, J. C.; CARMO, C. A.; PEDROSO, A. M.; “Sistemas de alimentação com mecanismos de flexibilidade para a produção de leite”. In: ZOCCAL, R.; AROEIRA, L. J. M.; MARTINS, P. C.; MOREIRA, M. S. P.; ARCURI, P. B. (Ed.), **Leite: uma cadeia produtiva em transformação**. Juiz de Fora: EMBRAPA, 2004. p.117-162.

SANTOS, F. A. P.; PEDROSO, A. M.; MARTINEZ, J. C.; PENATTI, M. A. Utilização da suplementação com concentrados para vacas em lactação mantidas em pastagens tropicais. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA LEITEIRA, 5. 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 219 a 294.

SANTOS, G. T.; ZAMBOM, M. A.; ALCALDE, C. R.; MODESTO, E. C.; GONÇALVES, G. D.; FAUSTINO, J. O.; SILVA, K. T.; RAMOS, C. E. C. O. Degradabilidade *in situ* da matéria seca, matéria orgânica e energia bruta da casca do grão de soja moída ou peletizada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD/ROM.

SARWAR, M.; FIRKINS, J. L.; ESATRIDGE, M. L. Effect of replacing neutral detergent Fiber of forage with soyhulls and corn gluten feed for dairy heifers. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n.3, p.1006-1017, 1991.

SARWAR, M.; FIRKINS, J. L.; ESATRIDGE, M. L. Effects of varying forage or concentrate carbohydrates on nutrient digestibilities and milk production by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.75, p.1533–1542, 1992.

SAS. **Institute User's Guide: statistics**. Cary, North Carolina, 2000. 965p.

SCHROEDER, J. W. Optimizing the level of wet corn gluten feed in the diet of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, n. 3, p. 844-851, 2003.

SCHWAB, C. G.; ORDWAY, R. S. Balancing diets for amino acids: implication on production efficiency and feed costs. In: PENNSYLVANIA STATE DAIRY CATTLE NUTRITION WORKSHOP, 2004. Grantville. **Proceedings...**, Grantville: Pennsylvania State University, 2004. p. 1-16.

SIMAS, J.M.C. Processamento de grãos para rações de vacas leiteiras. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL, 9., Piracicaba, 1996. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1996. p.7.

SOARES, C. A.; CAMPOS, J. M. S.; VALADARES FILHO, S. C.; VALADARES, R. F. D.; MENDONÇA, S.S.; QUEIROZ, A. C.; LANA, R. P. Consumo, digestibilidade aparente, produção e composição do leite de vacas leiteiras alimentadas com farelo de trigo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 6, Supl. 2, p. 2161-2169, 2004.

SORIANO, F. D.; POLAN, C. E.; MILLER, C. N. Milk production and composition, rumen fermentation parameters, and grazing behavior of dairy cows supplemented with different forms and amounts of corn grain. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.83, n.7, p.1520–1529, 2000.

STAPLES, C. R. ; DAVIS, C. L. McCOY, G.C.; CLARK, J. H. Feeding value of wet corn gluten for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 67, p. 1214-1220, 1984.

THEURER, C.B. Starch digestion: understanding and potential for improvement - introduction. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 122, n.1, p.170-1, 1992.

THEURER, C.B.; HUBER, J.T.; DELGADO, E. et al. Invited review: summary of steam-flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.82, p.1950-1959, 1999a.

THEURER, C.B.; LOZANO, O.; ALIO, A.; DELGADO-ELORDUY, A.; SADIK, M.; HUBER, J.T.; ZINN, R.A. Steam-processed corn and sorghum grain flaked at different densities alter ruminal, small intestinal, and total tract digestibility of starch by steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.77, p.2824-31, 1999b.

VANBAALE, M.J.; SHIRLEY, J.E.; SCHEFFEL, M.V.; TITGEMEYER, E.C. Evaluation of wet corn gluten feed as an ingredient in diets for lactating dairy cows. In: Dairy Day, Kansas State University Research and Extension Report of Progress 842, p. 17-18, 1999.

VANBAALE, M.J.; SHIRLEY, J.E.; TITGEMEYER, E.C.; PARK, A. F.; MEYER, M. J.; LINDQUIST, R. U.; ETHINGTON, R. T. Evaluation of Wet Corn Gluten Feed in Diets for Lactating Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.84, n.11, p.2478-2485, 2001.

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

WEST, J.W. Considerations for using by-product feedstuffs in the southeast. In: FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 5. 1994, Gainesville, **Proceedings...**, Gainesville: University of Florida, 1994. p. 35-43.

WICKERSHAM, E. E.; SHIRLEY, J.E.; TITGEMEYER, E.C.; BROUK, M. J.; DEFRAIN, J. M.; PARK, A. F.; JOHNSON, D. E.; ETHINGTON, R. T. Response of Lactating Dairy Cows to Diets Containing Wet Corn Gluten Feed or a Raw Soybean Hull-Corn Steep Liquor Pellet. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.87, n.11, p.3899-3911, 2004.

WILDMAN, E.E.; JONES, G.M.; WAGNER, P.E. et al. A dairy condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.65, p.495, 1982.

WHITLOCK, L. A.; SCHINGOETHE, D. J.; HIPPEN, A. R.; KALSCHEUR, K. F.; BAER, R. J.; RAMASWAMY, N.; KASPERSON, K. M. Fish Oil and Extruded Soybeans Fed in

Combination Increase Conjugated Linoleic Acids in Milk of Dairy Cows More Than When Fed Separately. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.85, n.1, p.234-243, 2002.

WU, Z.; MASSINGILL, L. J.; WALGENBACH, R. P.; SATTER, L. D. Cracked dry or finely ground high moisture shelled corn as a supplement for grazing cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.84, n.10, p.2227–2230, 2001.

ZHU, J. S.; STOKES, S. R.; MURPHY, M. R. Substitution of Neutral Detergent Fiber from Forage with Neutral Detergent Fiber from By-Products in the Diets of Lactating Cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.80, n.11, p.2901-2906, 1997.

APÊNDICES

APÊNDICE 1

Códigos utilizados no pacote estatístico SAS (2000) para checagem da distribuição normal dos erros:

```
/******          TESTE DE NORMALIDADE          *****/  
  
PROC GLM;  
  CLASS PER QL TRAT VACA;  
  MODEL MUN = TRAT PER QL VACA(QL);  
  OUTPUT OUT=N STUDENT=UD;  
  RUN;  
  
PROC UNIVARIATE NORMAL PLOT DATA=N;  
  VAR UD;  
  RUN;
```

APÊNDICE 2

Códigos utilizados no pacote estatístico SAS (2000) para análise de CMS e produção e composição do leite:

```

/*****      ANALISE DE VARIANCIA SEGUNDO PIMENTEL GOMES      *****/
                Quadrado Latino 3x3 Simples
TITLE2 "ANALISE DE VARIANCIA (MODELO SEGUNDO PIMENTEL GOMES, P.281-286)";

PROC GLM;
CLASS PERIODO TRAT LOTE;

MODEL CMS = PERIODO TRAT LOTE / ss3;

    CONTRAST 'LINEAR P/ OS NIVEIS'          TRAT  -1  0  1 ;
    CONTRAST 'DESVIO P/ OS NIVEIS'        TRAT   1 -2  1 ;

RUN;

```

```

/*****      ANALISE DE VARIANCIA SEGUNDO PIMENTEL GOMES      *****/
                Quadrados Latinos Repetidos

TITLE2 "ANALISE DE VARIANCIA (MODELO SEGUNDO PIMENTEL GOMES, P.281-286)";
TITLE3 "(OBS: TRAT*REP RETIRADO DO MODELO, POIS P>0,05 P/ TODOS)";
PROC GLM;
CLASS PER QL TRAT VACA;

MODEL prod fcm relgp teorgord kggord teorprot
        kgprot teorlact kglact teorEST kgEST teorESD kgESD MUN
        kggordj TEORGORJ TEORESTj

        = QL VACA(QL) PER(QL) TRAT / ss3;

    CONTRAST 'LINEAR P/ OS NIVEIS'          TRAT  -1  0  1 ;
    CONTRAST 'DESVIO P/ OS NIVEIS'        TRAT   1 -2  1 ;

RUN;

```

APÊNDICE 3

Preços considerados para os ingredientes que compuseram as rações experimentais do experimento apresentado no Capítulo 3:

Ingrediente ¹	TRATAMENTOS ²					
	FGM 0		FGM 10		FGM 20	
	Kg MO/dia	R\$/dia	Kg MO/dia	R\$/dia	Kg MO/dia	R\$/dia
Silagem de milho	21,20	2,03	22,50	2,15	20,38	1,95
Feno de gramínea	2,27	0,09	2,41	0,10	2,18	0,09
Milho moído fino	4,67	1,31	2,48	0,69	-	-
FGM-21	-	-	2,56	0,77	4,63	1,39
Polpa cítrica	4,11	0,82	4,69	0,94	4,54	0,91
Farelo de algodão	4,33	1,77	4,38	1,80	3,77	1,55
Uréia	0,20	0,16	0,11	0,09	-	-
Supl. Min. Vit.	0,56	0,72	0,59	0,77	0,54	0,70
Bicarbonato de Na	0,15	0,21	0,16	0,22	0,14	0,20
TOTAL	37,49	7,11	39,88	7,52	36,19	6,78

¹ Preços dos ingredientes (R\$/ton MO): silagem de milho = 95,62; feno de gramínea = 40,00; milho moído = 280,00; FGM-21 = 300,00; polpa cítrica = 200,00; farelo de algodão = R\$ 410,00;

Preços dos ingredientes (R\$/ton): uréia = 780,00; supl. Mineral-vitamínico = 1.300,00; bicarbonato de sódio = 1.400,00

² FGM 0 = 20% de milho moído na MS total; FGM10 = 10% de FGM-21 e 10% de milho moído na MS total; FGM 20 = 20% de FGM-21 na MS total;

APÊNDICE 4

Preços considerados para os ingredientes que compuseram as rações experimentais do experimento apresentado no Capítulo 4:

Ingrediente ¹	TRATAMENTOS ²					
	CS 0		CS 10		CS 20	
	Kg MO/dia	R\$/dia	Kg MO/dia	R\$/dia	Kg MO/dia	R\$/dia
Silagem de milho	22,56	2,16	20,87	2,00	22,26	2,13
Feno de gramínea	2,56	0,10	2,37	0,09	2,52	0,10
Milho moído fino	5,27	1,48	2,44	0,68	-	-
Casca de soja	-	-	2,38	0,64	5,07	1,37
Polpa cítrica	4,19	0,84	3,90	0,78	3,90	0,78
Farelo de soja	5,20	2,49	4,81	2,31	5,46	2,62
Uréia	0,18	0,14	0,15	0,11	0,08	0,06
Supl. Min. Vit.	0,62	0,81	0,58	0,75	0,62	0,80
Bicarbonato de Na	0,17	0,24	0,16	0,22	0,17	0,24
TOTAL	40,76	8,26	37,64	7,59	40,09	8,10

¹ Preços dos ingredientes (R\$/ton MO): silagem de milho = 95,62; feno de gramínea = 40,00; milho moído = 280,00; CS = 270,00; polpa cítrica = 200,00; farelo de soja = R\$ 480,00;

Preços dos ingredientes (R\$/ton): uréia = 780,00; supl. Mineral-vitamínico = 1.300,00; bicarbonato de sódio = 1.400,00

² CS 0 = 20% de milho moído na MS total; CS10 = 10% de CS e 10% de milho moído na MS total; CS 20 = 20% de CS na MS total;

APÊNDICE 5

Preços considerados para os ingredientes que compuseram as rações experimentais do experimento apresentado no Capítulo 5:

Ingrediente ¹	TRATAMENTOS ²					
	FT 0		FT 10		FT 20	
	Kg MO/dia	R\$/dia	Kg MO/dia	R\$/dia	Kg MO/dia	R\$/dia
Silagem de milho	40,78	3,90	38,50	3,68	35,97	3,44
Milho moído fino	5,07	1,42	2,40	0,67	-	-
Farelo de Trigo	-	-	2,38	0,59	4,44	1,11
Polpa cítrica	0,88	0,18	1,42	0,28	1,82	0,36
Farelo de soja	3,44	1,65	2,50	1,20	2,03	0,97
Soja Extrusada	2,56	1,53	2,57	1,54	2,20	1,32
Supl. Min. Vit.	0,54	0,42	0,51	0,40	0,48	0,37
Bicarbonato de Na	0,15	0,21	0,14	0,20	0,14	0,19
TOTAL	53,42	9,32	50,42	8,57	47,08	7,77

¹ Preços dos ingredientes (R\$/ton MO): silagem de milho = 95,62; milho moído = 280,00; FT = 250,00; polpa cítrica = 200,00; farelo de soja = R\$ 480,00; soja extrusada = R\$ 600,00

Preços dos ingredientes (R\$/ton): uréia = 780,00; supl. Mineral-vitamínico = 1.300,00; bicarbonato de sódio = 1.400,00

² FT 0 = 20% de milho moído na MS total; FT10 = 10% de FT e 10% de milho moído na MS total; FT 20 = 20% de FT na MS total;

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)