

**SUPLEMENTAÇÃO PROTÉICA, USO DE SUBPRODUTOS
AGROINDUSTRIAIS E PROCESSAMENTO DE MILHO EM
DIETAS PARA VACAS LEITEIRAS EM CONFINAMENTO**

HUGO IMAIZUMI

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de Doutor em
Agronomia, Área de Concentração: Ciência Animal e
Pastagens.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Fevereiro - 2005

Livros Grátis

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

Milhares de livros grátis para download.

**SUPLEMENTAÇÃO PROTÉICA, USO DE SUBPRODUTOS
AGROINDUSTRIAIS E PROCESSAMENTO DE MILHO EM
DIETAS PARA VACAS LEITEIRAS EM CONFINAMENTO**

HUGO IMAIZUMI

Zootecnista

Orientador : Prof. Dr. FLÁVIO AUGUSTO PORTELA SANTOS

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de Doutor em
Agronomia, Área de Concentração: Ciência Animal e
Pastagens.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Fevereiro - 2005

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

Imaizumi, Hugo

Suplementação protéica, uso de subprodutos agroindustriais e processamento de milho em dietas para vacas leiteiras em confinamento / Hugo Imaizumi. - - Piracicaba, 2005.

182 p.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2005.
Bibliografia.

1. Bovino leiteiro 2. Confinamento animal 3. Dieta animal 4. Milho –
Processamento 5. Subprodutos para animais 6. Suplementos protéicos para
animais I. Título

CDD 636.214

À minha mãe, Sadako e
Ao meu pai, Munekazu

Pela dedicação aos seus filhos e pelo incentivo, apoio,
amizade e carinho que sempre demonstraram.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (USP) e em especial ao Departamento de Zootecnia - Setor de Ruminantes, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Prof. Dr. Flávio Augusto Portela Santos pela orientação segura, pelos ensinamentos valiosos, pela amizade, confiança e exemplo de dedicação profissional.

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

Aos Prof. Dr. Ivanete Susin, Luiz Gustavo Nussio e Wilson Roberto de Soares Mattos pelas valiosas sugestões, colaboração e orientação na escrita final deste trabalho.

Aos demais professores do Departamento de Zootecnia, pelos valiosos ensinamentos transmitidos, cordialidade e pela amizade.

Aos amigos e colegas de curso Alexandre Pedroso, Carla Nussio, Carolina de Almeida Carmo, Eduardo Meneguelli Pereira, Junio César Martinez, Narson Lima, Paulo Sérgio Correia, Rodrigo de Almeida Scoton, Sérgio de Oliveira Juchem, Simone Gisele de Oliveira, Tadeu Vinhas Voltolini e Térssio Róger Ramalho pela amizade e pela ajuda em diversos momentos.

Aos estagiários Fiotão, Gaveta, Lacrada, Benga, Rabugento, Rascunho e Azedo, cujos esforços, responsabilidade, dedicação e paciência sem os quais não seria possível a condução dos ensaios de campo.

Ao funcionário do Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia Carlos César Alves, pela amizade, paciência, ensinamentos e pela colaboração nas determinações laboratoriais.

Aos funcionários Laureano e Nequinho, pelo apoio incondicional ao bom andamento dos ensaios de campo.

À Central de Cevada Multilixi, pela doação do resíduo úmido de cervejaria.

Aos demais funcionários e colegas do curso de pós-graduação, pela amizade, pela ajuda e pela agradável convivência.

Às pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADO.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	x
SUMMARY.....	xii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1 Subprodutos agroindustriais.....	5
2.1.1 O resíduo de cervejaria e sua utilização para vacas leiteiras.....	6
2.1.2 O farelo de algodão e sua utilização para vacas leiteiras	12
2.2 Sistemas de nutrição de vacas leiteiras	17
2.2.1 Estimativa de consumo de alimento.....	17
2.2.2 Sistemas protéicos para ruminantes	20
2.3 Nutrição protéica.....	26
2.3.1 Microrganismos ruminais.....	28
2.3.2 Sincronização	31
2.3.3 Efeito de fontes protéicas no desempenho de vacas leiteiras	34
2.3.4 Inclusão de uréia em dietas para vacas leiteiras	35
2.4 Efeitos de fontes de amido no desempenho de vacas leiteiras.....	36

2.5	Objetivos e Justificativa	38
3	UTILIZAÇÃO DE FONTES PROTÉICAS E DE AMIDO COM DIFERENTES DEGRADABILIDADES RUMINAIS EM DIETAS DE VACAS LEITEIRAS	41
	Resumo	41
	Summary	42
3.1	Introdução	43
3.1.1	Objetivos	46
3.2	Material e métodos	47
3.2.1	Local e animais	47
3.2.2	Tratamentos e delineamento experimental	48
3.2.3	Período experimental e coleta de dados	50
3.2.4	Análises estatísticas	51
3.3	Resultados e discussão	52
3.3.1	Composição química das dietas, consumo alimentar e desempenho	52
3.3.2	Nitrogênio uréico no plasma	62
3.3.3	Aferição dos sistemas protéicos	64
3.4	Conclusões	66
4	SUBSTITUIÇÃO DO FARELO DE SOJA POR FARELO DE ALGODÃO EM DIETAS PARA VACAS LEITEIRAS DE ALTA PRODUÇÃO	68
	Resumo	68
	Summary	69
4.1	Introdução	70
4.1.1	Objetivos	72

4.2 Material e métodos	73
4.2.1 Local e animais	73
4.2.2 Tratamentos e delineamento experimental	73
4.2.3 Período experimental e coleta de dados.....	76
4.2.4 Cálculos e equações	78
4.2.5 Análises estatísticas	81
4.3 Resultados e discussão.....	82
4.3.1 Composição química das dietas, consumo alimentar e desempenho	82
4.3.2 Comparação dos sistemas	91
4.3.3 Viabilidade econômica.....	94
4.4 Conclusões	98
5 ADEQUAÇÃO DO TEOR DE PROTEÍNA DEGRADÁVEL NO RÚMEN E DA PROTEÍNA METABOLIZÁVEL EM DIETAS PARA VACAS LEITEIRAS	100
Resumo	100
Summary	101
5.1 Introdução	102
5.1.1 Objetivos	103
5.2 Material e métodos	103
5.2.1 Local e animais	103
5.2.2 Tratamentos e delineamento experimental.....	104
5.2.3 Período experimental e coleta de dados.....	106
5.2.4 Cálculos e equações	108
5.2.5 Análises estatísticas	111
5.3 Resultados e discussão.....	112

5.3.1 Composição química das dietas, consumo alimentar e desempenho	112
5.3.2 Comparação dos sistemas	120
5.4 Conclusões	124
6 SUBSTITUIÇÃO DO FARELO DE SOJA POR RESÍDUO ÚMIDO DE CERVEJARIA OU URÉIA NA DIETA DE VACAS EM LACTAÇÃO.....	125
Resumo	125
Summary	126
6.1 Introdução	127
6.1.1 Objetivos	129
6.2 Material e métodos	130
6.2.1 Experimento 1	130
6.2.2 Experimento 2	135
6.3 Resultados e discussão.....	140
6.3.1 Experimento 1	140
6.3.2 Experimento 2	152
6.4 Conclusões	155
7 CONCLUSÕES GERAIS	157
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	159
APÊNDICES	175

SUPLEMENTAÇÃO PROTÉICA, USO DE SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS E PROCESSAMENTO DE MILHO EM DIETAS PARA VACAS LEITEIRAS EM CONFINAMENTO

Autor: HUGO IMAIZUMI

Orientador: Prof. Dr. FLÁVIO AUGUSTO PORTELA SANTOS

RESUMO

Na intenção de avaliar o efeito da suplementação protéica, uso de subprodutos agroindustriais e o processamento de milho, foram conduzidos quatro experimentos. No **experimento I**, avaliou-se formas de processamento de milho (milho moído, M; e resíduo de pipoca doce, P) e fontes protéicas (farelo de soja, FS; uréia, U; ou farinha de peixe, FP), combinando-os para formar quatro tratamentos: MFS (M + FS); PFS (P + FS); PFP (P + FS + FP); PU (P + U). Comparado ao milho moído (MFS), o resíduo de pipoca doce (PFS) diminuiu os teores de gordura e proteína no leite. Em relação às fontes protéicas (PFS x PFP x PU), observou-se que a maior produção leiteira foi obtida no tratamento PFS. A farinha de peixe (PFP) levou ao menor teor de gordura no leite, mas aumentou o teor protéico no leite. No **experimento II**, avaliou-se os efeitos da inclusão de três teores (0,15 e 30% da MS) de farelo de

algodão (FA) em substituição ao farelo de soja na dieta. O consumo de MS não foi afetado pelos tratamentos, contudo a inclusão de FA levou a efeitos lineares negativos sobre a produção de leite e teor e produção de proteína e efeitos lineares positivos sobre o teor e produção de gordura no leite. No **experimento III**, comparou-se os efeitos de uma dieta basal com 16% de PB contra duas outras com 17,5% de PB, sendo esses incrementos obtidos através da adição de uréia (U-17,5, resultando em aumento de proteína degradável no rúmen, PDR) ou farelo de soja e de algodão (FSFA-17,5, resultando em aumento de proteína metabolizável, PM). O aumento do teor de PDR (U-17,5) tendeu a aumentar o consumo de MS em relação à dieta basal. A produção de leite elevou-se com o aumento de PM (FSFA-17,5), não ocorrendo o mesmo com o aumento de PDR (U-17,5). O teor e a produção de proteína no leite também elevou-se com o fornecimento extra de PM. Concluiu-se que a elevação do teor de PM para valores acima das recomendações propostas pelo National Research Council - NRC (2001) para vacas produzindo ao redor de 29 kg/d melhorou as produções de leite e de proteína no leite. O **experimento IV** consistiu de dois ensaios. No primeiro, os tratamentos continham 0 (RUC-0), 10 (RUC-10) ou 20% (RUC-20) de resíduo úmido de cervejaria (RUC). Todas as dietas continham 1% de uréia. Um quarto tratamento isoprotéico, com 2% de uréia substituindo parcialmente o farelo de soja, sem RUC, foi utilizado. O consumo de MS não foi afetado. A produção de leite e o teor e produção de proteína no leite aumentaram com a inclusão de RUC e foram prejudicados com o fornecimento de 2% de uréia. No ensaio 2, foram comparados o RUC fresco com o RUC ensilado com milho moído. Ambos os tratamentos eram isoprotéicos e continham proporções semelhantes de milho moído e RUC. O consumo de MS, produção de leite e os teores e produções de gordura e proteína no leite não foram afetados pelos tratamentos.

PROTEIN SUPPLEMENTATION, BY-PRODUCTS AND CORN PROCESSING FOR LACTATING DAIRY COWS

Author: HUGO IMAIZUMI

Adviser: Prof. Dr. FLÁVIO AUGUSTO PORTELA SANTOS

SUMMARY

Four studies were conducted to compare protein sources and content, corn processing method and a fibrous by-product for lactating dairy cows. **Study 1:** corn processing methods (fine ground, M; and popped, P) and protein sources (soybean meal, FS; urea, U; or fishmeal, FP) were compared in 4 treatments: MFS (M + FS); PFS (P + FS); PFP (P + FS + FP); PU (P + U). Compared to fine ground corn (MFS), popped corn (PFS) decreased milk fat and protein content. The 3 protein sources comparisons (PFS x PFP x PU) showed that milk yield was higher for PFS. Feeding fishmeal (PFP) decreased milk fat content, but increased milk protein content. **Study 2:** the cottonseed meal content in the diet (0, 15 and 30% of DM) in replacement to soybean meal were compared. Dry matter intake was not affected by treatments, but cottonseed meal supplementation had a negative linear effect on milk yield and on milk protein content and yield. Increasing cottonseed meal had a positive

linear effect on milk fat content and yield. **Study3:** basal diet (16% CP) was compared to two diets with 17.5% CP, where crude protein content of diets were increased by feeding extra urea (U-17.5, resulting in increased rumen degradable protein content, RDP) or extra soybean and cottonseed meal (FSFA-17.5, resulting in increased metabolizable protein content, MP). Extra RDP (U-17.5) tended to increase DMI compared to basal diet. Milk yield were increased by extra MP (FSFA-17.5) but not by extra RDP (U-17.5). Milk protein content and yield were also increased by feeding extra MP. In conclusion, increasing diet MP content above National Research Council - NRC (2001) recommendations for cows producing around 29 kg/d improved milk and milk protein yields. **Study 4:** two trials were conducted. In trial 1, treatments were 0 (RUC-0), 10 (RUC-10) or 20% (RUC-20) wet brewers grains inclusion in diet dry matter. All 3 diets contained 1% urea on a DM basis. A fourth isonitrogenous diet, with additional urea (2% of diet DM) in partial replacement of soybean meal, without brewers grains, was compared to. Dry matter intake were not different. Milk yields and milk protein contents and yields were increased by feeding wet brewers grains and decreased by feeding 2% urea. In trial 2, weekly received fresh wet brewers grains versus wet brewers grains ensiled with ground corn were compared. Both treatments were isonitrogenous diets and contained the same proportions of ground corn and wet brewers grains on a dry matter basis. Dry matter intake, milk yield, milk fat content and yield and protein content and yield were not different.

1 INTRODUÇÃO

A utilização de subprodutos na dieta de animais de interesse zootécnico vem sendo realizada há centenas, ou talvez milhares de anos e, atualmente, devido às questões ambientais e considerações econômicas, esses materiais têm merecido considerável atenção dentre pecuaristas e nutricionistas, uma vez que o seu fornecimento para ruminantes têm duas importantes vantagens: 1) diminuição da dependência dos bovinos por cereais que possam servir para alimentação humana ou de animais monogástricos, e 2) eliminação da necessidade de criação de práticas onerosas de manejo de resíduos.

Dentre os diversos subprodutos disponíveis no mercado com potencial para ser utilizado na dieta de vacas leiteiras, o presente trabalho objetivou estudar três materiais: 1) o resíduo de pipoca doce, que se trata de resíduo da indústria alimentícia de pipoca pronta para o consumo humano, resíduo este que se torna sem valor comercial devido à expiração do prazo de validade, característica visual inaceitável, superaquecimento do milho de pipoca e tamanho de partícula fora do padrão; 2) o resíduo úmido de cervejaria, também conhecido como bagaço de cervejaria, ou bagaço de brassagem, que se trata do material resultante da fermentação da mistura de cevada e outros cereais para a fabricação da cerveja; e 3) o farelo de algodão, que é produzido pela indústria de óleo de algodão, após o material de interesse, no caso o óleo, ser extraído.

Uma das características inerentes à maioria dos subprodutos é a sua

constante heterogeneidade quanto à composição bromatológica, devido principalmente ao fato desses materiais se tratarem de resíduos, ou seja, não é de se surpreender que existam contaminantes ou que haja variação entre indústrias ou entre épocas do ano.

Vários materiais que são classificados como subprodutos possuem alta proporção de fibra e a capacidade dos ruminantes em utilizar tais alimentos é especialmente vantajosa, principalmente naquelas situações onde ocorrem falta de forragens, seja devido a erros de planejamento ou a questões não controláveis, como condições climáticas desfavoráveis. Encaixa-se nesse caso o resíduo úmido de cervejaria que, por se tratar de alimento que em alguns casos apresenta teor de FDN maior que alimentos volumosos, como a silagem de milho, é utilizado por alguns pecuaristas na intenção de se substituir parcialmente a fonte de forragem, embora a efetividade da FDN do subproduto não se situe no mesmo patamar que a do volumoso.

Por se tratar de alimento comercializado nacionalmente na forma *in natura*, o resíduo úmido de cervejaria apresenta teores de matéria seca (MS) relativamente baixos, com cerca de 80% de umidade. Isso inviabiliza o transporte para bacias leiteiras situadas a grandes distâncias das indústrias cervejeiras. Para ser atrativo economicamente, uma das características que o subproduto deve ter é o baixo custo por unidade de MS e grande atenção deve ser dada para não se equivocar ao avaliar o custo por unidade de peso úmido. Outro problema que a alta porcentagem de umidade desse material traz é relativa à conservação, isto é, o excesso de umidade facilita a deterioração e ocorrência de crescimento de fungos, principalmente em regiões de clima quente. Uma das possíveis alternativas para se contornar o problema da conservação é a ensilagem do material, técnica esta ainda pouco estudada, tanto no Brasil como no exterior.

O interesse pelo uso do resíduo úmido de cervejaria para vacas de alta produção cresceu à medida que se intensificaram os estudos sobre

suplementação com fontes ricas em proteína não degradável no rúmen (PNDR), principalmente a partir da publicação do NRC (1985).

De acordo com o conceito descrito em tal publicação, vacas de alta produção deveriam ser alimentadas com fontes ricas em PNDR, já que o rúmen não é capaz de suprir toda exigência de proteína para esses animais, além de que, ao escapar do processo fermentativo, gerador de perdas, maiores quantidades de proteína seriam economizadas para o hospedeiro, resultando em melhor desempenho. Contudo, há na literatura relatos de inúmeros ensaios onde os autores chegaram a resultados muitas vezes frustrantes ao terem utilizado fontes ricas em PNDR em substituição parcial ou total ao farelo de soja, que é um dos suplementos protéicos mais utilizados para vacas leiteiras.

Segundo Santos et al. (1998b), a revisão de trabalhos publicados durante 12 anos no "*Journal of Dairy Science*" mostrou que não houve vantagens consistentes na utilização da maioria das fontes de PNDR testadas em substituição ao farelo de soja. A conclusão desses autores foi que o uso da proteína protegida se justifica após a máxima exploração da síntese microbiana no rúmen, com o uso de fontes de PNDR de alta qualidade capazes de complementar a proteína microbiana em termos de aminoácidos essenciais, com ênfase em adequada proporção de lisina e metionina na proteína metabolizável no intestino delgado.

O farelo de algodão é uma das fontes protéicas mais utilizadas no Brasil para vacas leiteiras. De acordo com o NRC (2001), este apresenta teor mais elevado de PNDR que o farelo de soja e, teoricamente, isto permitiria maior fluxo de proteína metabolizável para o intestino e menor perda de nitrogênio ruminal, quando comparado ao farelo de soja. Entretanto, as concentrações de proteína e energia do farelo de algodão são inferiores as do farelo de soja.

A síntese microbiana é maximizada quando se fornece adequada quantidade de proteína degradável no rúmen aliada à adequada quantidade de

carboidratos não estruturais. Visa-se, com isso, atingir a chamada “sincronização” da degradação ruminal dessas duas frações.

Em relação ao milho, qualquer forma de processamento sobre o grão inteiro, seja através da moagem fina (grau de processamento considerado intermediário) ou através da floculação (um dos mais intensos graus de processamento), é capaz de aumentar a degradabilidade ruminal do amido desse cereal. O processamento do milho grão em pipoca ocasiona no material resultante uma transformação tal que o ingrediente é considerado como tendo um dos maiores graus de processamento que se pode dar a esse alimento.

Fontes de amido de alta degradabilidade ruminal podem favorecer o uso de fontes protéicas ricas em proteína degradável no rúmen (PDR), como farelo de soja, em função da melhor sincronização da degradação ruminal entre carboidratos não estruturais e proteína.

Desse modo, o manejo alimentar de vacas leiteiras cuja abordagem se direciona ao uso de resíduos agroindustriais, nutrição protéica e sincronização da degradação ruminal de fontes de carboidratos não estruturais e proteína representa uma área de pesquisa que merece especial atenção, a fim de se gerar dados que subsidiem os pecuaristas na tomada de decisão que vise aumentar a lucratividade do sistema.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Subprodutos agroindustriais

Uma das definições que a palavra subproduto pode receber é, segundo Fadel (1999), aquele material que possui valor como alimento para animais, sendo obtido ao final da colheita de alguma cultura ou após o processamento agroindustrial de alguma *commodity* destinada à alimentação humana. Assim, esses resíduos podem ser tanto de origem vegetal, quanto de origem animal.

O interesse crescente pela identificação e quantificação de subprodutos agroindustriais se deve principalmente ao desejo de se entender e monitorar o despejo de resíduos no meio ambiente, seja em países desenvolvidos ou em desenvolvimento, em função das legislações ambientais estarem se tornando cada vez mais rigorosas no tocante à eliminação de resíduos originados nas indústrias (Clark et al., 1987; Fadel, 1999).

A quantidade e os tipos de subprodutos resultantes do processamento industrial que são utilizáveis pelos animais aumentarão nesses próximos anos devido à diversidade de subprodutos de origem vegetal que chegam ao mercado, motivada pelo decréscimo no consumo de produtos à base de carne.

Uma forma eficiente de escoar os resíduos dos processamentos industriais de produtos vegetais é fornecê-los para ruminantes. Segundo Bath, citado por DePeters et al. (1997), a contribuição dos subprodutos alimentares é

significativa nas dietas de bovinos leiteiros e a utilização segue tendência diretamente proporcional ao preço dos ingredientes convencionais, pois a produção de leite não é significativamente afetada quando se faz a inclusão de subprodutos, desde que a exigência de nutrientes seja atendida.

2.1.1 O resíduo de cervejaria e sua utilização para vacas leiteiras

O resíduo de cervejaria, muitas vezes chamado equivocadamente de “cevada”, é o subproduto gerado pela indústria após o amido dos grãos de cereais ser removido para a produção de álcool (DePeters et al., 1997).

Segundo Firjan, citado por Aronovich et al. (2001), até o ano 2000 estavam previstos investimentos da ordem de US\$ 758 milhões pela indústria cervejeira. Calcula-se que, somente na região Sudeste, a quantidade de resíduo de cervejaria produzida passe de 620 para 1.150 mil toneladas anuais, tornando urgente a necessidade de buscar destino produtivo para esse material. Para cada tonelada de cerveja produzida, são utilizados 150 kg de grãos de cevada, resultando em cerca de 36,74 kg de MS de resíduo de cervejaria, ou seja, cerca de 25% do material utilizado no processo industrial se torna resíduo (Fadel, 1999).

Na fabricação de cerveja, os grãos de cevada sofrem germinação para converter amido em dextrina e açúcar, processo este que é interrompido através de aquecimento no ponto máximo de conversão, resultando no produto denominado “malte de cevada”. O malte de cevada é moído e pode ser misturado com milho, arroz, ou outros cereais, após o qual é feito o cozimento e separação das frações sólidas e líquidas. A fração líquida é fermentada para produzir cerveja, enquanto que a parte sólida é o resíduo de cervejaria (Clark et al., 1987).

O açúcar, proveniente principalmente do amido, vem do malte de

cevada e dos grãos adicionados. A proporção de malte de cevada utilizada com arroz ou milho varia entre as indústrias, e a proporção exata faz parte do segredo industrial (DePeters et al., 1997). Esta variação na proporção de grãos resulta nas diferentes composições nutricionais observadas neste subproduto, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química do resíduo úmido de cervejaria

	Componente (% da MS) ¹							
	PB	NDT	EE	MM	FDN	FDA	Ca	P
média ⁽²⁾	25,66	72,96	5,99	3,62	48,34	18,55	0,27	0,40
DP ⁽²⁾	1,63	3,55	1,33	0,65	8,53	2,64	0,11	0,19
média ⁽³⁾	24,17	69,49	6,78	3,91	69,45	27,46	0,95	1,80
DP ⁽³⁾	4,09	3,62	0,37	0,61	9,58	2,88	0,72	1,25
média ⁽⁴⁾	25,40	66,00	6,50	4,80	42,00	23,00	0,33	0,55
média ⁽⁵⁾	28,40	71,60	5,20	4,90	47,10	23,10	0,35	0,59
DP ⁽⁵⁾	4,00	-x-	-x-	1,10	6,80	3,80	0,22	0,10

¹ PB = proteína bruta; NDT = nutrientes digestíveis totais; EE = extrato etéreo; MM = matéria mineral; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; Ca = cálcio; P = fósforo

² Médias e desvios-padrão obtidos a partir de 3 amostras, segundo DePETERS et al. (1997)

³ Médias e desvios-padrão resultantes de 7 amostras analisadas pelo Laboratório de Bromatologia da Boviplan Consultoria Agropecuária S/C Ltda. - Piracicaba/SP

⁴ Médias obtidas do NRC (1989)

⁵ Médias e desvios-padrão obtidos do NRC (2001).

Segundo Polan et al. (1985), a degradação ruminal da proteína proveniente da dieta é dependente das propriedades (física e/ou química) deste nutriente e da taxa de renovação do conteúdo ruminal, sendo que as propriedades da proteína variam conforme os métodos de processamento e armazenamento e a taxa de renovação do conteúdo ruminal varia conforme a

propriedade física da dieta, além dos fatores associados ao aumento da ingestão de MS.

Dois estudos (Merchen et al., 1979; Rounds & Klopfenstein, 1975) obtiveram entre 48 e 61% de passagem da proteína do resíduo de cervejaria através do rúmen para o trato inferior, comparado com valores entre 24 e 31% do farelo de soja (FS). Segundo Merchen et al. (1979), o resíduo de cervejaria possui duas grandes potenciais vantagens como fonte de proteína para ruminantes: 1) constitui-se em fonte de proteína de lenta degradabilidade, que passa pelo rúmen em quantidades relativamente grandes; e 2) sua combinação com uréia poderia proporcionar nitrogênio (N) suficiente aos microrganismos ruminais para crescimento adequado, ao mesmo tempo que se minimiza as perdas de N pela absorção de amônia no rúmen.

O interesse pelo uso de resíduo da indústria cervejeira na alimentação de ruminantes como fonte potencial de proteína não degradável no rúmen cresceu a partir dos meados da década de 70 (Polan et al. 1985), principalmente o resíduo úmido, já que a secagem do material despende quantidade considerável de energia no processo.

Segundo dados publicados pelo NRC (2001), o NDT e a energia líquida de lactação (3x) do RUC giram em torno de 71,6% e 1,71 Mcal/kg de MS, respectivamente, enquanto que o farelo de soja possui teor médio de 80% de NDT e 2,13 Mcal/kg de MS.

Chiou et al. (1998) realizaram dois ensaios, sendo um de desempenho lactacional e o outro visando estudar algumas variáveis ruminais. Em ambos os estudos, todas as dietas foram isoenergéticas e isoprotéicas (em relação à PB e também à PNDR), sendo que o tratamento controle continha farelo de soja (FS) e uma das outras dietas continha 10% de resíduo úmido de cervejaria (RUC) na MS, além de farelo de soja. Ao contrário dos resultados obtidos em outros estudos (Davis et al., 1983; Lahr et al., 1983; Polan et al., 1985) onde houve diminuição na ingestão de MS conforme se aumentou o teor

de umidade na dieta, Chiou et al. (1998) não observaram depressão no consumo de MS quando compararam as dietas controle com aquela que possuía RUC, resultado este consistente com aqueles obtidos em outras pesquisas, que chegaram a incluir 15% (West et al., 1994) e/ou 30% de RUC na dieta (West et al., 1994; Murdock et al., 1981).

Polan et al. (1985) compararam inclusões de RUC em diferentes teores (13; 21 e 29% na MS da dieta), sendo que conforme os teores de RUC iam aumentando na dieta, os de forragem iam diminuindo (de 50,5% até 30,7%), perfazendo dietas para vacas em lactação com teores diferentes de PB (15,4; 17,0 e 18,4% na MS). No estudo, foi observada maior produção de leite nos tratamentos com RUC em comparação ao com farelo de soja. Através dos resultados obtidos de melhor produção de leite e maior eficiência na utilização da proteína do RUC, os autores concluíram que a qualidade da proteína do RUC foi superior a do farelo de soja. Similarmente, Chiou et al. (1998) obtiveram maior produção de leite (2,62% maior) e de leite corrigido para 4% de gordura (2,77% a mais) nas dietas com RUC em comparação à dieta com farelo de soja, concordando com os resultados obtidos por Cozzi & Polan (1994), que observaram maior produção de leite no tratamento com resíduo seco de cervejaria em comparação ao tratamento com farelo de soja.

Quanto à composição do leite, efeitos variáveis são encontrados na literatura. Por exemplo, Chiou et al. (1998) não observaram efeitos da inclusão de RUC sobre os teores e produções diárias de proteína, gordura, lactose e sólidos totais no leite, quando comparados com a dieta contendo somente farelo de soja, apesar da dieta com RUC ter produzido maior (4,26%) porcentagem molar de propionato e menor (4,22%) relação acetato/propionato. O aumento no teor de propionato no rúmen poderia, eventualmente, contribuir para maior aporte de glucose para a glândula mamária, o que levaria ao aumento de secreção de insulina e de absorção de aminoácidos, com conseqüente aumento de produção de proteína no leite (Aldrich et al., 1993).

Tais resultados obtidos em relação à composição do leite concordam com aqueles obtidos por outros autores, como Johnson et al. (1987), que substituíram 14,3% de farelo de soja por 25,6% de RUC e Seymour & Polan (1986), que substituíram 10% de farelo de soja por 19% de resíduo seco de cervejaria.

Já Polan et al. (1985) obtiveram maiores produções diárias de proteína e sólidos totais e menor teor de gordura, resultado este contrastante com aquele obtido por Murdock et al. (1981), que observaram maior teor de gordura no leite em vacas alimentadas com RUC, quando comparadas com aquelas que receberam farelo de soja. Da mesma maneira, Cozzi & Polan (1994) também mostraram maiores produções de proteína no leite quando os animais receberam resíduo seco de cervejaria em comparação ao tratamento com farelo de soja.

Segundo Belibasakis & Tsirgogianni (1996), os efeitos benéficos da substituição parcial ou total do farelo de soja por RUC sobre a produção e composição do leite, quando ocorrem, são em virtude da melhor composição da proteína quanto aos teores de lisina e metionina, que contribuem para tornar tal ingrediente em fonte de PNDR de alta qualidade. Cozzi & Polan (1994) relataram que a dieta contendo resíduo seco de cervejaria proporcionou maior quantidade de metionina e similar de lisina, quando comparada com a dieta contendo farelo de soja. Entretanto, Santos et al. (1998b) relataram que o RUC é boa fonte de metionina, porém deficiente em lisina e, na maioria dos trabalhos, não houve diferença em produção de leite quando o RUC substituiu parcial ou totalmente o farelo de soja.

Por conter altos teores de fibra e/ou baixa quantidade de carboidratos disponíveis, o fornecimento de RUC nas dietas tendeu a manter o pH ruminal mais elevado no rúmen de vacas alimentadas com esse ingrediente, em comparação com animais que receberam farelo de soja no estudo publicado por Chiou et al. (1998), similarmente aos dados obtidos por Davis et al. (1983),

que observaram que vacas recebendo 20, 30 ou 40% de resíduo de cervejaria prensado apresentaram maiores valores de pH ruminal, quando comparadas com o grupo controle. Chiou et al. (1998) hipotetizaram que tal fato se deveu à maior disponibilidade de carboidratos e quantidades adequadas de PDR na dieta com farelo de soja, que aumentaria a fermentação ruminal e a produção de AGVs, com conseqüente diminuição do pH.

Murdock et al. (1981) adicionaram 15 ou 30% de RUC em substituição ao farelo de soja e mostraram menor concentração ruminal de nitrogênio amoniacal no grupos que receberam RUC. Já Chiou et al. (1998) observaram somente tendência de menor concentração desta variável para o tratamento com RUC, provavelmente devido à baixa taxa de inclusão (10%) do ingrediente.

Os efeitos positivos do fornecimento de RUC em relação à concentração ruminal de nitrogênio amoniacal podem levar a melhor balanço energético, haja visto que ocorre diminuição no excesso de produção de amônia ruminal, que geraria gasto de energia para poder ser excretado (Belibasakis & Tsirgogianni, 1996). Higginbotham et al. (1989) reportaram que a concentração sérica de glucose não foi afetada, mas a de nitrogênio uréico aumentou em vacas alimentadas com dietas contendo altos teores de proteína degradável no rúmen.

Santos et al. (1998b) compilaram nove estudos onde o farelo de soja foi substituído parcial ou totalmente por resíduo de cervejaria (RC) úmido ou seco. Dentre sete trabalhos onde os teores de forragem e concentrado foram similares nas dietas contendo farelo de soja ou resíduo de cervejaria, não houve diferença em produção de leite em seis estudos. O teor e a produção de proteína do leite também não foram afetados. As produções médias de leite foram de 31,0 vs. 31,7 kg/dia para farelo de soja vs. RC. Em dois dos nove estudos, onde o RC foi incluído substituindo-se o farelo de soja e parte da forragem da dieta, observou-se aumento na produção de leite.

2.1.2 O farelo de algodão e sua utilização para vacas leiteiras

Como já visto, a substituição de ingredientes tradicionais por outros de menor custo deve ser considerada caso haja benefícios em termos econômicos. O caroço de algodão é utilizado como fonte de proteína bruta, fibra e energia para vacas leiteiras. Após a retirada do óleo do caroço, obtém-se o subproduto denominado farelo de algodão. Conforme mencionado por Noftsger et al. (2000), a maior parte do óleo é extraído durante o processo e, em alguns casos, o línter é totalmente ou parcialmente retirado, fazendo com que se obtenha ingrediente de menor teor fibroso (FDA) e de gordura e maior conteúdo protéico, quando comparado com o caroço de algodão. Durante o processo de extração de óleo, a proteína do caroço de algodão é exposta ao calor, sendo desnaturada e, assim, diminuindo a capacidade proteolítica das enzimas microbianas ou, em outras palavras, diminuindo a degradação ruminal de proteína (Noftsger et al., 2000).

Segundo Blackwelder et al. (1998), o farelo de algodão é normalmente usado como substituto parcial ou integral ao farelo de soja, principalmente em regiões onde há presença da cultura do algodão, haja visto que o farelo de algodão passa a se tornar um produto de alta disponibilidade no mercado e com preço competitivo.

O NRC (2001) estabelece valores de PNDR (% da PB) de 35 e 48% para farelo de soja e farelo de algodão, respectivamente, para vacas consumindo 4% do peso vivo em MS. O farelo de algodão possui teores de PB e EL_{lact} menores que o farelo de soja e valores mais elevados de fibra. A proteína do farelo de algodão apresenta perfil de aminoácidos com menores concentrações de Lis e Met (em percentagem da PB) que o farelo de soja e, portanto, a substituição total do farelo de soja por farelo de algodão para vacas em início de lactação deve ser visto com ressalvas (Blackwelder et al., 1998).

Vários autores (Bernard, 1997; Sanchez & Claypool, 1983; Van Horn et al., 1979) têm sugerido que o farelo de algodão seria capaz de manter a produção de leite nos mesmos patamares que o farelo de soja, quando o teor protéico da dieta for maior que 16%.

Ao incluir 10% de farelo de algodão na dieta, Chiou et al. (1997) não observaram efeitos sobre o consumo de MS, quando comparado ao tratamento controle, que continha farelo de soja, similarmente a outros autores, que incluíram teores maiores de farelo de algodão na dieta, como 16% (Blackwelder et al., 1998), 24,2% (Grings et al., 1991) e 45% (Lindsey et al., 1980). Chiou et al. (1997) também não observaram efeitos da inclusão de 10% de farelo de algodão na dieta sobre a produção e composição do leite e eficiência alimentar de vacas em lactação com produções ao redor de 27 kg/dia.

Clark et al. (1987) observaram menor disponibilidade de Lis para absorção no intestino delgado quando a proteína suplementar era proveniente de farelo de algodão, em comparação com o farelo de soja. Blackwelder et al. (1998) observaram maior concentração plasmática de Lis em vacas alimentadas com farelo de soja, levando-os a supor que dietas contendo farelo de algodão pudessem estar limitando a disponibilidade deste aminoácido essencial por conter menor teor de Lis ou pelo fato do gossipol ter se ligado a este aminoácido, tornando-o indisponível. Reiser & Fu (1962) sugerem que o gossipol se liga ao grupamento amina da lisina, tornando-a indisponível. No entanto, Blauwiekel et al. (1997) não observaram interações entre o teor de gossipol na dieta e respostas de animais suplementados com Lis protegida, concluindo que o gossipol não afetou a utilização do aminoácido para produção de leite ou proteína no leite.

Uma das principais preocupações quando se utiliza o caroço de algodão ou alguns de seus derivados é quanto à presença de um fator antinutricional denominado gossipol (Mena et al., 2001; Prieto et al., 2003; Santos et al., 2002, 2003a) e sua capacidade de levar à intoxicação, quando

ingerido em altas doses. O gossipol é um aldeído polifenólico de cor amarelada encontrado no algodão, presente principalmente nas pequenas glândulas pigmentadas da semente, tóxico para monogástricos, porém pouco menos problemático para ruminantes (Danke et al., 1965), podendo estar presente tanto na forma livre quanto ligado a outros componentes (Mena et al., 2001). A forma livre do gossipol é predominante no caroço de algodão intacto, contudo quando o material sofre processamento, como por exemplo para se obter o farelo de algodão, o gossipol presente se liga às proteínas (Calhoun et al., 1995). Na forma ligada, o gossipol é considerado menos tóxico, pois a sua absorção no trato digestivo é diminuída drasticamente (Mena et al., 2001). No entanto, algumas evidências indicam que essa forma ligada pode se tornar livre durante a digestão ruminal do farelo de algodão (Blackwelder et al., 1998; Bressani et al., 1964) e, ainda, o gossipol livre do farelo de algodão é mais disponível para absorção intestinal do que o do caroço de algodão (Blackwelder et al., 1998; Wan et al., 1995). Duas formas distintas de isômeros do gossipol ocorrem no algodão, o isômero positivo (+) e o isômero negativo (-), sendo que este último possui maior atividade biológica e é retido no animal por períodos mais longos (Mena et al., 2001).

Em monogástricos, a forma livre do gossipol exerce papel tóxico pela diminuição da capacidade carregadora de oxigênio do sangue e causando edema nos pulmões. Há, ainda, relatos de que o gossipol livre pode levar a mau funcionamento reprodutivo em várias espécies animais. As fêmeas ruminantes são relativamente insensíveis ao gossipol proveniente da dieta, mas os machos exibem considerável dano testicular (Arieli, 1998).

Prieto et al. (2003) estudaram os efeitos da inclusão de 12,8% de caroço de algodão na dieta de vacas leiteiras produzindo ao redor de 38 kg/dia de leite. Os tratamentos consistiram em combinar proporções diferentes (100:0, 67:33, 33:67 e 0:100) entre as variedades de caroço de algodão Upland, fornecida na forma íntegra, e Pima, fornecida na forma quebrada. Os autores

observaram que, conforme o caroço de algodão da variedade Upland foi sendo substituído pela variedade Pima, a ingestão total de gossipol, as concentrações de gossipol total, bem como do isômero negativo aumentou linearmente, tanto para vacas primíparas, quanto para multíparas, o que concorda com o fato do caroço de algodão da variedade Pima possuir maior teor de gossipol total que a variedade Upland (1% e 0,64% na MS, respectivamente), assim como do isômero negativo (52% e 41% do gossipol total, nas variedades Pima e Upland, respectivamente). No entanto, a fragilidade de eritrócitos não foi alterada conforme o aumento na ingestão de gossipol (livre e isômero negativo), apesar das concentrações de gossipol total observadas estarem bem acima da concentração máxima segura, de 5 µg/mL (Calhoun et al., 1995). A ausência de sintomas de intoxicação por gossipol levou os autores a concluir que a concentração plasmática de gossipol total por si só não é um indicativo adequado para se determinar as doses seguras de inclusão de produtos originados do algodão na dieta de vacas leiteiras.

A determinação da fragilidade de eritrócitos foi proposta por Velasquez-Pereira et al. (1998) como um indicador sensível ao status fisiológico frente à presença de gossipol na dieta, uma vez a fragilidade é aumentada rapidamente assim que doses altas de gossipol são consumidas. O mecanismo exato pelo qual o gossipol interfere na fragilidade de eritrócitos ainda não está bem esclarecido, embora haja especulações no sentido de que o gossipol pode interagir diretamente com a membrana das células vermelhas (Harvey, 1989), alterando a sua fluidez (Velasquez-Pereira et al., 1998).

Mena et al. (2001) observaram fragilidade ligeiramente maior de eritrócitos quando forneceram para vacas em lactação dieta contendo 15% de caroço de algodão e 7% de farelo de algodão na MS (consumo, em MS, de 3,6 kg/dia e 1,7 kg/dia, respectivamente), levando à ingestão diária de 46 g de gossipol total, sendo 25 g de gossipol livre e 21 g de gossipol na forma ligada. Esses resultados discordam daqueles obtidos por Barraza et al. (1991), onde

vacas em lactação consumindo dietas contendo 15% de caroço de algodão e 15% de farelo de algodão ingeriram diariamente 58 g de gossipol total e 23 g de gossipol livre, mas não apresentaram sinais de intoxicação.

Lindsey et al. (1980) relataram sinais de toxicidade por gossipol, incluindo fragilidade de eritrócitos e levando até mesmo a caso fatal dentre as vacas consumindo em torno de 10 kg/dia de farelo de algodão em ensaio de 81 dias de duração, fato este que permitiu concluir sobre a limitada capacidade do rúmen em detoxificar o gossipol. Vale ressaltar que as quantidades utilizadas por Lindsey et al. (1980) foram consideravelmente altas e bem acima do normalmente fornecido para vacas leiteiras. Mena et al. (2001) sugerem que a duração do ensaio com animais recebendo altas doses de gossipol na dieta deve ser levada em consideração quando se deseja avaliar os efeitos nocivos desse componente, alegando que, caso o experimento conduzido por eles tivesse maior duração, talvez pudessem observar alguns sinais mais pronunciados de intoxicação nos animais, haja visto que a quantidade diária ingerida de gossipol livre foi praticamente igual à quantidade ingerida pelos animais utilizados por Lindsey et al. (1980), ou seja, 25g/dia. No entanto, Noftsgger et al. (2000) relataram que não foram observados quaisquer sinais de intoxicação por gossipol quando vacas primíparas e múltíparas tiveram o consumo de gossipol livre proveniente de caroço de algodão aumentado de 22 para 31 g/dia, do 30º até 120º dia de lactação.

Mena et al. (2001) propuseram que a detoxificação no rúmen é reduzida quando a taxa de passagem ruminal de alimentos que contém gossipol é aumentada. A quantidade de gossipol absorvida é dependente da sua disponibilidade (forma livre ou complexada com proteína) e da sua concentração nos produtos originados do algodão (Noftsgger et al., 2000). Quando ocorre, a imunidade observada em ruminantes frente à presença moderada de gossipol parece estar relacionada à sua habilidade para detoxificar o gossipol no rúmen, através da complexação das formas livres com

a proteína solúvel (Blackwelder et al., 1998; Bressani et al., 1964; Noftsker et al., 2000; Wan et al., 1995), ou pelo fato de ter havido alta taxa de diluição e baixa taxa de absorção (Risco et al., 1992).

2.2 Sistemas de nutrição de vacas leiteiras

2.2.1 Estimativa de consumo de alimento

Atualmente, os sistemas mais difundidos na América do Norte para formulação e avaliação de dietas para gado leiteiro são o NRC e o modelo de Cornell (CNCPS, ou *Cornell Net Carbohydrate and Protein System*).

A maioria dos modelos que se propõem a estimar o consumo voluntário de MS de vacas em lactação foi desenvolvida empiricamente através da aplicação de técnicas de regressão linear múltipla (Ingvarsen, 1994). Vários estudos (Fuentes-Pila et al., 2003; Roseler et al., 1997a e 1997b) mostraram a falta de acurácia das equações existentes que estimam a ingestão de alimentos quando elas são avaliadas com conjunto de dados independentes daqueles que foram usados para a confecção dos modelos. Em qualquer sistema utilizado na avaliação ou formulação de dietas, a correta estimativa do consumo de MS é essencial para que não haja fornecimento acima ou abaixo das necessidades do animal, que pode afetar o desempenho e/ou saúde do animal, ou ainda causar impactos indesejáveis no meio ambiente (NRC, 2001).

As estimativas de consumo de MS vêm sofrendo constantes modificações conforme são lançadas as edições do NRC. Por exemplo, a edição de 1971 simplesmente recomendava alimentação *ad libitum* durante as primeiras 6-8 semanas de lactação, para somente então alimentar os animais para atender as exigências energéticas após esse período. Em 1978, o NRC utilizou-se de conjunto seleto de estudos para criar uma tabela de interpolação,

onde as variáveis usadas para estimar o consumo de MS pelas vacas em lactação era o peso vivo (PV) e a produção de leite corrigido para 4% de gordura, resultando em estimativas que variavam entre 2 e 4% do PV. A penúltima edição do NRC (NRC, 1989) estimava o consumo de MS baseando-se na teoria da exigência energética, expressando-a da seguinte maneira:

$$\text{consumo de MS (kg/dia)} = \frac{\text{Exigência de } EL_{\text{lact}} \text{ (Mcal/dia)}}{\text{concentração de } EL_{\text{lact}} \text{ na dieta (Mcal/kg)}}$$

Pequenos, mas importantes ajustes eram sugeridos para tal equação. Por exemplo, redução de 18% no consumo esperado durante as três primeiras semanas de lactação, e redução no consumo de MS estimado em 0,02 kg/100 kg de PV, para cada 1% de aumento no teor de umidade da dieta acima de 50%, caso alimentos fermentados fossem fornecidos.

E finalmente, a última edição (NRC, 2001) baseia a estimativa de consumo de MS somente em variáveis do animal, facilmente mensuráveis. Tal estimativa foi elaborada utilizando-se de médias dos tratamentos de experimentos conduzidos apenas com vacas da raça Holandesa publicados no *Journal of Dairy Science* entre 1988 e 1998, apresentando quadrado médio do erro da estimativa (MSPE^(*), ou *mean square prediction error*) de 3,31 kg²/dia e viés médio (ou *bias*^(^)) de -0,27 kg/dia. Características do alimento não foram incluídas no modelo matemático, haja visto que a prática mais comum durante a

(*) $MSPE = \Sigma(\text{estimado} - \text{observado})^2 / n^{\circ} \text{ observações}$; calculando-se a raiz quadrada do MSPE, obtém-se RMSPE (*root mean square prediction error*, ou raiz quadrada do quadrado médio do erro da estimativa), que é uma forma de se medir a precisão do modelo ou, em outras palavras, é uma medida do quanto as estimativas se adequam bem aos dados observados (Bibby & Toutenburg, 1977).

(^*) $Bias = \Sigma(\text{estimado} - \text{observado}) / n^{\circ} \text{ observações}$; o *bias*, ou viés médio, é uma forma de se avaliar a acurácia do modelo, sendo o modelo mais acurado aquele que apresentar viés médio mais próximo do valor zero (Kohn et al., 1998).

formulação de dietas é de se estabelecer a exigência do animal e estimar o consumo de MS antes de se considerar os ingredientes a serem usados (NRC,2001). Assim sendo, para estimar o consumo esperado de MS, a sétima edição do NRC utiliza a produção de leite corrigida para 4% de gordura (LCG-4%), o PV metabólico ($PV^{0,75}$) e a semana de lactação (SDL) em que o animal se encontra, através da fórmula a seguir:

$$\text{consumo de MS (kg/dia)} = (0,372 \times LCG4\% + 0,0968 \times PV^{0,75}) \times (1 - e^{(-0,192 \times (SDL + 3,67))})$$

É interessante observar que nenhum fator ambiental é considerado diretamente no modelo mais atual, isto é, independentemente da temperatura ou da umidade relativa do ar, os animais somente terão o consumo esperado de MS diminuídos caso a produção leiteira seja menor, o que é comum em casos de estresse por calor.

A versão 1.0 do *software* CPM-Dairy, lançada em outubro de 1998 por pesquisadores da Universidade de Cornell, de Pennsylvania e do Instituto Miner (Boston et al., 2000), formula e avalia rações de acordo com o modelo proposto pelo CNCPS (versão 3.0).

No CPM-Dairy, o peso corporal dos animais em jejum (assumido como sendo 96% do peso do animal não submetido ao jejum), a produção de leite e o teor de gordura do leite são os principais determinantes do consumo de MS pelas vacas em lactação (Fox et al., 1992). É considerado, também, que vacas com mais de 259 dias de gestação possuem ingestão 20% menor do que o proposto pela equação original, devido à pressão exercida pelo útero prenhe sobre o rúmen (Fox et al., 1992). Ainda, ajustes são feitos em função da porcentagem de gordura corporal (ou seja, efeito da maturidade), temperatura ambiental, estresse pelo calor durante a noite e cobertura da pelagem por lama (NRC, 2000). E, por fim, animais nos primeiros 100 dias de lactação possuem

descontos no consumo de MS a taxas decrescentes (Roseler et al., 1997b).

2.2.2 Sistemas protéicos para ruminantes

Por muitos anos, a proteína bruta (PB) foi o principal termo usado para a determinação das exigências protéicas na formulação de dietas para ruminantes devido, principalmente, à falta de informações e dados sobre a degradabilidade ruminal e o balanço de aminoácidos, tanto das fontes protéicas como das exigências do animal. O fato da proteína microbiana sintetizada no rúmen ser de excelente qualidade, o que permite a ela complementar, em muitos casos, as deficiências das fontes alimentares de proteína que escapam à degradação ruminal, também retardou o interesse em busca de métodos mais sofisticados para a determinação das exigências protéicas para ruminantes. Pesquisas conduzidas nos anos 60 mostraram que o rúmen é capaz de suprir toda a proteína necessária para a produção de até 4.500 kg de leite/lactação de vacas recebendo uréia como única fonte de nitrogênio (Virtanen, 1966). Contudo, à medida que a produção de leite por vaca nos rebanhos de países desenvolvidos praticamente triplicou nos últimos 30 anos, sendo comum rebanhos com produção média por vaca em torno de 9.000 a 14.000 kg/leite/ano, maior atenção tem sido dada à nutrição protéica destas vacas de alta produção. Para estas vacas, o rúmen não é capaz de suprir toda a proteína necessária para a manutenção corporal e síntese de leite, aumentando assim a importância da fonte protéica da dieta. Uma maior quantidade de proteína da dieta tem que escapar da fermentação ruminal para ser digerida no intestino, porém sem que haja limitação de N (nitrogênio) para a síntese de proteína microbiana no rúmen. Não apenas a quantidade de proteína microbiana e de proteína alimentar que escapa à fermentação ruminal são importantes, mas também a qualidade desta última, a qual pode ter grande impacto na nutrição protéica de vacas de alta produção. O balanço de aminoácidos essenciais (AAE) na proteína que chega ao intestino é tão importante quanto a quantidade

desta proteína para que se possa maximizar o desempenho, já que a exigência do animal é em aminoácidos essenciais absorvidos e não em PB (Schwab, 1994; Huber & Santos, 1996).

Devido às limitações do sistema de PB em estimar as exigências protéicas de vacas de alta produção, novos sistemas foram publicados tanto na América do Norte quanto na Europa durante os últimos 10 anos (AFRC, 1992; Fox et al., 1992; NRC, 1985, 1989, 2000, 2001; Russell et al., 1992; Sniffen et al., 1992).

O sistema de proteína metabolizável (AFRC, 1992) estima o grau no qual a proteína alimentar é degradada no rúmen para suprir proteína degradável aos microrganismos. A quantidade de proteína não degradável que escapa da fermentação ruminal para ser digerida no intestino é calculada por diferença (Beever & Cottrell, 1994).

Em 1992 e 1993, pesquisadores da Universidade de Cornell, EUA, publicaram quatro artigos no *“Journal of Animal Science”* relativos ao sistema CNCPS (*Cornell Net Carbohydrate and Protein System*), onde foram feitas as descrições dos submodelos do sistema apresentado, isto é: (a) submodelo de fermentação ruminal (Russell et al., 1992); (b) submodelo das disponibilidades de carboidratos e proteína (Sniffen et al., 1992); (c) equações de estimativas das exigências nutricionais, do consumo e da utilização de alimentos (Fox et al., 1992); e (d) submodelo das disponibilidades e exigências de aminoácidos essenciais (O'Connor et al., 1993). Assim, o sistema CNCPS apresentou-se pela primeira vez na história da nutrição protéica como sendo um sistema dinâmico, no qual um modelo de fermentação compara as taxas de fermentação de carboidratos com as de degradação de proteínas e estima a quantidade de matéria orgânica digerida no rúmen, síntese de proteína microbiana, produção de amônia e fluxo de material não digerido para o intestino delgado. O modelo de Cornell oferece a possibilidade de se estimar o fluxo de aminoácidos essenciais para o intestino do ruminante e,

conseqüentemente, adequar a dieta para as necessidades do animal. Através do *software* CPM-Dairy, é possível se fazer uma tentativa no sentido de se adequar a dieta em termos de aminoácidos essenciais para vacas de alta produção.

Os autores responsáveis pelo modelo de Cornell acima citado fizeram diversas críticas ao modelo mais difundido até então na América do Norte, o modelo da 6ª edição do NRC (NRC, 1989), sendo elas:

- 1) crescimento microbiano em função do NDT ou MO, ao invés da estimativa da disponibilidade ruminal de carboidratos;
- 2) a equação que relaciona o NDT à produção microbiana tem intercepto negativo, o que pode levar à subestimativa da produção de proteína microbiana quando há baixas ingestões de NDT;
- 3) eficiência de crescimento microbiano é constante, independentemente da taxa de crescimento, disponibilidade de aminoácidos ou pH ruminal;
- 4) a relação entre produção microbiana e a exigência de energia para manutenção de microrganismos é ignorada;
- 5) não se divide a população microbiana conforme a atividade metabólica e exigências de nitrogênio;
- 6) as taxas de degradação de carboidratos não são integradas com as de proteínas;
- 7) a degradabilidade dos alimentos é fixa e, portanto, o sistema é insensível a variações no consumo de alimentos e taxas de passagem.

No que se refere ao capítulo sobre proteína, a 7ª edição do NRC (NRC, 2001) eliminou algumas dessas limitações supracitadas e, ainda, trouxe algumas diferenças marcantes em relação à 6ª edição (NRC, 1989), diferenças estas que serão abordadas no transcorrer da presente revisão.

O sistema protéico mais difundido na América do Norte para vacas leiteiras, desde meados da década de 80 até o final do ano de 2000, foi o sistema de “proteína absorvida” proposto pelo NRC (1985, 1989), o qual baseava-se em método fatorial para estimar as exigências para todas as categorias do rebanho. Este método dividia a exigência protéica em duas frações: proteína degradável no rúmen (PDR) e proteína não degradável no rúmen (PNDR). Em sua última edição para gado de corte, o NRC (2000) também adotou o sistema de proteína absorvida, mas denominando-a de “proteína metabolizável”. Esta nova publicação também assimilou conceitos e dados do modelo dinâmico de Cornell. Em janeiro de 2001, o NRC publicou a sua mais recente edição para gado leiteiro (NRC, 2001), sendo o modelo atual baseado na adequação em proteína metabolizável, a qual é composta por aminoácidos provenientes da digestão intestinal da proteína microbiana, proteína alimentar não degradada no rúmen e proteína endógena.

Desde a publicação do NRC (1985), grande número de estudos têm sido conduzidos para se determinar as quantidades e as fontes de PDR e PNDR em dietas para vacas leiteiras, a fim de se maximizar o fluxo de aminoácidos para o intestino e a produção de leite.

As exigências de PDR foram estabelecidas pelo modelo do NRC considerando-se a produção de proteína microbiana no rúmen, eficiência de uso do nitrogênio no rúmen por microrganismos e reciclagem de nitrogênio. Na 6ª edição (NRC, 1989), assumia-se que a eficiência de uso do nitrogênio aparentemente degradado no rúmen por microrganismos era de 90%, definindo-se então as exigências de PDR com a fórmula:

exigência de PDR = 1,11 . produção de PBMicr

Já no NRC (2001), as exigências de PDR passaram a ser:

exigência de PDR = 1,18 . produção de PBMicr

Baseados nas recomendações do NRC (1985, 1989), diversos autores (Chalupa & Ferguson, 1988; Clark et al., 1987; Huber & Chen, 1992; Huber & Herrera-Saldana, 1994; Polan, 1992; Satter, 1986) sugeriram haver existência de possível deficiência de PNDR em dietas para vacas de alta produção quando suplementos protéicos convencionais pobres em PNDR, como o farelo de soja, são fornecidos. Em tais condições, a suplementação de fontes ricas em PNDR poderia, teoricamente, aumentar a produção de leite. Entretanto, a literatura mostra que na grande maioria dos estudos onde o farelo de soja foi substituído por fontes protéicas ricas em PNDR, os resultados foram frustrantes (Santos et al., 1998b). Possíveis explicações para o fato são:

- a) redução na síntese de proteína microbiana no rúmen por falta de PDR (Clark et al., 1992; Schingoethe, 1991; Schwab, 1994);
- b) baixa qualidade da fonte de PNDR em termos de balanço de aminoácidos essenciais (Schingoethe, 1991; Schwab, 1994);
- c) baixa digestibilidade das fontes de PNDR no intestino delgado (Schingoethe, 1991; Schwab, 1994);
- d) dietas usadas como tratamento controle já adequadas em PNDR (NRC, 1985; 1989).

Com base nesses dados, diversos autores (Chen et al., 1993; Clark

et al., 1992; Huber & Chen, 1992; Huber & Santos, 1996; Polan, 1992; Santos, 1996; Santos et al., 1998a; Schwab, 1994) enfatizaram o fato de que, para se ter sucesso com a suplementação de PNDR, estas fontes devem ter balanço adequado de aminoácidos para complementar o da proteína microbiana, tendo como padrão a proteína do leite. Estudos de infusão no abomaso e duodeno indicaram que a lisina (Lis) e a metionina (Met) são provavelmente os dois aminoácidos mais limitantes para a síntese de leite e de proteína do leite em dietas tradicionalmente fornecidas para vacas de alta produção (King et al., 1990; Schwab et al., 1992a,b). Foi inicialmente sugerido que os teores de Lis e Met como porcentagem dos aminoácidos essenciais totais (AAE) no bolo alimentar que chega ao duodeno deve ser ao redor de 15 e 5%, respectivamente, para maximizar a produção de leite e de proteína no leite (Schwab et al., 1992a,b; Schwab, 1994). Mais recentemente, o grupo liderado pelo Dr. Schwab (Sloan et al., 1999) propôs balancear Lis e Met utilizando o modelo de Cornell (CPM-Dairy) para se atingir teores de 6,82 % de Lis e 2,19% de Met na proteína metabolizável da dieta. Esta recomendação é uma tentativa de aproximação da recomendação prática de Rulquin & Verité (1993) ao se trabalhar com o modelo francês de proteína digestível no intestino (PDI). Portanto, suplementos protéicos ricos em PNDR, onde os teores de Lis e/ou Met são baixos ou desbalanceados, podem ter efeitos negativos em termos de produção de leite e de proteína do leite, ao invés de efeitos positivos.

O NRC (2001) discute de forma aprofundada a importância do balanceamento da proteína metabolizável em lisina e metionina, e sugere que teores de 7,2% de lisina e 2,4% de metionina na proteína metabolizável da dieta permitem a maximização do uso desta para vacas leiteiras. Apesar do NRC (2001) apresentar a produção possível de leite apenas em termos de proteína metabolizável (*“MP allowable milk”*) quando uma dieta é checada no programa, os autores afirmam que “estratégias que aumentem os teores de lisina e de metionina na proteína metabolizável para valores que se aproximem ou atendam as exigências nestes dois aminoácidos podem resultar em maior

produção de leite que o ajuste apenas em proteína metabolizável”.

Apesar da recomendação de 7,2% de Lis e 2,4% de Met permitir a maximização do uso da proteína metabolizável, a recomendação economicamente viável utilizando o NRC (2001) para se formular uma dieta é de 6,66% de Lis e 2,22% de Met na proteína metabolizável, mantendo-se relação Lis:Met de 3:1 (Sloan, 2002).

2.3 Nutrição protéica

Segundo o NRC (1985), uma porção da proteína ingerida pelo animal pode chegar ao omaso sem sofrer ação dos microrganismos ruminais, a qual é definida como proteína não degradável no rúmen (PNDR). A fração que sofre hidrólise ruminal, chamada de proteína degradável no rúmen (PDR), tem suas ligações peptídicas quebradas, formando peptídeos e aminoácidos (AA). Estes últimos podem ainda sofrer deaminação, ao final do qual são liberados amônia (NH₃) e alfa-cetoácidos. É importante ressaltar que inúmeras variáveis contribuem para a extensão de degradação da proteína no rúmen. A princípio, o que determinará essa extensão de degradação é o perfil da proteína que compõe esse alimento, o tipo de processamento aplicado sobre ele e o tempo de retenção dele no rúmen.

Desta forma, segundo o sistema do NRC (2001), o alimento possui sua porção nitrogenada dividida em três frações, A, B e C, identificadas e estimadas através do método *in situ*. O método é capaz de estimar também a taxa de degradação (K_d) da fração B. A fração A representa o nitrogênio não protéico (NNP), a proteína rapidamente solubilizável e a proteína presente em partículas de alimento menores que a porosidade das sacolas de polyéster (ou nylon) usadas nos ensaios *in situ*. A fração B corresponde à fração protéica potencialmente degradável (que se degrada ou não no rúmen), dependente da

K_d e da taxa de passagem (K_p). Finalmente, a fração C é definida como sendo a fração de proteína remanescente na sacola ao fim da incubação no rúmen, correspondendo ao resíduo resistente à degradação ruminal e indisponível também intestinalmente.

Assim, através de ensaio *in situ* e determinação laboratorial da proteína bruta (PB), tem-se:

$$PDR = A + B \frac{K_d}{K_d + K_p}$$

$$PNDR = B \frac{K_p}{K_d + K_p} + C$$

onde A, B, C, PDR e PNDR são expressas em % da PB; e K_d e K_p são expressas em %/hora.

Talvez o próximo passo a ser seguido pelas futuras publicações voltadas ao gado leiteiro do NRC em relação às estimativas das frações degradáveis e não degradáveis no rúmen seja a subdivisão da fração nitrogenada em cinco, e não apenas em três. Desta forma, seriam divididas em A, B₁, B₂, B₃ e C, seguindo aquilo que já é adotado pelo NRC de gado de corte (NRC, 2000) e pelo sistema de Cornell (Russell et al., 1992; Sniffen et al., 1992; Fox et al., 1992), ou CNCPS (*Cornell Net Carbohydrate and Protein System*).

Logo, para ambos os sistemas, pode-se concluir que a PNDR é composta por parte de fração B que atinge o omaso sem sofrer modificações pelos microrganismos ruminais e pela fração C.

Em contrapartida, Argyle & Baldwin et al. (1989) sugeriram dividir a exigência de PDR em exigência de amônia e em exigência de proteína verdadeira degradável (PVD). Somente a PVD, proveniente de alimentos ou de

origem endógena, pode proporcionar AA e peptídeos que permitem aumentar o crescimento microbiano. A PVD também é importante para a produção de AGVs de cadeia ramificada (Russell & Sniffen, 1984), podendo ainda ser convertida em amônia, porém em taxa mais sincronizada com a energia disponível no rúmen, quando comparado com fontes de NNP tradicionais, como a uréia.

2.3.1 Microrganismos ruminais

Segundo Owens & Zinn (1988), os microrganismos ruminais geralmente contém entre 20 e 60% de sua MS na forma de PB, sendo que as bactérias possuem, em média, 50% ($\pm 5\%$) de PB na MS e os protozoários ao redor de 40% ($\pm 20\%$). Em relação às bactérias ruminais, a fonte de N para a síntese protéica pode ser oriunda da proteína da dieta ou de NNP (dietético ou proveniente da reciclagem).

A amônia é utilizada como fonte preferencial de N por bactérias fermentadoras de fibra (Hungate, 1966). As que fermentam amido, açúcares e subprodutos secundários de fermentação para a síntese protéica também exigem amônia, porém têm suas sínteses aumentadas quando há disponibilidade de peptídeos e aminoácidos (Cotta & Russell, 1982). Esta amônia pode ser proveniente de proteína verdadeira de alimentos através de deaminação de aminoácidos (AA) por microrganismos ou pode ser oriunda diretamente de NNP.

No rúmen as bactérias necessitam de fontes de N, energia, minerais, vitaminas e outros nutrientes para crescer. Contudo, N e energia são exigidos em quantidades maiores e exercem maior influência no crescimento bacteriano. Quando a proteína é degradada mais rapidamente do que é disponibilizada a fonte de energia, ocorre desacoplamento da fermentação, aumentando a

concentração de amônia ruminal, que é absorvida pela parede do rúmen e é convertida em uréia no fígado (Norlan, 1975). Essa uréia pode ser reciclada via saliva ou parede do rúmen, mas a maior proporção é excretada na urina. Norlan (1975) notificou em seus estudos que mais de 25% da proteína de origem alimentar é perdida na forma de amônia ruminal.

Contrariamente, quando grande quantidade de energia é degradada, ultrapassando a velocidade de degradação da proteína, o crescimento microbiano e a eficiência digestiva decrescem. Isto é caracterizado pela fermentação incompleta, onde os microrganismos, deficientes em N, desviam ATP para o acúmulo de carboidrato e não para a síntese de proteína microbiana (Nocek & Russell, 1988).

Satter & Slyter (1974) sugeriram que a quantidade de N-amoniacal no rúmen exigida para o máximo crescimento das bactérias ruminais seria de 2 a 5 mg/dL. Contudo, o NRC (1985) sugere que, na realidade, a exigência por amônia está relacionada à disponibilidade do substrato, à taxa de fermentação, à massa microbiana e ao nível de produção do animal. Dessa forma, como vacas leiteiras invariavelmente recebem dietas ricas em matéria orgânica degradável no rúmen (MODR), a concentração ruminal de N-amoniacal dificilmente pode ser mantida em níveis tão baixos conforme aqueles propostos por Satter & Slyter (1974), sem comprometer o desempenho animal.

Cameron et al. (1991) e Russell & Hespell (1981) observaram que a síntese de proteína microbiana e o crescimento microbiano dependem de quantidades adequadas de energia e N, que devem estar disponíveis de forma sincronizada no fluído ruminal.

A energia é o fator mais limitante para o crescimento microbiano e para a síntese protéica no rúmen de vacas leiteiras (Cameron et al., 1991). Contudo, fontes de N (amônia, AA e peptídeos) também podem limitar o crescimento microbiano e a síntese de proteína microbiana, principalmente quando dietas contendo alta concentração de PNDR são fornecidas (Nocek &

Russell, 1988).

A 6ª edição do NRC (NRC, 1989) estimava a produção de proteína microbiana (PBMicr) para vacas em lactação e animais em crescimento com as seguintes fórmulas, respectivamente:

$$\begin{aligned} PBMicr &= 6,25 (-30,93 + 11,45 EL_L) && \text{para vacas em lactação} \\ &= 6,25 (-31,86 + 26,12 NDT) && \text{para animais em crescimento} \end{aligned}$$

onde PBMicr é expressa em g/dia, EL_L é expressa em Mcal/dia e NDT é expresso em kg/dia

A 7ª edição (NRC, 2001) estima a produção microbiana no rúmen a partir da ingestão de matéria orgânica digestível no trato total (MODTT). A MODTT é usada como indicativo indireto da energia fermentável no rúmen, utilizando para este fim o NDT ajustado^(*). Sendo assim, a estimativa é feita com as seguintes fórmulas:

$$\begin{aligned} PBMicr &= 0,13 \cdot NDT \text{ ajustado} && \text{quando ingestão de PDR} > 1,18 \cdot PBMicr \\ &= 0,85 \cdot PDR && \text{quando ingestão de PDR} < 1,18 \cdot PBMicr \end{aligned}$$

onde PBMicr, NDT ajustado e PDR são expressos em kg/dia

Apesar do progresso ocorrido com o fato de ajustar a estimativa de síntese microbiana quando da deficiência de PDR, o NRC (2001) permanece

(*) Este ajuste é usado para descontar do NDT um determinado valor, visto que ocorre um declínio na digestibilidade com o aumento no consumo alimentar. Assim, *unidade percentual de declínio* = $0,18 \times NDT_{1x} - 10,3$. Portanto, $NDT \text{ ajustado} = NDT_{1x} - \{[(0,18 \times NDT_{1x}) - 10,3] \times (Rel_CMS_{atual_CMS_{1x}} - 1)\}$, onde $Rel_CMS_{atual_CMS_{1x}}$ é a relação entre o consumo alimentar atual e o consumo alimentar em estado de manutenção (dada pela fórmula: $kg \text{ NDT consumido} / (0,035 \times PV^{0,75})$). Fonte: NRC (2001).

considerando constante a eficiência de crescimento microbiano, ou seja, não prevê a possibilidade de:

- 1 - diminuição na síntese de proteína microbiana quando houver altas taxas de inclusão de grãos na dieta, que poderia ocasionar queda no pH ruminal. Experimentos *in vitro* indicam que a produção de PBMicr diminui 2,5% para cada unidade percentual abaixo de 20% de FDN efetivo na dieta (NRC, 2000).
- 2 - redução na eficiência de síntese de PBMicr, que pode ocorrer quando a dieta é de baixa qualidade (menor taxa de passagem, ou K_p), levando os microrganismos a utilizarem alta porcentagem da energia da dieta para manutenção, ao invés de utilizarem para reprodução.

As equações também não consideram a contribuição de ácidos orgânicos encontrados na fração de açúcares solúveis de forragens. O modelo poderia, assim, superestimar a produção de proteína microbiana quando da utilização de dietas baseadas em silagens com elevados teores de ácidos orgânicos (ácidos acético, propiônico e butírico), pois os microrganismos obtêm pouca energia a partir desses componentes (Van Soest, 1994).

2.3.2 Sincronização

A eficiência da produção animal é freqüentemente limitada pela utilização de energia, e não pelo fornecimento de proteína, embora este último possa alterar o consumo de alimento e, desta forma, alterar a eficiência de produção (Owens & Zinn, 1988).

O fornecimento excessivo de proteína verdadeira para vacas de leite

pode levar ao agravamento da contaminação ambiental (Tamminga, 1992) e à queda no desempenho reprodutivo (Ferguson & Chalupa, 1989). No entanto, o excesso de proteína verdadeira não representa, necessariamente, desperdício, podendo ser utilizada como fonte de energia. Já o NNP, em contrapartida, pode causar efeito negativo caso seja fornecido em excesso, pois leva à diminuição no consumo alimentar ou aumento na perda de energia pelo animal (NRC, 1989).

Os danos causados pela perda excessiva de N podem ser reduzidos através do aumento da captura do N degradado no rúmen pelos microrganismos ruminais (Arieli et al., 1996). O crescimento microbiano e a síntese protéica podem ser estimulados pela fermentação ruminal saudável (Sniffen & Robinson, 1987) e pela diminuição da extensão dos distúrbios causados ao ambiente ruminal pelo manejo alimentar incorreto (Robinson, 1989). Uma das formas possíveis de se conseguir tal objetivo é através da sincronização da degradação de proteína e da matéria orgânica (MO) no rúmen (DePeters & Cant, 1992; Russell & Hespell, 1981).

A técnica de sincronização da degradação ruminal de proteína e amido propõe incrementar a produção de proteína microbiana no rúmen e a eficiência de utilização de energia, pois as bactérias ruminais necessitam destes dois elementos disponíveis simultaneamente, segundo Herrera-Saldana & Huber (1989). Esses mesmos autores mostraram que a sincronização entre proteína e energia degradável foi benéfica em termos de crescimento das células microbianas, digestibilidade ruminal, eficiência na utilização de proteína e energia e na produção de leite. Portanto, seria interessante estudar quais as melhores combinações entre fontes de carboidrato e proteína degradáveis no rúmen.

Hoover & Stockes (1991) compilaram informações de vários estudos em curvas de estimativa com o objetivo de quantificar as exigências e a degradabilidade de carboidratos em relação ao nível de degradabilidade da

proteína e sugeriram que o sincronismo foi importante na eficiência produtiva de ruminantes.

Russell et al. (1983) concluíram que a disponibilidade de carboidrato reduziu o acúmulo de amônia no rúmen quando avaliaram o efeito da limitação de carboidrato na degradação e utilização da caseína pelas bactérias ruminais.

Em alguns trabalhos publicados, foram observados efeitos positivos quando se procurou aliar a alta degradabilidade ruminal de fontes de amido e de proteína nas dietas de vacas leiteiras. Nestes estudos, os efeitos positivos encontrados foram maior produção de leite (Herrera-Saldana & Huber, 1989), estímulos à produção de proteína microbiana no rúmen (Herrera-Saldana et al., 1990) e maior eficiência de utilização do N para a síntese microbiana (Moore et al., 1992).

A incapacidade das vacas recém paridas de ingerirem a quantidade de energia necessária para suportar a elevada demanda energética, aliada ao fornecimento de dietas ricas em proteína de alta degradabilidade ruminal podem aumentar o acúmulo de amônia ruminal e levar a altos teores de N-uréico no sangue e no leite, porém com baixas concentrações de proteína no leite (i.e., abaixo de 3,2%), conforme relatado pelo NRC (1989). Tal fato ocorre devido à baixa produção de proteína microbiana causada pela falta de energia degradável no rúmen. Ainda, segundo essa mesma fonte, vacas consumindo quantidade de energia adequada, mas recebendo excesso de PDR, poderão ter concentrações elevadas de N-amoniaco no rúmen, bem como também de N-uréico no sangue e no leite, porém com concentrações normais de proteína no leite (i.e., pelo menos 3,2%).

2.3.3 Efeito de fontes protéicas no desempenho de vacas leiteiras

Com o objetivo de integrar e analisar o conhecimento sobre o uso de suplementos protéicos e nutrição protéica de vacas leiteiras, Santos et al. (1998b) revisaram 108 trabalhos publicados no *“Journal of Dairy Science”* entre 1985 e 1997. Os dados revisados de 15 ensaios (29 comparações) com vacas canuladas no rúmen e duodeno mostraram que a suplementação de fontes ricas em PNDR em substituição parcial ou total ao farelo de soja não resultou em benefícios consistentes no que se refere ao fluxo de proteína e aminoácidos essenciais para o duodeno. A síntese de proteína microbiana foi reduzida pela suplementação com fontes ricas em PNDR em 76% das comparações. Entretanto, a inclusão de farinha de peixe na dieta resultou em balanço favorável de Lis e Met no bolo alimentar do duodeno. Os 88 ensaios de produção (127 comparações) mostraram que a suplementação com fontes ricas em PNDR em substituição parcial ou total ao farelo de soja aumentou a produção de leite em apenas 17% dos casos. As fontes mais promissoras, e que responderam pela maioria dos resultados positivos, foram a farinha de peixe e o farelo de soja tratado (térmica ou quimicamente). A suplementação com farelo de glúten de milho respondeu pela maioria dos resultados negativos. O teor de proteína do leite foi reduzido em 22% das comparações, aumentado em apenas 5% das comparações e não afetado nas 73% restantes com o fornecimento de fontes ricas em PNDR. A redução no teor de proteína do leite em 22% dos casos provavelmente se deveu à redução no fluxo de proteína microbiana para o duodeno e/ou fluxo de proteína total de qualidade inferior. Esses dados sugerem de forma consistente que, para se ter vantagem com a suplementação de fontes ricas em PNDR, estas têm que propiciar melhora no perfil de AAE na proteína metabolizável no duodeno, principalmente quanto à relação Lis:Met, que deve ser ao redor de 3:1 ou aumentar o fluxo de proteína metabolizável sem piorar o perfil de AAE.

2.3.4 Inclusão de uréia em dietas para vacas leiteiras

Baseado no NRC (1985, 1989) e no conceito geral a respeito dos benefícios esperados com a suplementação de fontes ricas em PNDR para vacas de alta produção, a inclusão de uréia na dieta dessas vacas tem sido descartada por muitos nutricionistas e produtores.

Vinte e três comparações, a partir de 12 trabalhos, foram compiladas por Santos et al. (1998b) a fim de se avaliar os efeitos da inclusão de uréia na dieta de vacas de alta produção em substituição parcial ou total de diversos suplementos protéicos. A inclusão de uréia na dieta foi de 0,4 a 1,8% da MS. O consumo de MS não foi afetado em 17, diminuiu em quatro e aumentou em duas comparações, enquanto a produção de leite permaneceu inalterada em 20 e diminuiu em três comparações devido à inclusão de uréia na dieta. O teor de proteína do leite não foi afetado em 17 comparações e foi aumentado em cinco. A produção média de leite foi de 32,7 kg/dia para vacas suplementadas com uréia e 33,3 kg/dia para vacas recebendo exclusivamente fontes suplementares de proteína verdadeira. Esses dados mostram que a possibilidade de baixar o custo da dieta através do uso de uréia não deve ser descartada nos rebanhos de alta produção, principalmente quando se introduz na dieta fontes ricas em PNDR e se ajuste a proporção de Lis e Met na proteína metabolizável para valores ao redor de 6,66 e 2,22%, respectivamente, ao se formular rações com o NRC (Sloan, 2002) ou 6,82 e 2,19% ao se utilizar o CNCPS (Sloan et al., 1999).

2.4 Efeitos de fontes de amido no desempenho de vacas leiteiras

A discussão quanto ao efeito de diferentes fontes e formas de processamento de grãos de cereais alterando o local de degradação do amido no trato digestivo sobre o desempenho de bovinos tanto de leite quanto de corte tem sido intensa nas últimas duas décadas. Em 1986, a “*American Animal Science Association*” realizou um simpósio para discutir o assunto. Pontos de vista polêmicos e conflitantes foram então lançados. Owens et al. (1986) discutiu com muita propriedade fatores limitantes à digestão intestinal do amido e sugeriu que, em termos energéticos, seria mais interessante para o ruminante que o amido dos grãos de cereais fosse digerido preferencialmente no intestino delgado, em detrimento da digestão ruminal. Anos mais tarde, Nocek & Tamminga (1991), após intensa revisão sobre o uso de fontes de amido para vacas leiteiras, também reforçaram a proposta de Owens et al. (1986), porém afirmaram não terem encontrado subsídios na literatura que mostrassem melhor desempenho de vacas leiteiras alimentadas com fontes de amido de menor degradação ruminal, em comparação com fontes mais degradáveis.

Contrastando com a proposta de Owens et al. (1986), no mesmo simpósio, Theurer (1986) mostrou que o amido de grãos de cereais era melhor utilizado por ruminantes quando o material era processado de forma a visar aumentos em sua degradabilidade ruminal e que fontes de amido mais degradáveis no rúmen também apresentavam maior digestibilidade no trato digestivo total.

Em novo simpósio promovido pela “*American Animal Science Association*”, Huntington (1997) foi taxativo quando afirmou que o amido seria utilizado mais eficientemente por ruminantes caso fontes de maior degradabilidade ruminal fossem fornecidas, em comparação com fontes menos degradáveis.

Finalmente Theurer et al. (1999) mostraram de forma conclusiva que

o amido do milho e do sorgo seria melhor utilizado por vacas leiteiras quando esses grãos fossem processados visando aumento na degradabilidade ruminal deste amido. Os diversos trabalhos de pesquisa compilados por estes autores mostraram de forma consistente que, quando o milho e o sorgo foram floculados (alta degradabilidade ruminal do amido), a produção de leite e de proteína do leite foram aumentados de forma significativa, em comparação com estes grãos processados menos intensamente (moagem grosseira, laminação a seco ou a vapor).

Alguns trabalhos de pesquisa publicados desde então têm confirmado a vantagem de se processar mais intensamente os grãos de milho e de sorgo para vacas leiteiras.

San Emeterio et al. (2000) obtiveram maior produção de leite quando o milho foi moído fino em comparação à moagem grosseira, assim como a silagem de grão úmido foi superior à de grão seco. Segundo os autores, a maior digestibilidade do amido do milho moído fino e da silagem de grão úmido provavelmente resultaram em maior síntese de proteína microbiana e, portanto, melhor utilização do nitrogênio da dieta, assim como uma possível maior disponibilidade energética para o animal, o que permitiu maior produção de leite.

Em contrapartida, alguns trabalhos, especialmente os conduzidos com vacas mantidas em pastagens, não têm mostrado diferenças significativas no desempenho de vacas leiteiras com diferentes formas de processamento dos grãos de milho. Reis et al. (2001) não observaram aumento em produção de leite quando milho moído fino, silagem de grão e sabugo úmidos de milho moída grossa ou moída fina foram comparados. Quando o milho moído fino foi comparado com o milho laminado a vapor, Reis & Combs (2000) também não observaram diferenças em produção de leite. Ausência de resposta em produção de leite ao processamento do grão de milho também foram relatadas por Soriano et al. (2000), Uchida et al. (2001) e Callison et al. (2001). Apesar da

ausência de resposta em produção de leite, Callison et al. (2001) recomendaram a moagem fina do grão de milho ou o tratamento a vapor em relação à moagem grosseira, devido à maior digestibilidade da matéria orgânica da dieta no trato digestivo total.

Yu et al. (1998) observaram maior produção de leite para vacas recebendo milho floculado em comparação com laminado a vapor ou moído grosso. A moagem fina do milho resultou em tendência de produção de leite superior ao milho moído grosso ou laminado a vapor, porém com eficiência alimentar significativamente melhor, devido ao menor consumo de MS da dieta contendo milho moído fino.

Vale ressaltar que a quase totalidade dos trabalhos revisados por Theurer et al. (1999) compararam milho ou sorgo floculados a 360 g/L com grãos moídos grosseiramente ou laminados a seco ou a vapor. É de se esperar que o benefício da moagem fina em relação à moagem grosseira seja de menor magnitude quando comparado à floculação, que é um processo mais eficiente para aumentar a digestibilidade do amido.

2.5 Objetivos e Justificativa

a) Resíduo úmido de cervejaria

De acordo com a revisão de literatura apresentada, pode-se notar que apesar do resíduo úmido de cervejaria ser um subproduto amplamente utilizado para vacas leiteiras, especialmente nas regiões sul e sudeste do país, há poucos dados de pesquisa nas condições brasileiras com vacas de alta produção leiteira. Conforme as análises bromatológicas apresentadas na revisão de literatura, o produto nacional contém teores de FDN superiores ao citado no NRC (2001) e também ao material utilizado nos trabalhos

conduzidos no exterior revisados. A inclusão de resíduo úmido de cervejaria em substituição parcial ao milho e farelo de soja ou ao milho, farelo de soja e volumoso permite aumentar o teor de PNDR, manter ou elevar o teor de FDN efetivo e reduzir o teor de carboidratos não fibrosos da dieta. Estes aspectos podem fornecer maior fluxo de proteína metabolizável para o intestino e propiciar ambiente ruminal mais saudável e, em determinadas épocas do ano, reduzir o custo da alimentação.

Um dos problemas do uso de RUC é a conservação do material na fazenda e a garantia de disponibilidade do produto regularmente. A ensilagem do material com milho moído pode, teoricamente, permitir boa conservação do material por longos períodos de tempo. Isso possibilitaria adquirir o RUC durante o verão, quando o preço é menor que durante o inverno, e conservá-lo de forma satisfatória, com menores perdas em relação ao material adquirido a intervalos semanais e mantido na maioria das vezes em ambiente não anaeróbio. Outra possibilidade é quanto à melhoria da digestibilidade do milho ensilado em relação ao milho seco.

- b)** Avaliar a eficácia da inclusão de alta dose de fonte protéica rica em PNDR de alta qualidade (farinha de peixe), utilizando o CNCPS para adequação em proteína metabolizável e em Lis e Met na dieta de vacas leiteiras.
- c)** Avaliar se a substituição parcial ou total do farelo de soja pelo farelo de algodão, com o objetivo de aumentar o fluxo de proteína metabolizável para o intestino, em dietas isoenergéticas, de acordo com o NRC (2001), resultará ou não em melhor desempenho de vacas leiteiras de alta produção.
- d)** Avaliar os efeitos da utilização de uréia em dietas para vacas leiteiras de alta produção.
- e)** Avaliar a resposta de vacas leiteiras ao aumento no teor de PB da dieta, ocasionando aumento no teor de proteína metabolizável ou apenas no teor

de PDR da dieta, utilizando o NRC (2001) para fazer esses ajustes.

- f)** Comparar duas fontes de amido com diferentes degradabilidades ruminais, o milho moído fino e o milho processado na forma de pipoca, em dietas contendo silagem de milho como único volumoso.

- g)** Em virtude da crescente preocupação com o papel dos ruminantes na contribuição da poluição ambiental, principalmente dejetos nitrogenados, são necessários estudos que visem a possibilidade de redução no fornecimento de proteína na dieta de rebanhos leiteiros sem que haja comprometimento do desempenho animal, através de balanceamento adequado da ração, balanceamento este que não seja mais em proteína bruta, haja visto sua notória precariedade, mas sim em termos de proteína metabolizável.

3 UTILIZAÇÃO DE FONTES PROTÉICAS E DE AMIDO COM DIFERENTES DEGRADABILIDADES RUMINAIS EM DIETAS DE VACAS LEITEIRAS

Resumo

No presente estudo, 56 vacas Holandesas (112 dias em lactação) foram utilizadas em delineamento em blocos casualizados para avaliar duas formas de processamento de milho (milho moído fino x resíduo de pipoca doce), e três fontes protéicas (farelo de soja x uréia x farinha de peixe). Assim, foram testados quatro tratamentos: MFS (milho moído fino + farelo de soja); PFS (pipoca + farelo de soja); PFP (pipoca + farelo de soja + farinha de peixe); PU (pipoca + farelo de soja + uréia). A ingestão de MS não foi analisada estatisticamente devido à alimentação em grupo dos animais. Os valores numéricos de consumo de MS foram 21,64 kg (MFS), 19,87 kg (PFS), 19,12 kg (PFP) e 18,3 (PU). Comparado ao milho moído fino (MFS), o resíduo de pipoca (PFS) não afetou ($P>0,05$) as produções de leite (31,8 x 32,13 kg/d, respectivamente) e de leite corrigido para 3,5% de gordura (30,89 x 30,02 kg/d, respectivamente) e as concentrações de nitrogênio uréico no plasma (NUP, 16,15 x 15,08 mg/dL, respectivamente), mas diminuiu ($P<0,05$) o teor de gordura (3,3 x 3,14%, respectivamente), a produção de gordura (1,06 x 0,99 kg/d, respectivamente) e o teor de proteína (3,12 x 3,02%, respectivamente) no leite. As comparações entre as três fontes de proteína (PFS x PFP x PU) indicaram que a produção de leite foi maior ($P<0,01$) no tratamento PFS (32,13

kg/d), do que nos tratamentos PFP (30,7 kg/d) ou PU (30,98 kg/d). Comparado ao PFP ou PU, a farinha de peixe (PFP) diminuiu ($P < 0,01$) o teor de gordura (3,14 x 3,2 x 2,73%, respectivamente), a produção de gordura (0,99 x 0,99 x 0,83 kg/d, respectivamente) e a produção de leite corrigida para 3,5% de gordura (30,02 x 29,5 x 26,64 kg/d, respectivamente), mas aumentou ($P < 0,01$) o teor de proteína no leite (3,02 x 3,06 x 3,19%, respectivamente). A concentração de NUP foram mais altas ($P < 0,05$) no tratamento PU (17,68 mg/dL) do que no PFS (15,08 mg/dL) ou PFP (13,27 mg/dL). Concluiu-se que o resíduo de pipoca doce aumentou a eficiência alimentar, devido ao numericamente menor consumo de MS e similares produções de leite e de leite corrigida para 3,5% de gordura. A inclusão de 6% de farinha de peixe e a substituição parcial do farelo de soja por uréia em dietas com silagem de milho foi excessiva e diminuiu o desempenho das vacas.

PROTEIN AND STARCH SOURCES VARYING IN RUMINAL DEGRADABILITIES FOR LACTATING DAIRY COWS

Summary

Fifty-six multiparous lactating Holstein cows (112 days in milk) were used in a randomized block design to compare 3 protein sources (urea, soybean meal and fishmeal) and 2 corn processing methods (fine ground x popped). Cows were fed isonitrogen diets, with 46% corn silage and 55% concentrate. Four treatments were compared: MFS (fine ground corn + soybean meal); PFS (popped corn + soybean meal); PFP (popped corn + soybean meal + fishmeal) and PU (popped corn + urea). Dry matter intake was not analyzed statistically because cows were group fed. Numerical values for DMI were 21.64 kg (MFS), 19.87 kg (PFS), 19.12 kg (PFP) and 18.3 kg (PU). Compared to fine ground

corn (MFS), popped corn (PFS) did not affect ($P>.05$) milk (31.8 x 32.13 kg/d, respectively) and 3.5% FCM (30.89 x 30.02 kg/d) yields and PUN (16.15 x 15.08 mg/dL), but it decreased ($P<.05$) milk fat content (3.3 x 3.14%) and yield (1.06 x 0.99 kg/d) and milk protein content (3.12 x 3.02%). The 3 protein sources comparisons (PFS x PFP x PU) showed that milk yield was higher ($P<.01$) for PFS (32.13 kg/d) than for PFP (30.7 kg/d) or PU (30.98 kg/d). Compared to PFS and PU, feeding fishmeal (PFP) decreased ($P<.01$) milk fat content (3.14 x 3.2 x 2.73%, respectively), milk fat yield (0.99 x 0.99 x 0.83 kg/d, respectively) and 3.5% FCM yield (30.02 x 29.5 x 26.64 kg/d, respectively), but increased ($P<.01$) milk protein content (3.02 x 3.06 x 3.19%, respectively). Plasma urea nitrogen was higher ($P<.05$) for PU (17.68 mg/dL) than for PFS (15.08 mg/dL) or PFP (13.27 mg/dL). In conclusion, popped corn may have increased cows feed efficiency, due to numerically lower DMI and similar milk and 3.5% FCM yields. Feeding 6% of fishmeal in diets with corn silage was excessive and decreased cow performance. Partial replacement of soybean meal by urea also decreased cow performance.

3.1 Introdução

Devido ao fato dos carboidratos e proteínas serem os dois principais nutrientes em dietas para vacas leiteiras, quantidade considerável de pesquisa tem sido publicada durante os últimos 20 anos na tentativa de se avaliar os efeitos da manipulação destes dois nutrientes em termos de metabolismo e desempenho animal. Com respeito aos carboidratos, estudos têm comparado diferentes fontes energéticas (diferentes grãos de cereais e subprodutos), teores de carboidrato estrutural e não estrutural na dieta, teores de amido degradável no rúmen, e processamento de grãos de cereais (Aldrich et al., 1993; Callison et al., 2001; Nocek & Tamminga, 1991; Oliveira et al., 1993; Reis & Combs, 2000; Reis et al., 2001; Yu et al., 1998). A nutrição protéica também

tem sido estudada intensivamente em vacas leiteiras de alta produção, com ênfase para fontes protéicas, teor de proteína bruta na dieta, degradabilidade ruminal e, mais recentemente, a adequação de aminoácidos essenciais na proteína metabolizável (Abu-Ghazaleh et al., 2001; Broderick et al., 1993; Chen et al., 1993; Garthwaite et al., 1998; King et al., 1990; Santos et al., 1998b).

Durante a década de 80 e até meados da de 90, o conceito de se suplementar amido e proteína resistentes a degradação ruminal para serem digeridos no intestino delgado de vacas leiteiras foi amplamente aceito por nutricionistas e pesquisadores como prática vantajosa em termos de aumento na disponibilidade de glicose e aminoácidos essenciais para o animal. Entretanto, este conceito originou-se a partir de hipóteses e cálculos teóricos de utilização de energia e proteína, mas não de dados concretos de desempenho animal (Santos et al., 1998b; Theurer et al., 1999).

No que diz respeito à proteína, a recomendação de se suplementar vacas leiteiras de alta produção com proteína não degradável no rúmen (PNDR), tornou-se prática comum e amplamente aceita por nutricionistas e produtores, principalmente após a publicação do modelo de Proteína Absorvível ("*Absorbed Protein Model*") pelo NRC (1985). Isto gerou e continua gerando intensa discussão sobre a importância da degradabilidade ruminal da proteína para vacas de alta produção (Santos et al. 1998b).

Não há dúvidas que o modelo proposto pelo NRC (1985) representou avanço em relação ao antigo sistema de proteína bruta, assim como contribuiu e continua contribuindo para maior refinamento na formulação de dietas para vacas leiteiras. Entretanto, segundo Santos et al. (1998b), a interpretação do modelo do NRC (1985) por parte da comunidade científica levou à difusão de conceitos ou premissas um tanto quanto questionáveis. Difundiu-se a idéia de que dietas para vacas de alta produção baseadas em farelo de soja como o principal suplemento protéico seriam deficientes em PNDR. Isso resultaria em menor fluxo de aminoácidos para o intestino e poderia limitar o desempenho

destes animais. Sendo assim, seria esperado que a inclusão de fontes ricas em PNDR nessas dietas resultaria em incrementos substanciais de produção de leite de forma consistente e independentemente da fonte de PNDR.

Na realidade, até meados da década de 90, a recomendação para se suplementar proteína protegida para vacas de alta produção foi baseada mais em hipóteses e cálculos teóricos que em dados concretos de desempenho. Mais recentemente, entretanto, devido ao grande número de trabalhos publicados onde os resultados têm se mostrado geralmente frustrantes, diversos pesquisadores têm questionado a recomendação generalizada de se suplementar proteína protegida tendo como critério único a degradabilidade ruminal da fonte protéica. Huber & Chen (1992) e Schwab (1994) enfatizaram a importância da qualidade da fonte protéica em termos de balanço de aminoácidos essenciais (AAE), principalmente lisina e metionina. A revisão de literatura publicada por Santos et al. (1998b) mostrou claramente que a suplementação com fontes protéicas ricas em PNDR para vacas leiteiras raramente melhora o desempenho animal quando o perfil de aminoácidos do suplemento protéico não é levado em consideração.

Mais recentemente, Garthwaite et al. (1998) e Sloan et al. (1999) enfatizaram a importância do perfil de aminoácidos, especialmente lisina e metionina na proteína metabolizável que chega ao intestino delgado de vacas leiteiras.

A última edição do NRC para gado leiteiro publicada em 2001 (NRC, 2001) incorporou o conceito de adequação das exigências protéicas em termos de proteína metabolizável e preconiza a importância do ajuste dos teores de lisina e metionina na proteína metabolizável.

A utilização de suplementos protéicos de baixo custo, como a uréia, para vacas de alta produção, quando combinada com fontes ricas em amido degradável no rúmen, não afetou o desempenho de vacas leiteiras, de acordo com Santos (1998), apesar da proposta ir contra toda a tendência de utilização

de fontes ricas em PNDR.

Justifica-se portanto a condução de trabalhos com o intuito de aprofundar nosso conhecimento sobre a combinação de fontes protéicas e energéticas no sentido de maximizar a disponibilidade de energia e aminoácidos para a vaca leiteira.

3.1.1 Objetivos

Os objetivos do presente estudo foram:

- 1) Comparar duas fontes de amido com diferentes degradabilidades ruminais, o milho moído fino (degradabilidade média) e o resíduo de pipoca doce (RPD) (degradabilidade alta), sobre a produção e composição do leite, consumo de MS e parâmetros sanguíneos (nitrogênio uréico e glucose);
- 2) Comparar fontes protéicas com diferentes degradabilidades ruminais e diferentes perfis de AAE em dietas ricas em amido degradável no rúmen devido ao fornecimento do RPD, com relação à produção e composição do leite, consumo de MS, parâmetros sanguíneos (nitrogênio uréico e glucose) e eficiência de extração de aminoácidos pela glândula mamária;
- 3) Avaliar o sistema de Cornell como instrumento para formulação de dietas balanceadas em lisina e metionina para vacas de alta produção.

3.2 Material e métodos

3.2.1 Local e animais

O trabalho foi conduzido nas instalações do Depto. de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, em Piracicaba, São Paulo, entre 17/09 e 15/11 de 1999. As vacas foram mantidas confinadas em "free stall", divididas em quatro lotes de 14 vacas cada.

Foram utilizadas 56 vacas Holandesas, sendo 16 primíparas e 40 multíparas (Tabela 1).

Tabela 1. Características dos animais ao início do experimento

Variável ¹	média	DP ²
Peso vivo (kg)		
primíparas	502,1	55,9
multíparas	589,9	59,0
geral	564,8	70,2
DEL ³ (dias)		
primíparas	114,7	54,8
multíparas	111,4	45,3
geral	112,3	47,5
Produção de leite (kg/dia)		
primíparas	27,9	4,3
multíparas	35,2	6,2
geral	33,1	6,6

¹ Total de 56 animais analisados, sendo 16 primíparas e 40 multíparas

² DP = desvio padrão

³ DEL = dias em lactação

As vacas com mais de 60 dias de lactação receberam injeções de somatotropina bovina recombinante (Boostin[®]) a cada 14 dias.

3.2.2 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi conduzido para comparar três fontes protéicas (farelo de soja, FS; uréia, U; ou farinha de peixe, FP) e duas fontes de amido, uma de média degradabilidade ruminal (milho moído fino, M) e uma fonte de alta degradabilidade ruminal (resíduo industrial de pipoca doce, P). Foram testados quatro tratamentos a seguir:

MFS: milho moído fino com farelo de soja;

PFS: pipoca com farelo de soja;

PFP: pipoca com farelo de soja e farinha de peixe; e

PU: pipoca com farelo de soja e uréia

Estes tratamentos foram formulados para resultar em dietas isoprotéicas e isoenergéticas utilizando o programa CPM-Dairy (versão 1.0). A dieta contendo farinha de peixe foi formulada com o intuito de atingir teores de Lis e Met próximos de 6,82 e 2,19% da proteína metabolizável, de acordo com as recomendações comerciais de Sloan et al. (1999). As dietas foram formuladas para conter, na MS, 45% de silagem de milho, 10% de caroço de algodão, cerca de 9% de polpa cítrica peletizada, de 14,6 a 19,9% de uma das fontes de amido, 3% de minerais e vitaminas e os respectivos suplementos protéicos (Tabela 2).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, sendo 10 blocos compostos por vacas multíparas e 4 por primíparas, o que totalizou 14 blocos. Os animais foram agrupados de acordo com a produção de leite, medida durante o período pré-experimental, o número de lactações (primípara ou multípara) e dias em lactação.

Tabela 2. Proporção dos ingredientes, em porcentagem da MS, nas dietas experimentais

Ingrediente	Tratamentos ^a			
	MFS	PFS	PFP	PU
Silagem de milho	45,00	45,00	45,00	45,00
Caroço de algodão	10,00	10,00	10,00	10,00
Polpa cítrica peletizada	8,90	8,90	8,90	8,90
Resíduo de pipoca doce	-	14,55	17,50	19,90
Milho moído fino	16,00	-	-	-
Farelo de soja	17,10	18,55	8,95	12,20
Farinha de peixe	-	-	6,65	-
Uréia	-	-	-	1,00
Minerais e vitaminas ^b	3,00	3,00	3,00	3,00

^a MFS = milho moído fino com farelo de soja; PFS = pipoca com farelo de soja; PFP = pipoca com farelo de soja e farinha de peixe; PU = pipoca com farelo de soja e uréia

^b Composição: Ca, 23,24%; P, 5,50%; K, 0,02%; Mg, 3,50%; Cl, 10,53%; Na, 7,00% ; S, 2,20%; 0,05% de monensina sódica; e (por kg) 12 mg de Co; 450 mg de Cu; 40 mg de I; 4.327 mg de Fe; 1.500 mg de Mn; 12 mg de Se; 1.800 mg de Zn; 130.000 UI de vitamina A; 75.000 UI de vitamina D; 1.000 UI de vitamina E

O período pré-experimental durou 10 dias, durante o qual todas as vacas receberam uma mesma dieta, contendo 45% de silagem de milho, 10% de caroço de algodão, 9% de polpa cítrica peletizada, 8% de milho moído fino, 8% de RPD, 17% de farelo de soja, 3% de minerais, vitaminas e bicarbonato de sódio, formulada para conter 16,50% de PB, 1,7 Mcal de energia líquida para lactação e 32,50% de FDN. Neste período, as vacas tiveram suas produções de leite registradas diariamente por ocasião da ordenha, às 6 e 17 horas. No último dia deste período pré-experimental, foram realizadas amostragens individuais do leite produzido (compostas na proporção 1:1 entre as ordenhas da manhã e da tarde) para determinação de componentes do leite que, juntamente com os dados de produção, foram utilizados como covariáveis para análise dos dados do período experimental.

3.2.3 Período experimental e coleta de dados

O período experimental teve duração de 60 dias. Os primeiros 14 dias foram utilizados para adaptação dos animais às dietas experimentais, sendo a coleta dos dados efetuada nos 46 dias restantes. Todas as vacas foram pesadas no início e final do experimento. O escore de condição corporal de cada vaca também foi avaliada no primeiro e último dia, utilizando-se a escala de 1 a 5, de acordo com Wildman et al. (1982).

Os animais foram ordenhados às 6 e 17 horas, diariamente. As produções individuais foram registradas em cada ordenha, às segundas e sextas feiras, através de medidores modelo MARK5 (De Laval). Amostras individuais de leite foram coletadas na proporção de 1:1 entre as ordenhas da manhã e tarde das sextas-feiras para análise de gordura, proteína, lactose e sólidos totais, pelo processo de infra-vermelho junto à Clínica do Leite do Depto. de Zootecnia da USP/ESALQ.

O alimento foi fornecido para as vacas às 6 e 17 horas, utilizando-se vagão misturador de ração total. As sobras de alimento foram pesadas e descartadas diariamente antes do arraçoamento matutino para fins de ajuste da quantidade a ser oferecida para que houvesse em torno de 10% de sobras.

A silagem foi amostrada semanalmente e o concentrado a cada nova mistura, sendo as amostras armazenadas a -18 °C. Sub-amostras da silagem foram secas a 105 °C para determinação do teor de matéria seca (MS) a fim de se proceder o ajuste semanal da formulação das dietas.

Para fins de análise laboratorial, as amostras de alimento foram compostas para o período total e sub-amostras do concentrado e da silagem foram secas em estufas de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas (Silva, 1990), moídas em moínho tipo “Wiley” provido de peneira de 1 mm e analisadas para determinação de matéria seca, cinzas e proteína bruta de acordo com o

AOAC (1990), fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido de acordo com os métodos propostos por Van Soest et al. (1991) e adaptado para o aparelho ANKOM²⁰⁰ (ANKOM²⁰⁰ Fiber Analyzer, ANKOM Technology Corporation, Fairport, NY, USA).

Ao 60º dia do experimento, coletou-se amostras de sangue através de punção na veia coccígea nos horários 0, 2, 4 e 6 horas após o fornecimento matinal do alimento das cinco vacas mais produtivas de cada tratamento, o que totalizou 20 animais. Foram utilizados tubos de vidro com vácuo, contendo fluoreto de sódio como antiglicolítico e oxalato de potássio como anticoagulante. Após as amostras de sangue serem centrifugadas a 3.000 x g por 15 minutos, as amostras de plasma obtidas foram acondicionadas em tubos “ependorf” e congelados a -10 °C.

O nitrogênio uréico plasmático foi analisado de acordo com o método colorimétrico descrito por Chaney & Marbach (1962) e adaptado para a absorbância ser determinada utilizando-se placas de microtítulo com leitura em aparelho do tipo ELISA Reader (filtro para obtenção de luz de 550 nanômetros).

3.2.4 Análises estatísticas

Os dados obtidos da análise de nitrogênio uréico no plasma foram analisados como delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo, utilizando-se o PROC MIXED do pacote estatístico SAS (1991). Já os dados de produção e composição do leite foram analisados como delineamento em blocos casualizados com medidas repetidas no tempo, utilizando-se o PROC MIXED do mesmo pacote estatístico. Nessas análises com medidas repetidas no tempo, os efeitos de tratamento foram testados com relação às parcelas e o tempo (horário ou dia da coleta) e a interação tempo vs. tratamento foram testados com relação às subparcelas.

Para a avaliação da variação de peso corporal, foi adotado o delineamento em blocos casualizados, utilizando-se o PROC GLM (SAS, 1991).

Todos os dados foram testados para se verificar a distribuição normal dos erros, utilizando-se o PROC UNIVARIATE (SAS, 1991). Os dados que apresentaram erros fora do intervalo entre ± 3 desvios foram arbitrariamente descartados da análise estatística.

Considerou-se na análise da variância o nível de 5% como significativo para a probabilidade do teste F e até 15% como tendência. Sendo a hipótese de nulidade descartada na análise de variância, deu-se prosseguimento à análise estatística, utilizando-se o teste de Tukey para fins de comparação entre médias, sendo consideradas significativas caso diferissem estatisticamente até 5% de probabilidade ($P < 0,05$) e tendências caso apresentassem até 15% de probabilidade. Todas as médias foram obtidas usando-se o método dos quadrados mínimos (LSMEANS).

3.3 Resultados e discussão

3.3.1 Composição química das dietas, consumo alimentar e desempenho

Os resultados da análise química das dietas utilizadas no presente trabalho, bem como de alguns ingredientes que as compunham, são exibidos na Tabela 3.

Tabela 3. Composição química, em porcentagem da MS, de alguns ingredientes utilizados, do concentrado e das dietas totalmente misturadas

Amostra ¹	MS ²	PB	FB	EE	MM	ENN	NDT	FDA	FDN	Lig
Silagem milho	27,59	8,42	26,21	2,34	4,68	58,35	64,14	30,15	48,84	3,93
Farelo soja	89,13	49,61	7,81	1,20	6,68	34,70	79,41	-	-	-
Farinha peixe	91,79	68,16	0,51	7,72	20,91	2,70	76,02	-	-	-
RPD	94,40	5,35	1,57	1,67	0,25	91,16	82,51	-	-	-
Dieta MFS	57,75	15,75	-	-	6,47	-	-	-	34,49	-
Dieta PFS	45,88	16,00	-	-	5,84	-	-	-	30,50	-
Dieta PFP	45,80	17,00	-	-	7,48	-	-	-	29,69	-
Dieta PU	45,74	15,96	-	-	7,55	-	-	-	34,33	-

¹ RPD = resíduo de pipoca doce; MFS = milho moído fino com farelo de soja; PFS = pipoca com farelo de soja; PFP = pipoca com farelo de soja e farinha de peixe; PU = pipoca com farelo de soja e uréia

² MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FB = fibra bruta; EE = extrato etéreo; MM = matéria mineral; ENN = extrativo não nitrogenado; NDT = nutrientes digestíveis totais (calculado segundo NRC, 2001); FDA = fibra em detergente ácido; FDN = fibra em detergente neutro. Com exceção dos valores de MS, todos os resultados estão expressos em 100% de matéria seca.

O consumo de matéria seca (MS) apresentou valores numéricos mais elevados para o tratamento MFS, intermediários para PFS e PFP e inferiores para PU (Tabela 4). Em função dos animais que receberam um determinado tratamento terem sido arraçoados em comedouro coletivo, não foi possível obter dados individuais para consumo de MS, impossibilitando a análise estatística (EPM e probabilidades) dos valores obtidos.

O menor valor numérico para consumo de MS da dieta contendo pipoca (PFS) comparado com a dieta contendo milho moído fino (MFS) não está de acordo com a maioria dos trabalhos compilados por Theurer et al. (1995; 1999), que não mostraram diferença de consumo de MS entre dietas contendo milho ou sorgo floculados em comparação com grãos processados menos intensamente. Entretanto, Oliveira et al. (1993) e Santos et al. (1997a; 1997b) relataram menor consumo de MS para vacas recebendo sorgo floculado

comparado com sorgo laminado a seco. É possível que o processamento do milho na forma de pipoca tenha sido excessivo, produzindo material com degradabilidade ruminal do amido superior ao tradicional grão floculado a 360 g/L recomendado por Theurer et al. (1999), o qual foi a base da grande maioria dos dados compilados por esses autores. Santos et al. (1997a) e Theurer et al. (1999) relataram que a floculação do sorgo ou milho em densidades inferiores a 360 g/L seria excessiva para vacas leiteiras e menor consumo de MS poderia ocorrer. Menores consumos de MS em dietas contendo fontes de amido de alta degradabilidade ruminal pode estar relacionado à maior densidade energética do material floculado (estímulo de controles quimiostáticos do consumo) ou a efeitos negativos no ambiente ruminal.

Menores consumos de MS sob dietas contendo farinha de peixe em comparação com aquelas contendo farelo de soja foram relatados na revisão feita por Santos et al. (1998b). Abu-Ghazaleh et al. (2001) também observaram tendência de redução no consumo de MS quando farinha de peixe foi incluída na dieta em teores similares ao utilizado no presente trabalho. Os dados obtidos permitem inferir que as doses de farinha de peixe exigidas nas dietas de vacas de alta produção com o objetivo de elevar os teores de lisina para valores próximos de 6,82 e de metionina para 2,19% da proteína metabolizável, de acordo com as recomendações propostas por Sloan et al. (1999) para formulações de dietas com o software CPM-Dairy, podem ser excessivas, afetando negativamente o consumo de MS, além de ser economicamente inviável.

Tabela 4. Consumo de MS, variação de peso corporal, produção e composição do leite segundo os diferentes tratamentos

Variáveis ¹	Tratamentos ²				EPM ³	P ⁴	
	MFS	PFS	PFP	PU		T	T*S
Consumo MS, kg/dia	21,64	19,87	19,12	18,13	n.e.	n.e.	n.e.
Produção leite, kg/dia	31,80 ^{ab}	32,13 ^a	30,70 ^c	30,98 ^{bc}	0,59	< 0,01	N.S.
LCG-3,5%, kg/dia	30,89 ^a	30,02 ^{ab}	26,64 ^c	29,50 ^b	0,66	< 0,01	N.S.
Gordura , %	3,30 ^a	3,14 ^b	2,73 ^c	3,20 ^{ab}	0,06	< 0,01	< 0,01
, kg/dia	1,06 ^a	0,99 ^b	0,83 ^c	0,99 ^b	0,03	< 0,01	< 0,05
Proteína , %	3,12 ^b	3,02 ^c	3,19 ^a	3,06 ^{bc}	0,03	< 0,01	N.S.
, kg/dia	0,99	0,97	0,96	0,95	0,02	N.S.	N.S.
Variação de peso, kg	14,32	13,63	13,83	2,83	6,09	N.S.	n.e.

¹ LCG-3,5% = produção de leite corrigida para 3,5% de gordura

² MFS = milho moído fino com farelo de soja; PFS = pipoca com farelo de soja; PFP = pipoca com farelo de soja e farinha de peixe; PU = pipoca com farelo de soja e uréia

³ EPM = erro padrão da média

⁴ Probabilidade do teste F; T = efeito de tratamento; T*S = efeito de interação tratamento vs. semana (tempo); n.e. = não estimado; N.S. = não significativo

O menor valor numérico observado para consumo de MS nas dietas contendo 1% de uréia não está em conformidade com a maioria dos trabalhos revisados por Santos et al. (1998b). É possível que a maior inclusão de fonte de cereal com alta degradabilidade ruminal (resíduo de pipoca) na dieta contendo uréia tenha resultado em teor excessivo de amido degradável no rúmen ou que tenha havido algum fator relacionado à aceitabilidade da uréia. Em estudo conduzido com vacas leiteiras confinadas, Carmo et al. (2001) não observaram redução no consumo de MS de vacas no terço final de lactação recebendo dietas com 2% de uréia, em comparação com vacas não suplementadas com uréia na ração completa.

A suplementação com fonte de amido de alta degradabilidade ruminal (PFS) em comparação com outra de menor degradabilidade (MFS) não

afetou ($P>0,05$) as produções de leite e de leite corrigido para 3,5% de gordura (LCG) (Tabela 4).

Theurer et al. (1999) relataram que a floculação do milho ou sorgo a 360g/L aumentou consistentemente a produção de leite e de LCG de vacas recebendo dietas contendo feno de alfafa como volumoso exclusivo. Entretanto, em alguns trabalhos relatados na literatura (Oliveira et al., 1993; Santos et al., 1997a, 1997b), onde a fonte de amido de alta degradabilidade ruminal não aumentou a produção de leite, foram observados menores consumos de MS nessas dietas sendo que, no caso, a vantagem para o material floculado se manifestou em termos de eficiência alimentar. O mesmo parece ter ocorrido no presente trabalho, uma vez que as mesmas produções de leite e de LCG foram obtidas com consumo de MS numericamente inferior em 1,77 kg para o tratamento contendo resíduo de pipoca (PFS) comparado com o milho moído fino (MFS).

San Emeterio et al. (2000) obtiveram maior produção de leite em animais alimentados com milho moído fino, seja ele seco ou ensilado úmido, em comparação com a moagem grosseira, sendo que o consumo de MS foi similar entre os animais recebendo diferentes tamanhos de partícula do grão de milho.

Os dados sugerem que o aumento da degradabilidade ruminal do amido pode favorecer o desempenho de vacas leiteiras de duas formas distintas: (a) aumentando a produção de leite e não afetando o consumo de MS e (b) mantendo a produção de leite e reduzindo o consumo de MS, resultando, em ambos os casos, em melhor eficiência alimentar. A ocorrência da primeira hipótese seria mais provável sob dietas onde o teor de amido ou de carboidratos não fibrosos (CNF) degradáveis no rúmen estiverem presentes em teores adequados, assim como o teor de fibra efetiva da dieta, enquanto a segunda hipótese seria mais provável em casos de excesso de amido ou CNF degradáveis no rúmen ou insuficiência de fibra efetiva na dieta.

O fornecimento de milho processado na forma de pipoca com o

objetivo de aumentar a degradabilidade ruminal do amido afetou a composição do leite (Tabela 4). O teor de gordura do leite foi reduzido ($P < 0,01$) no tratamento PFS em relação ao MFS. Este efeito tem sido observado na maioria dos trabalhos publicados sobre processamento de cereais para vacas leiteiras (Theurer et al., 1999; San Emeterio et al., 2000; Soriano et al., 2000).

A redução no teor de gordura do leite com a suplementação de fontes de amido de maior degradabilidade ruminal pode ser explicada de diversas formas. Apesar do mecanismo exato pelo qual a síntese de gordura no leite é comprometida ainda não estar bem elucidado, algumas teorias têm sido propostas, como as que envolvem as mudanças que ocorrem na fermentação ou metabolismo ruminal e que resultam na diminuição de precursores de gordura para a glândula mamária (Van Soest, 1963; Sutton, 1989). Mais recentemente, a teoria mais aceita tem sido a de que a queda na síntese de gordura no leite é devido à presença de componentes provenientes da dieta ou da fermentação ruminal (como por exemplo os ácidos trans-octadecenoicos), quando o pH ruminal é reduzido. Estes compostos inibem rotas metabólicas de biossíntese e dessaturase na glândula mamária (Gaynor et al., 1994; Hagemester, 1990; Wonsil et al., 1994).

Assim, as teorias referentes à diminuição de gordura no leite podem ser divididas em duas categorias distintas, a saber:

- a) aquela que atribui a queda como consequência do menor pH ruminal, que deprime a fermentação de substratos por parte das bactérias celulolíticas e, conseqüentemente, leva à menor relação acetato/propionato no líquido ruminal, diminuindo-se assim o fornecimento de precursores de lipídios para a glândula mamária (Van Soest, 1963; Sutton, 1989);
- b) aquela que atribui a queda à inibição direta na síntese de

gordura no leite, i.e., em situações de pH ruminal baixo, componentes provenientes da dieta ou produzidos na fermentação ruminal ou no metabolismo animal, como os ácidos trans-octadecenóico, ácido metilmalônico e ácidos graxos ciclopropenos (isto é, ácido estercúlico) têm sua formação favorecida (Astrup et al., 1975; Pennington & Davis, 1975). O ácido trans-11-octadecenóico (trans-11 C_{18:1}) é o principal intermediário do processo de biohidrogenação, promovido pelos microrganismos ruminais, para a formação do ácido esteárico a partir dos ácidos linoléico e linolênico (Harfoot & Hazelwood, 1988).

Apesar da redução no teor de gordura, na maioria dos trabalhos revisados por Theurer et al. (1999), a produção de gordura do leite tem sido aumentada por fontes de amido de alta degradabilidade ruminal, em função do aumento na produção de leite. No presente estudo, a redução no teor de gordura do leite não foi compensada pelo aumento na produção de leite quando a pipoca substituiu o milho moído fino, o que resultou em menor produção de gordura ($P < 0,01$).

O teor de proteína do leite foi maior para o tratamento MFS comparado com o PFS ($P < 0,01$), enquanto que a produção de proteína foi similar para os dois tratamentos. Estes dados não estão de acordo com a revisão de Theurer et al. (1999), onde é relatado que o aumento da degradabilidade ruminal do amido, através da floculação do milho ou sorgo, resulta em maior teor e maior produção de proteína do leite. A explicação mais aceita para o fato é o provável aumento no fluxo de proteína microbiana para o intestino e conseqüente maior fluxo de proteína metabolizável. Além de maior disponibilidade de proteína metabolizável, esta poderá ser de melhor qualidade (perfil de AAE, especialmente lisina e metionina) em função da maior

participação da proteína microbiana na mesma (Theurer et al., 1995; Sloan et al., 1999; NRC, 2001).

Uma possível explicação para a discordância dos dados deste trabalho com os dados de literatura (Huntington, 1997; Theurer et al., 1999) pode ser o fator consumo alimentar, que foi 1,77 kg menor para o tratamento contendo amido de maior degradabilidade ruminal (PFS) em comparação com o consumo de MS da dieta contendo amido de menor degradabilidade ruminal (MFS). Esta redução de consumo, avaliada apenas numericamente, não afetou a produção de leite, entretanto, pode ter impedido um maior aporte de AAE para a glândula mamária, como seria esperado na dieta com maior degradabilidade ruminal do amido (PFS).

Não houve efeito da fonte de amido no ganho de peso diário das vacas ($P > 0,05$).

De modo geral, as produções similares de leite, LCG e de proteína do leite, sem diferença de ganho de peso entre os tratamentos MFS e PFS, combinadas com menor valor numérico para consumo de MS na dieta PFS, sugerem que houve maior eficiência alimentar da fonte de amido de maior degradabilidade ruminal. Nos trabalhos de Oliveira et al. (1993), Santos et al. (1997a), Santos et al. (1997b), a floculação do sorgo não aumentou a produção de leite e de LCG, porém resultou em melhor eficiência alimentar, devido aos menores consumos de MS nestas dietas em relação ao sorgo menos processado (laminado a seco).

A suplementação com diferentes fontes protéicas afetou a produção e composição do leite no presente estudo (Tabela 4). A suplementação com farinha de peixe afetou ($P < 0,05$) negativamente a produção de leite, discordando com a maioria dos trabalhos revisados por Santos et al. (1998b). Vale ressaltar que Santos et al. (1998a) e Santos (1998) não observaram efeito positivo da farinha de peixe em relação ao farelo de soja. Estes dois últimos trabalhos tinham em comum com o presente estudo o fato de que, em todos os

casos, as dietas continham amido de alta degradabilidade ruminal (sorgo floculado ou resíduo de pipoca).

É possível que a alta degradabilidade ruminal do amido tenha estimulado maior síntese de proteína microbiana no rúmen, principalmente na dieta contendo farelo de soja, mais rica em PDR e, assim, anulando os possíveis benefícios da suplementação com fonte rica em PNDR de alta qualidade, como a farinha de peixe. Entretanto, o que pode ter ocorrido no presente estudo foi ter havido inclusão excessiva de farinha de peixe na dieta (6,65% da MS), o que explicaria o possível menor consumo de MS observado. Além disso, o alto teor de óleo de peixe nesta dieta pode ter afetado negativamente a digestão da fibra.

Na grande maioria dos trabalhos revisados por Santos et al. (1998b) onde se observaram efeitos benéficos na produção de leite com o uso de farinha de peixe, as doses desse ingrediente utilizadas nas dietas estiveram entre 2 a 4% da MS, sugerindo que provavelmente tivesse havido inclusão excessiva no presente estudo. Santos et al. (1998a) utilizaram dose de 5% de farinha de peixe em dieta para vacas de alta produção recebendo feno de alfafa como volumoso exclusivo. Apesar do menor consumo de MS que na dieta com farelo de soja, a produção de leite foi numericamente maior na dieta com farinha de peixe. A inclusão de 6,65% de farinha de peixe utilizada no presente estudo foi adotada com o objetivo de atingir, com base na proteína metabolizável, concentrações de lisina e metionina próximas de 6,82 e 2,19%, respectivamente, utilizando o software CPM-Dairy.

O efeito negativo da provável dose excessiva de farinha de peixe parece se confirmar ao se analisar a queda drástica do teor de gordura do leite das vacas recebendo este suplemento (2,73% para o PFP vs. 3,14% para o PFS). Reduções no teor de gordura do leite quando da suplementação com farinha de peixe tem sido observado em diversos trabalhos (Santos et al., 1998a ; Abu-Ghazaleh et al., 2001) e atribuído ao teor de óleo insaturado no

produto. Em dietas contendo silagem de milho como volumoso exclusivo, este problema parece ser agravado em comparação com dietas contendo alfafa exclusiva ou mesmo combinada com silagem de milho.

Além do possível efeito negativo na digestão de fibra, o que pode resultar em menor disponibilidade de acetato (Van Soest, 1963; Sutton, 1989), a alta inclusão de óleo de peixe na dieta pode resultar em maior passagem de ácidos graxos de cadeia trans para o intestino e, assim, para a glândula mamária, reduzindo a síntese de gordura do leite (Harfoot & Hazelwood, 1988).

O maior ($P < 0,01$) teor de proteína do leite no tratamento com farinha de peixe (PFS) está de acordo com Abu-Ghazaleh et al. (2001) e Sloan et al. (1999). Estes últimos mostraram benefícios do balanceamento de lisina e metionina na proteína metabolizável para vacas leiteiras em termos de teor e produção de proteína do leite. De modo geral, quando a suplementação com farinha de peixe na dose de 2 a 4% da MS aumentou a produção de leite em comparação com o farelo de soja, não foi observado aumento significativo no teor de proteína do leite (Santos et al., 1998b). Em função da menor ($P < 0,01$) produção de leite no tratamento com farinha de peixe em relação ao farelo de soja, a produção de proteína não foi aumentada ($P > 0,05$) pela fonte rica em PNDR de alta qualidade.

A suplementação com uréia afetou negativamente ($P < 0,01$) a produção de leite. Não é possível afirmar que isto se deva ao menor fluxo de proteína metabolizável para o intestino com esta dieta, pois houve menor valor numérico para consumo de MS em comparação à dieta contendo farelo de soja. Na revisão de Santos et al. (1998b), nas comparações onde não se observaram diferenças em consumos de MS nas dietas contendo uréia, não houve efeito negativo significativo deste suplemento na produção de leite, apesar de, numericamente, ela ter sido inferior em comparação com dietas contendo apenas fontes de proteína verdadeira (33,3 vs. 32,7 kg de leite/vaca/dia). Entretanto, as produções de LCG, teores e produções de gordura e de proteína

foram similares quando houve substituição parcial do farelo de soja por uréia. O menor valor numérico para consumo de MS observado nos animais recebendo a dieta PU, combinado com similar produção de LCG, gordura e proteína, em comparação com PFS, sugerem melhor eficiência alimentar (LCG/consumo de MS) para o tratamento contendo uréia.

Não foi observado efeito ($P > 0,05$) de tratamento na variação de peso vivo dos animais, entretanto, o tratamento PU resultou em menor ganho numérico.

3.3.2 Nitrogênio uréico no plasma

Os dados relativos à concentração de nitrogênio uréico no plasma dos animais em função do tratamento recebido estão exibidos na Tabela 5.

O N-uréico no plasma e no leite refletem o conteúdo de PB da dieta, bem como a qualidade dessa proteína, haja visto que o excesso de amônia no rúmen vai para o fígado através do sistema porta-hepático para ser convertido em uréia. Como se trata de componente solúvel em água, parte dela passa a circular na corrente sangüínea, que irriga também a glândula mamária, podendo-se assim detectar aumentos de concentração através de análises laboratoriais do sangue e do leite. Pelos dados da Tabela 5, observa-se claramente que, à medida que fontes protéicas de menor degradabilidade ruminal foram suplementadas, houve redução ($P < 0,05$) na concentração de nitrogênio uréico no plasma dos animais. Dentre as vacas tratadas com fontes de amido de alta degradabilidade ruminal, aquelas que receberam uréia na dieta (PU) tiveram as maiores concentrações de nitrogênio uréico no plasma ($P < 0,05$), sendo intermediários para farelo de soja (PFS) e mais baixo para farinha de peixe (PFP). Estes dados estão de acordo com a literatura (NRC, 2001) e sugerem que o teor de PDR na dieta PU foi excessivo, resultando em

maior perda de nitrogênio quando comparado com os demais tratamentos.

Tabela 5. Concentração, em mg/dL, de nitrogênio uréico no plasma conforme o horário de coleta após o fornecimento matinal da alimentação

Tempo ¹	Tratamentos ²				EPM ³	Subparcela (P = 0,52)
	MFS	PFS	PFP	PU		
0 h	15,98	15,38	12,80	16,56	0,78	15,18
2 h	17,82	15,20	13,80	17,38	0,72	16,05
4 h	16,14	14,48	15,14	19,16	1,00	16,23
6 h	14,64	15,26	11,35	17,62	0,92	14,72
EPM	0,63	0,79	0,69	1,05		
Parcela (P < 0,05)	16,15 ^{ab}	15,08 ^{bc}	13,27 ^c	17,68 ^a		

Nota: Prob F_(trat x hora) = 0,9133

¹ Horários de coleta de sangue após o fornecimento matinal da alimentação. Tempo zero referente à coleta de sangue antes da alimentação

² MFS = milho moído fino com farelo de soja; PFS = pipoca com farelo de soja; PFP = pipoca com farelo de soja e farinha de peixe; PU = pipoca com farelo de soja e uréia

³ EPM = erro padrão da média

Não houve efeito de degradabilidade ruminal de amido (MFS vs. PFS) sobre as concentrações de nitrogênio uréico no plasma. Estes dados não estão de acordo com diversos trabalhos revisados por Theurer et al. (1999) e por Santos (1998), onde foram relatados que a suplementação com fontes de amido de maior degradabilidade ruminal levaram à menores concentrações plasmáticas de nitrogênio uréico, provavelmente por aumentar a eficiência de uso do nitrogênio no rúmen. Vale frisar que, no âmbito geral, os valores observados estão abaixo ou no limite do considerado crítico no ponto de vista de vir a afetar parâmetros reprodutivos (NRC, 2001).

Não houve efeito (P=0,52) na concentração de N-uréico no plasma entre os tempos de coleta (subparcelas) nem na interação tratamento vs. tempo

(P=0,91).

3.3.3 Aferição dos sistemas protéicos

Apesar de não se dispor de dados de consumo individual, utilizou-se de dados de consumo, produção e composição do leite, condição corporal e variação de peso vivo médios de cada tratamento com o objetivo de checar como os modelos do NRC (2001) e de Cornell (*software* CPM-Dairy, versão 1.0) foram capazes de prever os resultados obtidos.

Os dados de consumos de MS observados e os previstos pelos sistemas são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Dados observados e previstos de consumos de MS, em kg/vaca/dia, conforme os tratamentos testados

Tratamentos ¹	Observado	NRC (2001)	CPM-Dairy
MFS	21,64	21,50	19,10
PFS	19,87	21,30	19,00
PFP	19,12	20,20	18,00
PU	18,13	21,10	18,80

¹ MFS = milho moído fino com farelo de soja; PFS = pipoca com farelo de soja; PFP = pipoca com farelo de soja e farinha de peixe; PU = pipoca com farelo de soja e uréia

Observa-se, através dos dados da Tabela 6, que a estimativa de consumo de MS para o tratamento MFS feita pelo NRC (2001) foi muito próxima do valor observado, enquanto o CPM-Dairy subestimou em 11,7% o consumo de MS. Para os tratamentos contendo milho processado na forma de pipoca (PFS e PFP), o NRC (2001) superestimou os consumos de MS em 7,2% e

5,6%, respectivamente, enquanto o CPM-Dairy subestimou em 4,4% e 5,9% os consumos de MS, respectivamente para PFS e PFP. Para o tratamento contendo uréia (PU), o CPM-Dairy estimou o consumo de MS mais próximo do observado que o NRC (2001), mas ambos superestimaram o consumo de MS em 3,7% e 16,4%, respectivamente.

Os dados de produção de leite observados e previstos pelos sistemas são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Dados observados e previstos de produção de leite, em kg/vaca/dia, conforme os tratamentos testados

Tratamentos ¹	Observado	NRC (2001)	CPM-Dairy
MFS	31,80	35,60	31,40
PFS	32,13	34,20	30,60
PFP	30,70	34,70	35,10
PU	30,98	27,30	27,60

¹ MFS = milho moído fino com farelo de soja; PFS = pipoca com farelo de soja; PFP = pipoca com farelo de soja e farinha de peixe; PU = pipoca com farelo de soja e uréia

Os dados de produção de leite estimados com o NRC (2001) ou com o CPM-Dairy foram obtidos aplicando aos sistemas os dados observados de consumos de MS e composição do leite (Tabela 4). Para ambos os sistemas, o fator restritivo à produção foi sempre a disponibilidade de proteína metabolizável, havendo energia suficiente para produções bem acima das observadas nos quatro tratamentos.

O CPM-Dairy estimou de forma adequada a produção de leite no tratamento MFS, mas subestimou a produção de leite nas dietas contendo amido e proteína de alta degradabilidade ruminal (4,8% para PFS e 10,9% para PU). O CPM-Dairy superestimou o benefício da suplementação com proteína de

baixa degradabilidade ruminal (PFP) em 14,3%.

O NRC (2001) superestimou a produção de leite nas dietas contendo fontes suplementares de proteína verdadeira em 11,9%, 6,4% e 13,0% para os tratamentos MFS, PFS e PFP, respectivamente.

Ambos os sistemas subestimaram a produção de leite quando a uréia substituiu parcialmente o farelo de soja, i.e., no tratamento PU, em 10,9% e 11,9%, respectivamente para o CPM-Dairy e o NRC (2001).

É importante frisar que os dados referentes às estimativas de consumo de MS e de produção de leite obtidos com os dois modelos acima descritos devem ser vistos com reservas, já que não foram utilizados dados individuais, mas sim o dado médio por tratamento, o que limita a análise desses dados de forma mais aprofundada.

3.4 Conclusões

A inclusão de fonte de amido de alta degradabilidade ruminal melhorou a eficiência alimentar de vacas de alta produção recebendo dietas contendo silagem de milho como volumoso.

Com base nos dados de literatura e os obtidos neste trabalho, pode-se afirmar que, em dietas contendo silagem de milho como volumoso exclusivo, a inclusão de farinha de peixe na dose de 6,65% foi excessiva e comprometeu o desempenho animal, provavelmente devido ao teor e/ou perfil do óleo de peixe na dieta.

Os dados sugerem que, para vacas produzindo em média até 32 kg de leite por dia, a inclusão de 1% de uréia na dieta em substituição ao farelo de soja reduziu a produção de leite. Este efeito parece ser consequência do menor consumo alimentar e talvez não pelo efeito negativo direto no fluxo de proteína metabolizável. Entretanto, as produções de leite corrigido para 3,5% de gordura

e os teores e produções de gordura e proteína não foram afetadas.

Em dietas contendo silagem de milho, milho moído fino e farelo de soja, bastante comum nos confinamentos brasileiros, o NRC (2001) foi capaz de estimar adequadamente o consumo de MS, enquanto o CPM-Dairy estimou adequadamente a produção de leite. Para esse tipo de dieta, o CPM-Dairy foi mais eficiente como instrumento para checar a dieta utilizada, aplicando-se o consumo observado.

4 SUBSTITUIÇÃO DO FARELO DE SOJA POR FARELO DE ALGODÃO EM DIETAS PARA VACAS LEITEIRAS DE ALTA PRODUÇÃO

Resumo

No presente ensaio, 42 vacas em lactação (18 multíparas e 24 primíparas, com 131 dias em lactação, em média) foram utilizadas em delineamento em Quadrado Latino 3x3, com 14 repetições, para avaliar os efeitos da inclusão crescente (0,15 e 30%) de farelo de algodão (FA) em substituição ao farelo de soja (FS) na dieta. O período experimental durou 60 dias. As vacas foram alimentadas com dietas isonitrogenadas com 46% de silagem de milho e 54% de concentrado. O consumo de MS (21,52 x 22,26 x 21,71 kg/d, respectivamente para as dietas FS, FA15 e FA30) e a produção de leite corrigida para 3,5% de gordura (34,78 x 35,24 x 35,45 kg/d, respectivamente) não foram afetados pelos tratamentos ($P > 0,05$). Conforme se aumentou a inclusão de FA na dieta, foram observados efeitos lineares negativos ($P < 0,01$) sobre a produção de leite (34,75 x 33,43 x 33,21 kg/d) e teor (2,91 x 2,84 x 2,82%) e produção (1,01 x 0,94 x 0,94 kg/d) de proteína no leite e efeitos lineares positivos ($P < 0,01$) sobre o teor (3,49 x 3,82 x 3,89%) e produção (1,23 x 1,27 x 1,29 kg/d) de gordura no leite e sobre a concentração de nitrogênio uréico no leite ($P < 0,01$). Concluiu-se que o farelo de algodão foi inferior ao farelo de soja como fonte protéica para vacas leiteiras de alta produção. No entanto, vantagens econômicas com a utilização do farelo de soja

ou algodão dependerão dos custos das fontes protéicas comerciais e dos preços pagos pelo leite, gordura e proteína do leite.

REPLACING SOYBEAN MEAL BY COTTONSEED MEAL FOR HIGH PRODUCING DAIRY COWS

Summary

Forty two multiparous (18) and primiparous (24) lactating cows (131 days in milk) were used in a replicated 3x3 Latin Square design, to study increasing cottonseed meal content in the diet (0, 15 and 30% of DM) in replacement to soybean meal. The total experimental period lasted 60 days. Cows were fed isonitrogen diets with 46% corn silage and 54% concentrate. Dry matter intake (21.52 x 22.26 x 21.71 kg/d) and 3.5% FCM (34.78 x 35.24 x 35.45 kg/d) for FS, FA15 and FA30, respectively, were not affected ($P>.05$) by treatments. Cottonseed meal supplementation had a negative linear effect ($P<.01$) on milk yield (34.75 x 33.43 x 33.21 kg/d) and on milk protein content (2.91 x 2.84 x 2.83%) and yield (1.01 x 0.94 x 0.94 kg/d). Increasing cottonseed meal had a positive linear effect ($P<.01$) on milk fat content (3.49 x 3.82 x 3.89%) and yield (1.23 x 1.27 x 1.29 kg/d). Plasma urea N was increased linearly by cottonseed meal ($P<.01$). In conclusion, cottonseed meal was inferior to soybean meal as a protein source for high producing dairy cows. However, economical advantages of feeding soybean or cottonseed meal will depend on protein sources commercial costs, and on milk, milk protein and milk fat prices paid by the dairy industry.

4.1 Introdução

A substituição de ingredientes tradicionais, como o farelo de soja (FS), por outros de menor custo deve ser considerada, caso haja benefícios em termos econômicos e nutricionais. O farelo de algodão (FA) é obtido após a retirada da maior parte do óleo do caroço. Em alguns casos, o línter é total ou parcialmente retirado, fazendo com que se obtenha ingrediente de menor teor fibroso (FDA), maior conteúdo protéico e menos gordura, quando comparado com o caroço de algodão. Durante o processo de extração de óleo, a proteína do caroço de algodão é exposta ao calor, sendo desnaturada e, assim, diminuindo a capacidade proteolítica das enzimas microbianas ou, em outras palavras, diminuindo a degradação ruminal de proteína, fazendo com que maior quantidade de proteína chegue ao duodeno (Noftsgger et al., 2000).

Tendo-se em vista que vários autores (Bernard, 1997; Van Horn et al., 1979) têm sugerido que o FA é capaz de manter a produção de leite nos mesmos patamares que o FS, quando o teor protéico da dieta é maior que 16%, a utilização desse subproduto pode diminuir os custos de produção de leite, pois no Brasil, o custo do kg de proteína bruta do FA é normalmente menor que do FS.

São escassos os dados de literatura nacional e mesmo internacional comparando o farelo de soja com o farelo de algodão para vacas de alta produção. Na revisão conduzida por Santos et al. (1998b), nenhum trabalho foi citado comparando o farelo de soja com o de algodão. Vale ressaltar que o farelo de algodão produzido no Brasil é normalmente mais pobre em proteína e energia e mais rico em fibra que o citado nas tabelas internacionais (NRC, 2001).

A suplementação de vacas leiteiras de alta produção com quantidade adequada e balanceada de proteína é bastante complexa, pois a população microbiana que povoa o rúmen provoca grandes alterações nos compostos

nitrogenados consumidos pelo animal (Owens & Goetsch, 1986).

Por muitos anos, os modelos utilizados na formulação de dietas para vacas leiteiras foram baseados na adequação em proteína bruta (PB) da ração. Somente nas duas últimas décadas, passou-se a incorporar conceitos de degradabilidade ruminal da proteína, objetivando-se proporcionar quantidades adequadas de proteína degradável para otimizar a síntese microbiana, complementada com o fornecimento de proteína resistente à degradação ruminal e proteína endógena, atendendo-se, dessa forma, às exigências do animal em proteína metabolizável (Santos et al., 1998b; Schwab, 1996; Sloan et al., 1999).

De acordo com o NRC (2001), as exigências de proteína metabolizável dos ruminantes são atendidas pelos aminoácidos absorvidos no intestino delgado, provenientes da digestão de proteína microbiana, da proteína dietética não degradada no rúmen e da proteína endógena e, em função de sua recente publicação, trabalhos que mostrem a acurácia do modelo proposto a respeito deste conceito ainda não foram publicados. A quantidade de proteína microbiana sintetizada no rúmen e a quantidade de proteína metabolizável são determinantes da resposta e eficiência pelos quais o nitrogênio da dieta é usado para produção de leite (Colin-Schoellen et al., 2000), conceito este aplicado tanto no sistema americano (NRC, 2001) quanto no britânico (AFRC, 1992).

As fontes suplementares de proteína não degradável no rúmen (PNDR) diferem consideravelmente entre si quanto à digestibilidade intestinal e o perfil de aminoácidos (Schwab, 1996), fato este que foi uma das prováveis causas da ausência de benefícios na produção e composição de leite de vacas leiteiras suplementadas com a maioria das fontes ricas em PNDR, conforme enfatizado na revisão publicada por Santos et al. (1998b), onde foram sumarizadas 127 comparações a partir de 88 estudos com vacas de alta produção, publicados entre 1985 e 1997.

Atualmente, acredita-se que o teor e a produção de proteína no leite

são afetados principalmente pela quantidade e pelo perfil de aminoácidos que chegam ao duodeno, sendo que, dentre eles, os mais importantes e limitantes para a síntese de proteína pela glândula mamária são a lisina (Lis) e metionina (Met) (Fraser et al., 1991; Schwab et al., 1992a,b). A maximização da síntese de proteína na glândula mamária é possível de ser atingida caso a porcentagem destes dois AA na proteína metabolizável esteja em torno de 7,2% e 2,4%, respectivamente para a Lis e Met (NRC, 2001). Sloan et al. (1999) recomendaram 6,82 de Lis e 2,19% de Met na proteína metabolizável utilizando o sistema de Cornell (*software* CPM-Dairy, versão 1.0), visando aumento na produção de proteína do leite que seja viável economicamente nas condições comerciais nos Estados Unidos. Dentro do mesmo princípio, Sloan (2002) tem recomendado valores de 6,66% de Lis e 2,22% de Met na proteína metabolizável quando se usa o NRC (2001) para formulação de dietas.

A proteína do farelo de algodão apresenta perfil de aminoácidos com menores concentrações de Lis e Met (em porcentagem da PB) que o farelo de soja. Portanto, a substituição total do farelo de soja por farelo de algodão para vacas em início de lactação deve ser visto com ressalvas, segundo Blackwelder et al. (1998).

Diante do acima exposto, justifica-se a condução de ensaios na intenção de se avaliar a utilização do farelo de algodão na alimentação de vacas leiteiras, utilizando o NRC (2001) para formular as dietas e comparar os resultados obtidos.

4.1.1 Objetivos

O presente trabalho visou a condução de ensaio cujos objetivos foram avaliar os efeitos da inclusão de três teores de farelo de algodão (0, 15 e 30%) na dieta de vacas leiteiras, em substituição parcial ou total ao farelo de

soja, sobre a produção e composição do leite, consumo de matéria seca e parâmetros sanguíneos (nitrogênio uréico e glucose). Ainda, objetivou-se avaliar o modelo do NRC (2001) e de Cornell (CPM-Dairy, versão 1.0) para formulação de dietas balanceadas para atender as exigências em proteína metabolizável de vacas em lactação.

4.2 Material e métodos

4.2.1 Local e animais

O trabalho foi conduzido nas instalações do Depto. de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, em Piracicaba, São Paulo. A instalação utilizada foi um sistema de confinamento do tipo "free stall" com três lotes, dentro de cada qual foram alojadas 14 vacas, totalizando 42 vacas primíparas e multíparas. Todos os animais receberam injeções de somatotropina bovina recombinante (Lactotropin®) a cada 10 dias.

4.2.2 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi delineado com o intuito de se avaliar a inclusão de três teores de farelo de algodão (FA) na dieta (zero, 15% e 30%) em substituição ao farelo de soja (FS). Os tratamentos testados foram:

FS: dieta com farelo de soja (FS), exclusivamente, como suplemento protéico;

FA-15: dieta com 15% de FA na MS e contendo também FS;

FA-30: dieta com 30% de FA na MS e com ausência de FS.

Estes tratamentos foram formulados para resultar em dietas isoprotéicas e isoenergéticas (energia líquida para lactação) utilizando o NRC (2001), como detalhado na Tabela 1.

O período pré-experimental teve duração de 7 dias, durante o qual todas as vacas estiveram sob uma mesma dieta. A ordenha foi realizada duas vezes ao dia, às 6 e 18 horas e as produções de leite foram medidas diariamente.

O delineamento estatístico utilizado foi o Quadrado Latino 3x3 com 14 repetições. Os animais foram agrupados em cada Quadrado Latino de acordo com o número de lactações (primípara ou múltipara), a produção de leite e dias em lactação, medidos durante o período pré-experimental. Dessa forma, procurou-se, na medida do possível, manter a homogeneidade entre animais dentro do mesmo Quadrado Latino. A disponibilidade de animais ao início do experimento permitiu a utilização de 18 vacas múltiparas e 24 primíparas, o que totalizou seis Quadrados Latinos de vacas múltiparas e oito de primíparas.

Tabela 1. Composição das dietas experimentais

	Tratamentos ^a		
	FS	FA-15	FA-30
Ingrediente (% da MS)			
Silagem de milho	45,98	45,98	45,98
Farelo de soja	21,56	10,76	-
Farelo de algodão	0,00	15,00	30,00
Milho moído fino	13,27	10,86	8,36
Polpa cítrica peletizada	13,27	10,86	8,36
Uréia	0,24	0,24	0,28
Minerais e vitaminas ^b	2,51	2,51	2,51
Bicarbonato de sódio	0,71	0,71	0,71
Sebo	2,46	3,08	3,80
Composição química^c			
PB (% da MS)	17,3	17,3	17,3
PDR (% da MS)	11,8	11,3	11,1
PNDR (% da MS)	5,5	6,0	6,2
PM (% da MS)	10,8	11,1	11,4
EL lact (Mcal/kg MS)	1,66	1,64	1,65
NDT (% da MS)	74,3	72,5	70,6
FDN (% da MS)	30,7	32,9	35,0
FDN forragem (% da MS)	23,0	23,0	23,0
CNF (% da MS)	42,1	39,8	37,3
EE (% da MS)	5,5	6,0	6,6

^a Tratamentos: FS = dieta com farelo de soja (FS), exclusivamente, como ingrediente protéico; FA-15 = dieta com 15% de farelo de algodão (FA) na MS e contendo também FS; FA-30 = dieta com 30% de FA na MS e com ausência de FS

^b Composição: Ca, 23,24%; P, 5,50%; K, 0,02%; Mg, 3,50%; Cl, 10,53%; Na, 7,00% ; S, 2,20%; 0,05% de monensina sódica; e (por kg) 12 mg de Co; 450 mg de Cu; 40 mg de I; 4.327 mg de Fe; 1.500 mg de Mn; 12 mg de Se; 1.800 mg de Zn; 130.000 UI de vitamina A; 75.000 UI de vitamina D; 1.000 UI de vitamina E

^c PB = proteína bruta; PDR = proteína degradável no rúmen; PNDR = proteína não degradável no rúmen; PM = proteína metabolizável; EL lact = energia líquida de lactação; NDT = nutrientes digestíveis totais; FDN = fibra em detergente neutro; CNF = carboidratos não fibrosos = (100 - PB - EE - cinzas); EE = extrato etéreo. Composição química planejada, segundo dados fornecidos pelo *software* do NRC (2001).

Ao início do experimento, os animais utilizados apresentaram médias de 34,83 ($\pm 7,18$) kg de leite/dia, 131,39 ($\pm 69,38$) dias em lactação e 572,0 ($\pm 78,3$) kg de peso corporal.

4.2.3 Período experimental e coleta de dados

O período experimental teve a duração de 60 dias, divididos em três subperíodos de 20 dias cada. Os primeiros 10 dias de cada subperíodo serviram para adaptação dos animais às dietas experimentais, sendo a coleta dos dados efetuada nos 10 dias restantes. Todas as vacas tiveram o escore de condição corporal avaliado, utilizando-se a escala de 1 a 5, de acordo com Wildman et al. (1982) e foram pesadas no início e final de cada subperíodo. Realizou-se duas pesagens dos animais em dias consecutivos, antes do arraçoamento matutino, a fim de se obter o menor dos valores obtidos nas pesagens, considerando-se que a diferença no peso corporal foi decorrente do enchimento do conteúdo do trato gastrointestinal.

Os animais foram ordenhados duas vezes ao dia, às 6 e 18 horas e as produções individuais de leite registradas e amostradas nos 13^o, 15^o, 17^o e 19^o dias de cada subperíodo através de medidores modelo MARK5 (De Laval). As amostras foram coletadas durante a ordenha da tarde e, no dia seguinte, foram enviadas para análise do teor de gordura, proteína, lactose, sólidos totais e nitrogênio uréico, pelo processo de infra-vermelho junto à Clínica do Leite do Depto. de Zootecnia da USP/ESALQ.

As vacas foram alimentadas duas vezes ao dia, às 6 e 17 horas, utilizando-se vagão misturador de ração total. As sobras de alimento foram pesadas e descartadas diariamente antes do arraçoamento vespertino para fins de ajuste da quantidade a ser oferecida para que houvesse em torno de 10% de sobras.

Semanalmente, uma amostra da silagem de milho foi seca a 105°C para determinação do teor de matéria seca (MS) a fim de se proceder o ajuste da formulação das dietas.

Para fins de análise laboratorial, as amostras de silagem de milho e das dietas experimentais foram coletadas diariamente entre os dias 11 e 20 de cada subperíodo, compostas por subperíodo e congeladas a -18 °C. Após descongelamento por 12 horas, as amostras foram secas em estufas de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas (Silva, 1990), moídas em moínho tipo “Wiley” provido de peneira de 1 mm e analisadas para determinação de matéria seca, cinzas e proteína bruta de acordo com o AOAC (1990), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de acordo com os métodos propostos por Van Soest et al. (1991) e adaptado para o aparelho ANKOM²⁰⁰ (ANKOM²⁰⁰ Fiber Analyzer, ANKOM Technology Corporation, Fairport, NY, USA).

As amostras de sangue foram coletadas quatro horas após o fornecimento matinal de alimentos em tubos contendo antiglicolítico e anticoagulante no último dia de cada subperíodo experimental, utilizando-se para tal os animais pertencentes a seis Quadrados Latinos de maior produção leiteira. O critério para escolha dos Quadrados Latinos levou em consideração única e exclusivamente a média de produção de leite dos três primeiros controles leiteiros do 1º subperíodo experimental, isto é, coletou-se o sangue dos animais pertencentes aos seis Quadrados Latinos de maior produção, sendo três de primíparas e três de múltíparas. Definidas as vacas a serem utilizadas no 1º subperíodo, as coletas de sangue foram realizadas nos mesmos animais durante os demais subperíodos. As amostras foram centrifugadas a 3.000 x g e o plasma obtido permaneceu congelado a -10 °C acondicionado em duplicata em tubos tipo “eppendorf”. Um dos tubos foi utilizado para análise da concentração plasmática de glucose, utilizando-se analisador bioquímico YSI 2700-S BioChem (Yellow Springs Instrument Co.

Inc., Ohio, EUA). O outro tubo foi enviado para um laboratório comercial para se determinar a concentração nitrogênio uréico no plasma, através da utilização de kit comercial Sigma N-535 (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, EUA).

4.2.4 Cálculos e equações

Para a avaliação dos sistemas de formulação de dietas foi necessário abastecer os programas com os dados de composição do alimento conforme a exigência de cada *software*. Os resultados das análises laboratoriais de nitrogênio insolúvel no FDN e nitrogênio insolúvel no FDA foram utilizados para se obter as frações C e B₃:

$$C = PIDA$$

, onde PIDA é a proteína insolúvel em FDA, expressa em % da proteína bruta;
PIDA = nitrogênio insolúvel em FDA x 6,25

$$B_3 = PIDN - PIDA$$

, onde PIDN é a proteína insolúvel em FDN, expressa em % da proteína bruta;
PIDN = nitrogênio insolúvel em FDN x 6,25

Quando não se realizou análises laboratoriais de nitrogênio insolúvel no FDN e nitrogênio insolúvel no FDA, adotou-se valores sugeridos para o ingrediente pela biblioteca de alimentos tropicais do CNCPS.

Para obtenção dos valores A e B1, utilizou-se dados da biblioteca tropical de ingredientes do CNCPS. Assim, tem-se:

$A = NNP \times P_{SOL}$, onde *NNP* é o teor de nitrogênio não protéico, expresso em % da proteína solúvel; *P_{SOL}* é o teor de proteína solúvel, expresso em % da proteína bruta

$B_1 = P_{SOL} - NNP$, onde *P_{SOL}* e *NNP* são expressos em % da proteína bruta

Por diferença, chegou-se ao valor da fração *B₂*:

$$B_2 = 100 - (A + B_1 + B_3 + C)$$

As frações *A* e *C* do CNCPS obtidas foram usada no NRC (2001). Diferentemente do CNCPS, que subdivide a fração *B* em três porções, o NRC (2001) tem apenas uma única fração *B*:

$$B = 100 - (A + C)$$

ou

$$B_{NRC} = B_1 + B_2 + B_3$$

Obtidas as frações, calculou-se as proporções de PDR e PNDR na proteína bruta, adotando-se as taxas de degradação (*K_d*) das frações *B₁*, *B₂* e *B₃* sugeridas pela biblioteca de ingredientes tropicais do CNCPS e a taxa de passagem (*K_p*) sugerida pelo NRC (2001), após abastecer o programa com dados do animal usado e das quantidades consumidas de cada ingrediente no presente experimento:

$$PDR_{CNCPS} = A + B_1 [K_{d1} / (K_{d1} + K_p)] + B_2 [K_{d2} / (K_{d2} + K_p)] + B_3 [K_{d3} / (K_{d3} + K_p)]$$

$$PNDR_{CNCPS} = B_1 [K_p / (K_{d1} + K_p)] + B_2 [K_p / (K_{d2} + K_p)] + B_3 [K_p / (K_{d3} + K_p)] + C$$

Vale frisar que, para se calcular a PDR e a PNDR, não há necessidade de se conhecer as taxas de degradação das frações A e C, ou seja, assume-se que toda a fração A contribui para compor a PDR e toda a fração C contribui para compor a PNDR. Entretanto, a taxa de degradação da fração B deverá ser conhecida e, para tal fim, utilizou-se as seguintes deduções matemáticas para se chegar a esse valor, necessário para abastecer o NRC (2001):

$$PDR_{CNCPS} = PDR_{NRC}$$

$$A + B [K_d / (K_d + K_p)] = PDR_{CNCPS}$$

$$B [K_d / (K_d + K_p)] = PDR_{CNCPS} - A$$

$$K_d / (K_d + K_p) = (PDR_{CNCPS} - A) / B$$

$$(K_d + K_p) / K_d = B / (PDR_{CNCPS} - A)$$

$$K_d / K_d + K_p / K_d = B / (PDR_{CNCPS} - A)$$

$$1 + K_p / K_d = B / (PDR_{CNCPS} - A)$$

$$K_p / K_d = [B / (PDR_{CNCPS} - A)] - 1$$

$$K_p / K_d = [B / (PDR_{CNCPS} - A)] - [(PDR_{CNCPS} - A) / (PDR_{CNCPS} - A)]$$

$$K_p / K_d = (B - PDR_{CNCPS} + A) / (PDR_{CNCPS} - A)$$

$$K_d = [(PDR_{CNCPS} - A) / (B - PDR_{CNCPS} + A)] \cdot K_p$$

Procurou-se, assim, fazer com que as estimativas de desempenho animal de cada sistema fossem baseadas em características de degradação protéica similares.

4.2.5 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística através do PROC GLM do pacote estatístico SAS 6.11 (SAS, 1991). À exceção das demais variáveis, para a análise de consumo de MS, cada grupo (baia) de vacas em um tratamento foi considerado como sendo a unidade experimental e a análise foi feita como se fosse um único Quadrado Latino, pois as instalações não permitiam a obtenção de dados individuais de consumo, mas somente em grupo.

Durante a análise da variância, utilizou-se o nível de 5% de probabilidade como significativo e até 10% como tendência. Quando houve efeito de tratamento, fez-se o desdobramento da análise estatística, utilizando-se o teste de Tukey para fins de comparação entre médias, onde foram considerados os mesmos níveis de probabilidade mencionados na análise de variância. Todas as médias foram obtidas usando-se o método dos quadrados mínimos (LSMEANS). Ainda, foram feitas análises por contrastes com a finalidade de se verificar a ocorrência de efeito linear (L) e quadrático (Q), i.e., desvio da linearidade, considerando-se os mesmos níveis de probabilidade supracitados.

Todos os dados foram testados para se verificar a distribuição normal dos erros, utilizando-se o PROC UNIVARIATE (SAS, 1991). Os dados que apresentaram erros fora do intervalo entre ± 3 desvios foram arbitrariamente descartados da análise estatística.

Por ter havido perda de uma vaca primípara durante o primeiro subperíodo experimental, o que resultou na ocorrência de uma repetição incompleta, passou-se a ter 41 animais analisados no total. Na Tabela 2, é exibido o quadro resumido do esquema de análise de variância utilizado nas variáveis respostas submetidas ao delineamento em Quadrado Latino simples e com repetições, segundo Pimentel Gomes (2000).

Tabela 2. Resumo esquemático da análise de variância

Causas de Variação	GL¹	GL²	GL³
Repetições	13	5	-
Baia	-	-	2
Vaca dentro de repetição	27	12	-
Período	-	-	2
Período dentro de repetição	28	12	-
Tratamento	2	2	2
Resíduo	52	22	2
Total	122	53	8

Nota: Causas de variação que não possuem valores de graus de liberdade (indicados por hífen) não foram contemplados no modelo matemático

¹ Graus de liberdade associados à análise das seguintes variáveis respostas: produção de leite, componentes do leite e variação de escore de condição corporal e de peso vivo (total de 41 animais e 14 repetições)

² Graus de liberdade associados à análise das seguintes variáveis respostas: glucose e nitrogênio uréico no plasma (total de 18 animais e 6 repetições)

³ Graus de liberdade associados à análise do consumo de MS (Quadrado Latino simples 3x3)

A interação Repetição x Tratamento foi inicialmente avaliada, mas ela foi retirada do modelo estatístico por não ter apresentado significância ($P > 0,10$).

4.3 Resultados e discussão

4.3.1 Composição química das dietas, consumo alimentar e desempenho

Os resultados da análise química das dietas utilizadas no presente trabalho, bem como de alguns ingredientes que as compunham, são exibidos na Tabela 3.

As três dietas foram planejadas para conterem 17,3% de PB na MS (Tabela 1). Os teores de PB observados nas análises laboratoriais (Tabela 3),

ficaram 4,5, 3,3 e 1,4% abaixo do esperado, enquanto que os teores de NDT ficaram 8,2, 10,3 e 12,5% abaixo do esperado para as dietas FS, FA-15 e FA-30, respectivamente.

Tabela 3. Composição química, em porcentagem da MS, de alguns ingredientes utilizados, do concentrado e das dietas totalmente misturadas

Amostra ¹	MS ⁵	PB	FB	EE	MM	ENN	NDT	FDA	FDN	Lig
Silagem milho ²	31,00	6,10	25,90	2,47	5,18	60,35	62,56	29,78	49,17	4,49
Farelo soja ³	89,45	50,51	6,02	1,98	6,44	35,05	81,23	9,91	11,83	1,00
Farelo algodão ⁴	90,11	40,31	16,52	0,83	5,83	36,51	64,00	25,80	31,84	9,03
Dieta FS	47,88	16,53	-	4,81	4,83	-	68,18	18,40	29,02	2,63
Dieta FA-15	47,96	16,73	-	5,20	4,82	-	65,02	20,74	31,82	3,81
Dieta FA-30	48,04	17,05	-	5,68	4,80	-	61,74	23,05	34,59	4,99

¹ Dietas: FS = dieta com farelo de soja (FS), exclusivamente, como ingrediente protéico; FA-15 = dieta com 15% de farelo de algodão (FA) na MS e contendo também FS; FA-30 = dieta com 30% de FA na MS e com ausência de FS.

² Nitrogênio total = 0,98% da MS; Nitrogênio insolúvel em FDA = 13,72% do nitrogênio total; Nitrogênio insolúvel em FDN = 14,03% do nitrogênio total.

³ Nitrogênio total = 8,08% da MS; Nitrogênio insolúvel em FDA = 2,63% do nitrogênio total; Nitrogênio insolúvel em FDN = 5,65% do nitrogênio total.

⁴ Nitrogênio total = 6,45% da MS; Nitrogênio insolúvel em FDA = 4,72% do nitrogênio total; Nitrogênio insolúvel em FDN = 5,86% do nitrogênio total.

⁵ MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FB = fibra bruta; EE = extrato etéreo; MM = matéria mineral; ENN = extrativo não nitrogenado; NDT = nutrientes digestíveis totais; FDA = fibra em detergente ácido; FDN = fibra em detergente neutro. Com exceção dos valores de MS, todos os resultados estão expressos em 100% de matéria seca. Valores de NDT estimados através do NRC (2001).

Os dados obtidos de consumo de matéria seca, produção de leite, bem como de seus componentes, variações de peso vivo e escore de condição corporal e parâmetros sanguíneos são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Consumo de MS, desempenho lactacional e parâmetros sanguíneos de vacas submetidas a teores crescentes de farelo de algodão na dieta

Variável ¹	Tratamentos ²			EPM ³	P ⁴		
	FS	FA-15	FA-30		F	L	Q
Consumo MS, kg/dia	21,52	22,26	21,71	0,20	NS	NS	NS
Produção leite, kg/dia	34,75 ^a	33,43 ^b	33,21 ^b	0,29	< 0,01	< 0,01	NS
LCG-3,5%, kg/dia	34,78	35,24	35,45	0,34	NS	NS	NS
Eficiência LCG	1,62	1,59	1,63	0,02	NS	NS	< 0,10
Gordura, %	3,49 ^b	3,82 ^a	3,89 ^a	0,04	< 0,01	< 0,01	< 0,05
, kg/dia	1,23 ^b	1,27 ^{ab}	1,29 ^a	0,02	< 0,05	< 0,05	NS
Proteína, %	2,91 ^a	2,84 ^b	2,83 ^b	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05
, kg/dia	1,01 ^a	0,94 ^b	0,94 ^b	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Relação gord/prot	1,21 ^b	1,36 ^a	1,37 ^a	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Lactose, %	4,70	4,71	4,72	0,01	NS	NS	NS
, kg/dia	1,63 ^a	1,57 ^b	1,57 ^b	0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,10
Sólidos totais, %	12,01 ^b	12,22 ^a	12,31 ^a	0,05	< 0,01	< 0,01	NS
, kg/dia	4,19 ^A	4,09 ^B	4,09 ^B	0,04	< 0,10	< 0,05	< 0,05
N-uréico leite, mg/dL	12,35 ^c	12,95 ^b	14,36 ^a	0,13	< 0,01	< 0,01	< 0,05
Varição ECC, pontos	+0,001	-0,027	-0,106	0,04	NS	< 0,10	NS
, %	+0,69	-0,42	-3,21	1,38	NS	< 0,10	NS
Varição peso, kg	18,08 ^a	7,47 ^b	10,17 ^b	2,13	< 0,01	< 0,05	< 0,05
, %	3,21 ^a	1,24 ^b	1,78 ^b	0,38	< 0,01	< 0,05	< 0,05
Plasma							
N-uréico, mg/dL	16,64 ^{AB}	16,17 ^B	17,82 ^A	0,47	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Glucose, mg/dL	54,98	57,45	56,30	1,04	NS	NS	NS

¹ LCG-3,5% = produção de leite corrigida para 3,5% de gordura; Eficiência LCG = (kg LCG-3,5% / kg MS consumida); N = nitrogênio; ECC = escore de condição corporal

² Os valores exibidos representam médias obtidas pelo método dos quadrados mínimos. Tratamentos: FS = dieta com farelo de soja (FS), exclusivamente, como ingrediente protéico; FA-15 = dieta com 15% de farelo de algodão (FA) na MS e contendo também FS; FA-30 = dieta com 30% de FA na MS e com ausência de FS

³ EPM = erro padrão da média

⁴ Probabilidade do teste F e dos contrastes para (L) efeito linear e (Q) efeito quadrático (ou desvio da linearidade) para os teores de farelo de algodão testados. NS = não significativo (P>0,10)

^{abc} médias na mesma linha seguidas de letras minúsculas distintas diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey

^{ABC} médias na mesma linha seguidas de letras maiúsculas distintas diferem entre si a 10% de significância pelo teste de Tukey

O consumo de MS foi, em média, de 21,8 kg/dia e não diferiu entre os tratamentos, o que concorda com os resultados de pesquisa de outros autores, que utilizaram esse ingrediente em substituição ao farelo de soja na dieta, como 7% de farelo de algodão (Mena et al., 2001), 10% (Chiou et al., 1997), 16% (Blackwelder et al., 1998), 24,2% (Grings et al., 1991) e até mesmo 45% (Lindsey et al., 1980) na MS da dieta. No presente estudo, os animais que receberam farelo de algodão consumiram ao redor de 3,3 e 6,5 kg desse ingrediente por dia, nas dietas FA-15 e FA-30, respectivamente.

Embora existam algumas referências (Bernard, 1997; Van Horn et al., 1979) sugerindo que o farelo de algodão seria capaz de manter a produção de leite nos mesmos patamares que o farelo de soja (FS), caso o teor protéico da dieta fosse maior que 16%, os dados obtidos pelo presente estudo não concordaram com os resultados encontrados pelos autores citados, já que, apesar de se ter atendido a premissa de pelo menos 16% de PB nas dietas testadas, houve efeito linear negativo ($P < 0,01$) na produção de leite conforme se aumentou a taxa de inclusão de farelo de algodão. As vacas que receberam a dieta FA-15 produziram, em média, 1,3 kg/dia (ou 3,8%) a menos, enquanto que as que receberam a dieta FA-30 produziram, em média, 1,5 kg/dia (ou 4,4%) a menos de leite que as vacas alimentadas com a dieta FS. Os resultados obtidos no presente estudo discordam daqueles obtidos por outros autores, que não observaram diferenças na produção de leite ao utilizarem diversas doses de farelo de algodão na dieta de vacas leiteiras, sempre em substituição, total ou parcial, ao farelo de soja, como 7% de farelo de algodão (Mena et al., 2001), 10% (Chiou et al., 1997) e 16% (Blackwelder et al., 1998).

Não houve efeito de tratamentos sobre a produção de LCG-3,5% ($P > 0,10$), pois, apesar daqueles animais alimentados com farelo de algodão (dietas FA-15 e FA-30) terem produzido menor quantidade de leite ($P < 0,01$) do que aqueles que receberam farelo de soja (dieta FS), observou-se maior teor de gordura no leite ($P < 0,01$).

No presente ensaio, não foram detectadas diferenças entre tratamentos sobre a eficiência alimentar ($P>0,10$), já que não foram observados efeitos sobre o consumo de MS, nem sobre LCG-3,5%, resultado este concordante com aquele obtido por Chiou et al. (1997), que alimentaram animais com cerca de 10% de farelo de soja ou 10% de farelo de algodão na dieta.

O aumento dos teores de farelo de algodão na dieta dos animais apresentou efeito linear positivo no teor ($P<0,01$) e na produção diária ($P<0,05$) de gordura no leite, provavelmente pelo fato do teor de FDN na MS da dieta ter sido maior nas dietas com FA (Tabela 3). Outros dois fatores podem também ter afetado o teor de gordura do leite: (a) mobilização das reservas de gordura, que pôde ser evidenciada pela perda de escore de condição corporal nas dietas com FA e (b) maior teor de sebo nas dietas com FA (Tabela 1).

A inclusão de farelo de algodão na dieta diminuiu ($P<0,01$) o teor e a produção de proteína no leite dos animais, tanto na dose de 15% (FA-15) quanto na de 30% (FA-30). Enquanto que os animais alimentados com a dieta FS produziram em torno de 1 kg/dia de proteína no leite, a inclusão de farelo de algodão fez com que os animais produzissem ao redor de 70 g/dia (ou 7%) a menos de proteína, em ambas as dietas com este ingrediente. Em contrapartida, Blackwelder et al. (1998) não observaram diferenças no teor e produção de proteína no leite de animais alimentados com farelo de algodão ou farelo de soja nas doses de 16% e 14,5% da MS da dieta, respectivamente, sendo que todas as dietas continham cerca de 12% de caroço de algodão. Chiou et al. (1997) também não detectaram diferenças no teor e produção de proteína no leite de animais alimentados com cerca de 10% de farelo de soja ou 10% de farelo de algodão na MS da dieta.

No presente ensaio, o teor e a produção diária de proteína no leite sofreram efeito linear negativo ($P<0,01$) com a substituição do farelo de soja por farelo de algodão. Apesar das dietas terem sido formuladas para satisfazerem

produções de 32 kg/dia de leite, com teores de 3,5% e 3,2% de gordura e proteína, respectivamente, não foi possível encontrar qualquer fato concreto que justificasse o teor de proteína no leite sempre abaixo de 3%. Segundo Broderick et al. (1993), concentrações de nitrogênio uréico no plasma inferiores a 4 mM (ou 11 mg de N/dL) indicam deficiência de proteína degradável no rúmen na dieta, e conseqüentemente, deficiência na síntese de proteína microbiana. Contudo, as concentrações de N-uréico no plasma observados no presente estudo (entre 16,17 e 17,82 mg/dL) fazem a hipótese da deficiência de PDR ser descartada.

Uma possível explicação para a redução no teor e produção de proteína no leite estaria no fato de ter sido utilizado teores crescentes de sebo nas dietas com FA, com a intenção de elevar o teor energético da ração, fazendo com que o teor de extrato etéreo ficasse entre 5,2 e 5,9% da MS (Tabela 3).

A revisão de Wu & Huber (1994) mostrou o efeito negativo consistente da inclusão de fontes de gordura na dieta sobre a síntese de proteína no leite pela glândula mamária. Nessa revisão, algumas hipóteses foram expostas para tentar explicar o motivo pelo qual essa depressão ocorre:

a) Deficiência de glucose: quando carboidratos fermentecíveis são substituídos por gordura, a produção de proteína microbiana tende a ser menor, assim como o “pool” de aminoácidos no animal, por causa do maior uso de aminoácidos para gluconeogênese. Como conseqüência, ocorre menor aporte de aminoácidos na glândula mamária, levando à menor produção de proteína no leite.

b) Aumento da eficiência energética para produção de leite: durante a suplementação com gordura, a síntese “*de novo*” de gordura no leite diminui devido à incorporação de ácidos graxos dietéticos no leite. Essa redução reduz

a exigência de acetato e aumenta a disponibilidade de glicose para síntese de lactose, proporcionando aumento na produção de leite ou na eficiência de produção de leite. Assumindo-se que o fluxo sanguíneo na glândula mamária é regulado pela exigência por metabólitos energéticos e, portanto, o fluxo de sangue diminui, o suprimento de aminoácidos para o tecido mamário também diminui. A redução na síntese de proteína no leite estaria então relacionada com o aumento no volume de leite e/ou aporte de aminoácidos para a glândula mamária.

c) deficiência de somatotropina: essa teoria sugere que a liberação de somatotropina pela glândula pituitária pode ser reduzida pela elevação na concentração plasmática de ácidos graxos não esterificados (ou ácidos graxos livres). Como a somatotropina media a captura de aminoácidos do sangue pelo tecido mamário, a redução na liberação desse hormônio levaria à menor síntese de proteína no leite. No entanto, essa hipótese precisaria ser confirmada, havendo, por enquanto, resultados inconsistentes.

Dessa forma, pode ser que o alto teor de extrato etéreo utilizado tenha afetado negativamente o fluxo de proteína microbiana para o duodeno, fazendo com que houvesse baixo aporte de proteína metabolizável para síntese de proteína pela glândula mamária.

Outra hipótese que poderia ser levantada também quanto ao farelo de algodão ter prejudicado as produções de leite e de proteína no leite seria o fato da lisina (Lis) e metionina (Met) terem sido disponibilizadas em quantidades limitadas. Comparando com farelo de soja, Clark et al. (1987) observaram menor disponibilidade de Lis para absorção no intestino delgado quando a proteína suplementar era proveniente de farelo de algodão. Blackwelder et al. (1998) observaram maior concentração plasmática de Lis em vacas alimentadas com farelo de soja, levando-os a supor que dietas contendo farelo de algodão pudessem estar limitando a disponibilidade deste aminoácido

essencial por conter menor teor de Lis ou pelo fato do gossipol ter se ligado a este aminoácido, tornando-o indisponível. Reiser & Fu (1962) sugerem que o gossipol se liga ao grupamento amina da lisina, tornando-a indisponível. No entanto, Blauwiekel et al. (1997) não observaram interações entre o teor de gossipol na dieta e respostas de animais suplementados com Lis protegida, concluindo que o gossipol não afetou a utilização do aminoácido para produção de leite ou proteína no leite.

Observou-se maior ($P < 0,01$) relação gordura/proteína no leite naquelas vacas alimentadas com farelo de algodão na dieta, quando comparadas com aquelas que receberam farelo de soja (1,4 vs. 1,2, em média, respectivamente) motivado provavelmente pelo maior teor de gordura e menor de proteína no leite desses animais. Foram observados ($P < 0,01$) também efeito linear crescente, bem como efeito quadrático, do aumento no fornecimento de farelo de algodão na dieta sobre a relação gordura/proteína no leite.

A inclusão de farelo de algodão nas dietas levou a menor ($P < 0,01$) produção diária de lactose no leite das vacas, observando-se diminuição de 60 g/dia (ou 3,7%), em média, sob as dietas FA-15 e FA-30, em comparação à dieta FS. Constatou-se também efeito linear decrescente ($P < 0,01$), além de efeito quadrático ($P < 0,10$), conforme se aumentou a dose de inclusão de farelo de algodão nas dietas. Em virtude da queda na produção diária de lactose ter sido acompanhada pela produção de leite, na mesma magnitude, aproximadamente, os teores de lactose no leite foram similares entre os tratamentos utilizados ($P > 0,10$), sendo observado, em média, teor de 4,71%. Chiou et al. (1997) não detectaram diferenças no teor e produção de lactose no leite de animais alimentados com cerca de 10% de farelo de soja ou 10% de farelo de algodão.

Os animais alimentados com dietas contendo farelo de algodão produziram menor quantidade de sólidos totais no leite ($P < 0,10$), quando comparados com aquelas vacas que receberam farelo de soja (4,1 vs 4,2

kg/dia, em média, respectivamente), provavelmente em função de terem produzido menor quantidade de lactose e proteína. Houve também efeito linear decrescente, além de efeito quadrático, sobre esta variável conforme se aumentou a taxa de inclusão de farelo de algodão nas dietas ($P < 0,05$). Já para o teor de sólidos totais, observou-se efeito inverso, ou seja, aqueles animais alimentados com dietas contendo farelo de algodão produziram leite com maior ($P < 0,01$) teor de sólidos totais, quando comparados com as vacas que receberam farelo de soja. Isso ocorreu em virtude de ter sido observado nos animais que receberam farelo de algodão na dieta redução na produção de leite muito mais proeminente (queda na produção de leite de 4,1%, em média, nos animais alimentados com farelo de algodão) do que na produção de sólidos totais (queda na produção de sólidos totais no leite de 2,4%, em média, nos animais alimentados com farelo de algodão), permitindo que esse componente ficasse mais concentrado (2,1% a mais, em média, nos dois grupos alimentados com farelo de algodão). Estes resultados diferem daqueles obtidos por Chiou et al. (1997), que não detectaram diferenças no teor e produção de sólidos totais no leite de animais alimentados com cerca de 10% de farelo de soja ou 10% de farelo de algodão.

O N-uréico no plasma e no leite refletem o teor e a degradabilidade da PB da dieta, bem como a qualidade dessa proteína, haja visto que o excesso de amônia no rúmen vai para o fígado através do sistema porta-hepático para ser convertido em uréia. Parte dela passa a circular na corrente sanguínea, que irriga também a glândula mamária, podendo-se assim detectar aumentos de concentração através de análises laboratoriais do sangue e do leite. Os animais alimentados com farelo de soja como único suplemento protéico na dieta apresentaram as menores ($P < 0,01$) concentrações de N-uréico no leite (12,4 mg/dL, em média), sendo que as vacas que receberam 15% de farelo de algodão na dieta produziram teores intermediários desse componente no leite e as que receberam 30% de farelo de algodão foram as que produziram leite com maiores teores de N-uréico (ao redor de 0,6 e 2,0 mg/dL a mais, em média,

respectivamente, em comparação com o leite das vacas alimentadas com farelo de soja). Este aumento na concentração de N-uréico no leite dos animais alimentados com farelo de algodão já era de se esperar, segundo os relatórios do programa CPM-Dairy (versão 1.0), porém não na magnitude observada, como discutido mais adiante.

O aumento dos teores de farelo de algodão na dieta dos animais levou a efeito linear decrescente sobre a variação de escore de condição corporal ($P < 0,10$), bem como na variação de peso ($P < 0,05$). Os animais alimentados com farelo de algodão na dieta apresentaram menor ($P < 0,01$) ganho de peso corporal (8,8 kg, ou 51,2% a menos, em média, sob as dietas FA-15 e FA-30) do que aquelas vacas que receberam farelo de soja (18,1 kg).

A concentração plasmática de glucose foi, em média, de 56,2 mg/dL e não diferiu entre os tratamentos experimentais ($P > 0,10$).

4.3.2 Comparação dos sistemas

Pelo fato de não se dispor de dados de consumo individual, utilizou-se os dados médios dos animais de cada tratamento, ou seja, dados médios dos três subperíodos avaliados de consumo de MS, produção de leite e sua composição, escore de condição corporal, peso vivo, idade, número de lactações, número de dias transcorridos após o parto (DEL, ou dias em lactação) e dias transcorridos após a concepção com o objetivo de comparar como os modelos do NRC (2001) e do *software* CPM-Dairy (versão 1.0) foram capazes de prever os resultados obtidos.

Os dados de consumo de MS, produção de leite e concentração de nitrogênio uréico no plasma e no leite observados e os previstos pelos dois sistemas são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Comparação entre os dados observados e previstos pelos modelos do NRC (2001) e do *software* CPM-Dairy (versão 1.0) para os tratamentos testados

	Observado	ESTIMATIVAS	
		NRC (2001)	CPM-Dairy
Consumo MS (kg/dia)		valor estimado (diferença, %)	
FS	21,52	23,14 (+7,5%)	20,79 (-3,4%)
FA-15	22,26	23,18 (+4,1%)	20,80 (-6,6%)
FA-30	21,71	23,25 (+7,1%)	20,85 (-4,0%)
Produção leite (kg/dia)		EL _{lact} / PM ¹	EM / PM ²
FS	34,75	<u>37,7</u> / 40,3	<u>42,2</u> / 43,3
FA-15	33,43	<u>37,3</u> / 43,9	<u>40,0</u> / 42,9
FA-30	33,21	<u>35,5</u> / 43,4	<u>36,5</u> / 38,4
N-uréico leite (mg/dL)			
FS	12,35	n.e. ³	11 (-10,9%)
FA-15	12,95	n.e.	13 (+0,4%)
FA-30	14,36	n.e.	13 (-9,5%)
N-uréico plasma (mg/dL)			
FS	16,64	n.e.	14 (-15,9%)
FA-15	16,17	n.e.	16 (-0,5%)
FA-30	17,82	n.e.	17 (-4,6%)

Nota: FS = dieta com farelo de soja (FS), exclusivamente, como ingrediente protéico; FA-15 = dieta com 15% de farelo de algodão (FA) na MS e contendo também FS; FA-30 = dieta com 30% de FA na MS e com ausência de FS.

Valores sublinhados indicam a produção de leite conforme o fator nutricional mais restritivo, segundo o sistema em questão

¹ EL_{lact} = Energia líquida para lactação; PM = proteína metabolizável; os dados exibidos de EL_{lact} e PM referem-se às estimativas de produção de leite de acordo com a disponibilidade de EL_{lact} e PM, respectivamente, nos tratamentos em questão, segundo o modelo do NRC (2001)

² EM = energia metabolizável; PM = proteína metabolizável; os dados exibidos de EM e PM referem-se às estimativas de produção de leite de acordo com a disponibilidade de EM e PM, respectivamente, nos tratamentos em questão, segundo o modelo do *software* CPM-Dairy (versão 1.0).

³ n.e. = não estimado pelo modelo

Nota-se, através da análise dos dados da Tabela 5, que as estimativas de consumo de MS feitas pelo NRC (2001) foram maiores do que

os consumos observados, enquanto que o CPM-Dairy subestimou o consumo. Para os tratamentos FS e FA-30, os consumos estimados pelo CPM-Dairy foram muito próximos dos observados (3,4 e 4,0% abaixo do observado, respectivamente), não acontecendo o mesmo com o tratamento FA-15, que teve o consumo melhor estimado pelo NRC (2001), apesar de ter sido superestimado em 4,1%.

Os dados de produção de leite estimados com o NRC (2001) ou com o CPM-Dairy foram obtidos aplicando aos sistemas as médias dos dados observados nos respectivos experimentos de consumo de MS, composição do leite (Tabela 4), características do animal (*dados não exibidos*) e composição bromatológica dos ingredientes (Tabela 3). Para ambos os sistemas, segundo os próprios relatórios dos programas o fator mais restritivo à produção leiteira foi a disponibilidade de energia metabolizável ou líquida nas dietas, havendo proteína metabolizável suficiente para produções bem acima das observadas nos tratamentos experimentais.

Como pode ser notado na Tabela 5, tanto o NRC (2001) quanto o CPM-Dairy superestimaram as produções de leite em todos os tratamentos.

A versão atualmente disponível do *software* que acompanha o NRC (2001) ainda não apresenta estimativas de produção de N-uréico no leite e no plasma em seus relatórios. Já o CPM-Dairy, que é capaz de fazer esse tipo de estimativa, subestimou em 10,9% a concentração de N-uréico no leite dos animais alimentados com a dieta FS, foi praticamente exato nas vacas alimentadas com FA-15, e voltou a subestimar em 9,5% naquelas alimentadas com FA-30. Para as concentrações de N-uréico plasmáticas, houve subestimativas de 15,9% na concentração desse componente quando as vacas foram alimentadas com a dieta FS e de 4,6% quando alimentadas com FA-30, sendo que na dieta FA-15, o modelo do CPM-Dairy foi praticamente exato.

Tendo-se como base esse experimento, cujos dados foram usados para se checar as estimativas dos modelos do NRC (2001) e CPM-Dairy, nota-

se que muito raramente as estimativas podem ser assumidas como reais. Uma exploração mais detalhada e correta da técnica de checagem de modelos necessitaria que dados individuais dos animais fossem utilizados. Contudo, a inexistência de infra-estrutura para tal procedimento, como galpões do tipo *free-stall* dotados de unidades de alimentação individual (*Calan gates*), impedem o Depto. de Zootecnia da USP/ESALQ de realizar pesquisas desse âmbito. Assim, os dados referentes às estimativas de consumo de MS e de produção de leite obtidos com os modelos acima descritos devem ser vistos com cautela, pois não foram utilizados dados individuais e sim os valores médios por tratamento.

4.3.3 Viabilidade econômica

Em virtude dos ingredientes utilizados nas dietas de vacas leiteiras poderem sofrer consideráveis oscilações no preço com o decorrer do ano, a viabilidade da substituição do farelo de soja pelo farelo de algodão não deve ser balizada apenas pelo estudo técnico-científico, mas também pela avaliação econômica.

Como já exposto, observou-se que a substituição do farelo de soja pelo farelo de algodão nas dietas experimentais levou à menor produção de leite (efeito linear negativo, $P < 0,01$), enquanto que o consumo de MS foi ligeiramente aumentado na dieta com 15% de farelo de algodão (diferença numérica apenas, $P > 0,10$) e voltou aos mesmos patamares daqueles observados para a dieta com farelo de soja exclusivamente quando se utilizou 30% de farelo de algodão.

Com a intenção de se avaliar se realmente a substituição do farelo de soja pelo farelo de algodão nas dietas das vacas leiteiras utilizadas no presente estudo também traria efeitos econômicos negativos, fez-se

levantamento dos preços mensais dos ingredientes utilizados, obtendo-se as médias anuais de preços praticados pelo mercado atacadista no ano de 2003, a fim de se proceder a avaliação econômica, como exibida na Tabela 6.

Tabela 6. Demonstrativo da viabilidade econômica do uso das dietas testadas

Variável	FS ^a		FA-15		FA-30	
	kg MS/dia	R\$/dia	kg MS/dia	R\$/dia	kg MS/dia	R\$/dia
Custo da dieta ^b	21,52	7,49	22,26	7,37	21,71	6,84
Receita do leite ^c	34,75	17,38	33,43	16,72	33,21	16,61
Receita líquida ^d		9,88		9,35		9,77

^a Tratamentos: FS = dieta com farelo de soja (FS), exclusivamente, como ingrediente protéico; FA-15 = dieta com 15% de farelo de algodão (FA) na MS e contendo também FS; FA-30 = dieta com 30% de FA na MS e com ausência de FS

^b Obtido multiplicando-se o consumo de MS observado para cada tratamento pelo custo total de cada dieta testada, adotando-se para isso o custo relativo de cada ingrediente (como detalhado no Apêndice G)

^c Obtida multiplicando-se a produção de leite observada para cada tratamento pelo valor recebido por litro de leite, assumindo-se R\$ 0,50/litro

^d Obtido com a fórmula: Receita líquida = Receita do leite - Custo da dieta

Através dos resultados obtidos no estudo de avaliação econômica, observou-se que a substituição parcial do farelo de soja por 15% de farelo de algodão nas dietas (tratamento FA-15) foi a que levou à menor receita líquida (R\$ 0,53/vaca/dia menor que a dieta FS), considerando-se o consumo de MS e a produção de leite observados no presente ensaio. Já a substituição total do farelo de soja por 30% de farelo de algodão na dieta (tratamento FA-30) levou a um resultado econômico um pouco pior que o obtido pelo uso exclusivo de farelo de soja (tratamento FS), sendo a receita líquida R\$ 0,11/dia/vaca menor.

Tabela 7. Projeção de receita líquida com o uso das dietas experimentais em função do preço atual do farelo de soja e do farelo de algodão

Preço do FS (R\$/ton MS)	FA-15		FA-30		Receita líquida com o uso da dieta (R\$/cab/dia) ^c
	Custo de oportunidade do FA (R\$/ton MS) ^a	Preço FA/FS (%)	Custo de oportunidade do FA (R\$/ton MS) ^b	Preço FA/FS (%)	
(col. A)	(col. B)	(col. C)	(col. D)	(col. E)	(col. F)
500	165	33,0	301	60,2	10,80
525	182	34,6	319	60,7	10,69
550	198	36,1	337	61,2	10,57
575	215	37,4	355	61,7	10,46
600	232	38,7	372	62,1	10,34
625	249	39,8	390	62,4	10,22
650	266	40,9	408	62,8	10,11
675	282	41,8	426	63,1	9,99
700	299	42,8	444	63,4	9,88
725	316	43,6	461	63,6	9,76
750	333	44,4	479	63,9	9,64
775	350	45,1	497	64,1	9,53
800	367	45,8	515	64,4	9,41
825	383	46,5	533	64,6	9,30
850	400	47,1	550	64,8	9,18
875	417	47,7	568	64,9	9,06
900	434	48,2	586	65,1	8,95
925	451	48,7	604	65,3	8,83

^a Preço abaixo do qual o uso do farelo de algodão (FA) torna-se atrativo, caso seja usado em substituição parcial ao farelo de soja, na dose de 15% da MS da dieta (tratamento FA-15)

^b Preço abaixo do qual o uso do farelo de algodão (FA) torna-se atrativo, caso seja usado em substituição total ao farelo de soja, na dose de 30% da MS da dieta (tratamento FA-30)

^c Para projeção de receita líquida decorrente do uso das dietas, utilizou-se a receita proveniente da produção de leite (Tabela 6) e o custo da dieta considerando-se os preços do farelo de soja e de algodão exibidos nas colunas A, B e D. Assim, a receita líquida projetada decorrente do uso da dieta FS utilizou o preço do farelo de soja exibido na coluna A. A receita líquida projetada decorrente do uso da dieta FA-15 utilizou o preço do farelo de soja exibido na coluna A e do farelo de algodão da coluna B. A receita líquida projetada decorrente do uso da dieta FA-30 utilizou o preço do farelo de algodão da coluna D. O preço dos demais ingredientes adotados na projeção de custo da dieta foram os mesmos daqueles exibidos no apêndice G.

Na Tabela 7, é exibida uma simulação onde, de acordo com o preço do farelo de soja pago pelo produtor, tem-se o custo de oportunidade do farelo de algodão, abaixo do qual a utilização desse ingrediente torna-se atrativo, mesmo que se observe menor produção de leite, pois a receita líquida se equivale ou torna-se maior do que quando se utiliza farelo de soja exclusivamente.

Considerando-se a média de preço da MS do farelo de soja no ano de 2003, que foi de R\$ 698,00/ton (Scot Consultoria ²), a receita líquida obtida com o uso do tratamento FS seria ao redor de R\$ 9,88/vaca/dia (coluna F, Tabela 7). O uso do farelo de algodão na dose de 15% da MS da dieta, em substituição parcial ao farelo de soja (tratamento FA-15), seria viável economicamente quando o preço da MS do farelo de algodão estivesse abaixo de R\$ 298,00/ton (coluna B), ou 42,7% do preço do farelo de soja (coluna C), já que nesse preço, a receita líquida obtida com a utilização da dieta FA-15 superaria a receita líquida obtida com a dieta FS (coluna F). Seguindo o mesmo raciocínio, o uso do farelo de algodão na dose de 30% da MS da dieta, em substituição total ao farelo de soja (tratamento FA-30), seria viável economicamente quando o preço da MS do farelo de algodão fosse menor que R\$ 442,00/ton (coluna D), ou 63,3% do preço do farelo de soja (coluna E), pois nesse preço, a receita líquida obtida com a utilização da dieta FA-30 superaria a receita obtida com a dieta FS (coluna F).

Em outras palavras, a Tabela 7 mostra que, de acordo com o preço de aquisição do farelo de soja (coluna A), a sua substituição parcial por farelo de algodão, na dose de 15% da MS da dieta, torna-se viável economicamente caso o preço deste último esteja abaixo dos patamares exibidos nas colunas B ou C. Analogamente, a substituição total do farelo de soja por 30% de farelo de algodão na MS da dieta torna-se economicamente viável caso o preço do farelo

² Scot Consultoria. **Boi & Companhia**, Boletim semanal, 2003.

de algodão esteja abaixo dos patamares exibidos nas colunas D ou E. Portanto, dado o preço atual do farelo de soja, caso o preço do farelo de algodão seja menor que o valor exibido na coluna B, a utilização de farelo de algodão se torna economicamente viável, tanto na dose de 15% (substituindo parcialmente o farelo de soja), quanto na dose de 30% da MS da dieta, substituindo totalmente o farelo de soja. Caso o preço do farelo de algodão esteja entre os valores exibidos na coluna B e D, a substituição completa do farelo de soja por 30% de farelo de algodão, seria economicamente viável, sendo que a substituição parcial do farelo de soja por 15% de farelo de algodão não levaria a benefício econômico. E finalmente, caso o preço do farelo de algodão esteja acima dos valores exibidos na coluna D, o seu uso se torna proibitivo economicamente, favorecendo o uso do farelo de soja.

É importante ressaltar que, nas projeções de receita líquida realizadas para o presente estudo, os dados de produção de leite e consumo de MS utilizados foram aqueles observados em cada um dos tratamentos testados (Tabela 4), enquanto que os preços assumidos na simulação foram arbitrariamente estabelecidos ou obtidos de levantamentos mensais no estado de São Paulo. Assim, essas projeções não devem ser extrapoladas para situações diferentes das aqui expostas, sendo necessário, para isso, um levantamento de preços praticados no momento em que os ingredientes serão utilizados.

4.4 Conclusões

A utilização do farelo de algodão como alternativa de substituição do farelo de soja nos teores estudados (0%, 15% e 30%) resultou em menores produções de leite e de proteína, além da perda maior escore de condição corporal dos animais.

O uso do farelo de algodão na dieta pode se tornar economicamente viável, mesmo levando à menores produções leiteiras, caso o seu preço se torne competitivo em relação ao farelo de soja.

5 ADEQUAÇÃO DO TEOR DE PROTEÍNA DEGRADÁVEL NO RÚMEN E DA PROTEÍNA METABOLIZÁVEL EM DIETAS PARA VACAS LEITEIRAS

Resumo

Neste estudo, 42 vacas Holandesas (27 primíparas e 15 múltíparas) com 130 dias em lactação, em média, foram utilizadas em delineamento em Quadrado Latino 3x3, com 14 repetições, para estudar os efeitos do aumento da proteína degradável no rúmen (PDR) ou proteína metabolizável (PM) na dieta. A dieta basal continha 16% de PB e era adequada em PDR e PM, de acordo com o NRC (2001). O teor de PB da dieta foi aumentado para 17,5% na MS, através da adição de farelo de soja e de algodão (FSFA-17,5) para elevar o teor de PM, ou através da adição de uréia (U-17,5) para elevar o teor de PDR. O consumo de MS (20,64 x 21,43 x 21,77 kg/d, para as dietas basal, FSFA-17,5 e U-17,5, respectivamente) não foram afetados ($P>0,05$) pelos tratamentos, mas o aumento do teor de PDR na dieta (U-17,5) tendeu a aumentar o consumo de MS ($P<0,15$) em relação à dieta basal. A produção de leite (28,72 x 29,74 x 28,13 kg/d) aumentou ($P<0,01$) com a elevação de PM (FSFA-17,5), mas não com a elevação de PDR (U-17,5). O teor de proteína no leite (3,09 x 3,1 x 3,06%) e a produção de proteína no leite (0,88 x 0,92 x 0,86 kg/d) aumentaram com a elevação do teor de PM na dieta. O teor e a produção de gordura no leite não foram afetados pelos tratamentos ($P>0,05$). A elevação da PDR ou PM na dieta elevaram as concentrações de nitrogênio uréico no leite (14,53 x 15,76 x 16,48 mg/dL) e no plasma (13,88 x 14,95 x 15,78 mg/dL). Concluiu-se que a elevação de PM na dieta acima das recomendações do NRC (2001) para vacas

com produções ao redor de 29 kg/d de leite aumentaram as produções de leite e de proteína no leite.

ADEQUACY OF RUMEN DEGRADABLE PROTEIN AND OF METABOLIZABLE PROTEIN FOR LACTATING DAIRY COWS

Summary

Forty two primiparous (27) and multiparous (15) lactating Holstein cows (172 days in milk) were used to study the effects of increasing rumen degradable (RDP) or metabolizable protein (MP) for lactating cows. Basal diet was 16% CP, adequate in RDP and MP according to NRC (2001). Crude protein content of diets were increased to 17.5% by feeding extra soybean meal and cottonseed meal (FSFA-17.5) to increase diet MP or extra urea (U-17.5) to increase diet RDP. Dry matter intake (20.64 x 21.43 x 21.77 kg/d, for basal, FSFA-17.5 and U-17.5, respectively) was not affected ($P > .05$) by treatments, but extra RDP (U-17.5) tended ($P < .15$) to increase it compared to basal diet. Milk (28.72 x 29.74 x 28.13 kg/d) were increased ($P < .01$) by extra MP (FSFA-17.5) but not by extra RDP (U-17.5). Milk protein content (3.09 x 3.1 x 3.06%) and yields (0.88 x 0.92 x 0.86 kg/d) were also increased ($P < .01$) by feeding extra MP. Milk fat content and yield were not affected ($P > .05$) by treatments. Increasing RDP or MP in the diets increased ($P < .01$) milk urea nitrogen (MUN) (14.53 x 15.76 x 16.48 mg/dL) and plasma urea nitrogen (PUN) (13.88 x 14.95 x 15.78 mg/dL). In conclusion, increasing diet MP content above NRC (2001) recommendations for cows producing around 29 kg/d, improved milk and milk protein yields.

5.1 Introdução

A otimização do balanço entre a síntese microbiana e a degradação protéica no rúmen de vacas leiteiras pode reduzir a excreção de componentes nitrogenados e, conseqüentemente, a perda de nitrogênio para o meio ambiente. Os novos sistemas desenvolvidos para formulação de rações para ruminantes incorporam cálculos complexos que visam estimar a síntese e degradação protéica no rúmen (Reynal & Broderick, 2003). Entretanto, para se utilizar com sucesso esses sistemas, existe a necessidade do abastecimento com informações acuradas sobre a cinética de degradação ruminal de proteína, assim como de metodologias adequadas para obtenção desses dados. Desse modo, é comum se encontrar na literatura trabalhos onde se investiga os possíveis efeitos da alimentação com quantidades extras de proteína na tentativa de se evitar possível deficiência no aporte intestinal de aminoácidos que pudesse vir a comprometer o desempenho lactacional (Broderick, 2003; Collin-Schoellen et al., 2000; Hof et al., 1994; Moorby et al., 1996; Reynal & Broderick, 2003). Contudo, o fornecimento de proteína em excesso aumenta o custo da alimentação e diminui a eficiência de utilização de nutrientes (Tamminga, 1992), além de poder interferir também na fertilidade de vacas leiteiras (Canfield et al., 1990; Rajala-Schultz et al., 2001).

Recentemente, vem recebendo atenção crescente a questão da poluição ambiental e a contribuição dos animais ruminantes nesse fato, caso não haja um correto manejo da quantidade considerável de nutrientes que tais animais excretam (principalmente nitrogênio e minerais) (Colin-Schoellen et al., 2000). Portanto, o manejo nutricional adequado pode reduzir o impacto ambiental em sistemas intensivos de produção.

Os fatores que influenciam a utilização da PB da dieta pelos animais são complexos e englobam: (a) o suprimento de quantidade suficiente de PDR que satisfaça as exigências dos microrganismos ruminais por fontes

nitrogenadas; e (b) o suprimento de quantidade suficiente de PNDR de digestibilidade intestinal adequada, com perfil de AAs complementar à proteína microbiana, de forma que as exigências de AAs absorvidos do animal sejam atendidas (Broderick, 2003).

5.1.1 Objetivos

Objetivou-se, com o presente trabalho, comparar uma dieta basal com 16% PB (adequada em proteína degradável no rúmen e em proteína metabolizável) de acordo com o NRC (2001) contra duas outras dietas contendo 17,5% PB através da adição extra de uréia (elevando-se o teor de PDR, sem alterar a proteína metabolizável) ou adição extra de farelo de soja e farelo de algodão (elevando-se a disponibilidade de proteína metabolizável e PDR) sobre a produção e composição do leite, consumo de matéria seca e parâmetros sanguíneos (nitrogênio uréico e glucose), além de procurar avaliar o modelo do NRC (2001) e de Cornell para formulação de dietas balanceadas para atender as exigências em proteína metabolizável de vacas em lactação.

5.2 Material e métodos

5.2.1 Local e animais

O trabalho foi conduzido nas instalações do Depto. de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, em Piracicaba, São Paulo. As vacas foram mantidas confinadas em "free stall", divididas em três lotes de 14 vacas cada, dentre primíparas e múltiparas. Todos os animais receberam injeções de somatotropina bovina recombinante (Lactotropin®) a cada 10 dias.

5.2.2 Tratamentos e delineamento experimental

Foram comparados três tratamentos, descritos a seguir:

Basal: dieta basal, com 16% PB;

U-17,5: dieta com 17,5% PB na MS, contendo uréia extra;

FSFA-17,5: dieta com 17,5% PB na MS, contendo farelo de soja e de algodão extras.

O tratamento basal foi formulado para ser adequado em PDR, PNDR e, conseqüentemente, em proteína metabolizável para vacas primíparas pesando 500 kg de PV, consumindo 20,5 kg de MS e produzindo 33 kg de leite, aos 160 dias de lactação. O teor de PB foi elevado para 17,5% com adição extra de uréia (U-17,5%), o que aumentou o teor de PDR da dieta, sem alterar a disponibilidade de PNDR e de proteína metabolizável. No tratamento FSFA-17,5, o teor de PB foi elevado de 16 para 17,5% com adição extra de farelo de soja e farelo de algodão, resultando em maior disponibilidade de PDR, PNDR e proteína metabolizável.

Estes tratamentos foram formulados para resultarem em dietas isoenergéticas (energia líquida para lactação) utilizando o programa que acompanha o NRC (2001), como detalhado na Tabela 1.

Tabela 1. Composição das dietas experimentais

	Tratamentos		
	Basal	FSFA-17,5	U-17,5
Ingrediente (% da MS)			
Silagem de milho	43,84	43,83	43,84
Farelo de soja	9,74	12,91	9,89
Farelo de algodão	9,74	12,91	9,89
Milho moído fino	16,42	13,42	16,03
Polpa cítrica peletizada	16,42	13,42	16,03
Uréia	0,34	-	0,83
Minerais e vitaminas ^a	2,83	2,83	2,83
Bicarbonato de sódio	0,68	0,68	0,68
Composição química ^b			
PB (% da MS)	16,0	17,5	17,5
PDR (% da MS)	10,8	11,4	12,2
PNDR (% da MS)	5,2	6,1	5,3
PM (% da MS)	10,4	11,2	10,4
EL lact (Mcal/kg MS)	1,57	1,58	1,56
NDT (% da MS)	70,7	70,3	70,3
FDN (% da MS)	31,4	31,9	31,3
FDN forragem (% da MS)	21,3	21,3	21,3
CNF (% da MS)	45,2	43,2	43,8
EE (% da MS)	3,2	3,0	3,1

^a Composição: Ca, 23,24%; P, 5,50%; K, 0,02%; Mg, 3,50%; Cl, 10,53%; Na, 7,00% ; S, 2,20%; 0,05% de monensina sódica; e (por kg) 12 mg de Co; 450 mg de Cu; 40 mg de I; 4.327 mg de Fe; 1.500 mg de Mn; 12 mg de Se; 1.800 mg de Zn; 130.000 UI de vitamina A; 75.000 UI de vitamina D; 1.000 UI de vitamina E

^b PB = proteína bruta; PDR = proteína degradável no rúmen; PNDR = proteína não degradável no rúmen; PM = proteína metabolizável; EL lact = energia líquida de lactação; NDT = nutrientes digestíveis totais; FDN = fibra em detergente neutro; CNF = carboidratos não fibrosos = (100 - PB - EE - cinzas); EE = extrato etéreo. Composição química planejada, segundo dados fornecidos pelo *software* do NRC (2001).

O delineamento estatístico utilizado foi o Quadrado Latino 3x3 com 14 repetições. Os animais foram agrupados em cada Quadrado Latino de

acordo com a produção de leite, medida durante o período pré-experimental, o número de lactações (primípara ou múltipara) e dias em lactação. Dessa forma, procurou-se, na medida do possível, manter a homogeneidade entre os animais dentro de um mesmo Quadrado Latino. A disponibilidade de animais ao início do experimento permitiu a utilização de 15 vacas múltiparas e 27 primíparas, o que totalizou cinco Quadrados Latinos de vacas múltiparas e nove de primíparas.

O período pré-experimental teve duração de 7 dias, durante o qual todas as vacas estiveram sob uma mesma dieta. A ordenha foi realizada duas vezes ao dia, às 6 e 18 horas e as produções de leite foram medidas diariamente. Ao início do experimento, os animais utilizados apresentaram médias de 31,56 (\pm 6,11) kg de leite/dia, 171,9 (\pm 68,11) dias em lactação e 575,2 (\pm 85,5) kg de peso corporal. Esses dados de produção, juntamente com outros dois critérios (dias em lactação e ordem de parição), foram utilizados para alocar os animais nos respectivos Quadrados Latinos. Ao final do presente experimento, a balança eletrônica utilizada encontrava-se queimada, o que acarretou na impossibilidade de avaliar a variação de peso vivo, conforme era pretendido.

5.2.3 Período experimental e coleta de dados

O período experimental teve a duração de 60 dias, divididos em três subperíodos de 20 dias cada. Os primeiros 10 dias de cada subperíodo serviram para adaptação dos animais às dietas experimentais, sendo a coleta dos dados efetuada nos 10 dias restantes. Todas as vacas tiveram o escore de condição corporal avaliado, 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 e 18 horas e

as produções individuais de leite registradas e amostradas nos 13^o, 15^o, 17^o e 19^o dias de cada subperíodo através de medidores modelo MARK5 (De Laval). As amostras foram coletadas durante a ordenha da tarde e, no dia seguinte, foram enviadas para análise do teor de gordura, proteína, lactose, sólidos totais e nitrogênio uréico, pelo processo de infra-vermelho junto à Clínica do Leite do Depto. de Zootecnia da USP/ESALQ.

As vacas foram alimentadas duas vezes ao dia, às 6 e 17 horas, utilizando-se vagão misturador de ração total. As sobras de alimento foram pesadas e descartadas diariamente antes do arraçoamento vespertino para fins de ajuste da quantidade a ser oferecida para que houvesse em torno de 10% de sobras.

Semanalmente, uma amostra da silagem de milho foi seca a 105°C para determinação do teor de matéria seca (MS) a fim de se proceder o ajuste da formulação das dietas.

Para fins de análise laboratorial, as amostras de silagem de milho e das dietas experimentais foram coletadas diariamente entre os dias 11 e 20 de cada subperíodo, compostas por subperíodo e congeladas a -18 °C. Após descongelamento por 12 horas, as amostras foram secas em estufas de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas (Silva, 1990), moídas em moínho tipo “Wiley” provido de peneira de 1 mm e analisadas para determinação de matéria seca, cinzas e proteína bruta de acordo com o AOAC (1990), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de acordo com os métodos propostos por Van Soest et al. (1991) e adaptado para o aparelho ANKOM²⁰⁰ (ANKOM²⁰⁰ Fiber Analyzer, ANKOM Technology Corporation, Fairport, NY, USA).

As amostras de sangue foram coletadas quatro horas após o fornecimento matinal de alimentos em tubos contendo antiglicolítico e anticoagulante no último dia de cada subperíodo experimental, utilizando-se para tal os animais pertencentes aos seis Quadrados Latinos de maior

produção leiteira. O critério para escolha das vacas levou em consideração única e exclusivamente a média de produção de leite dos três primeiros controles leiteiros do 1º subperíodo experimental, isto é, coletou-se o sangue dos animais pertencentes aos seis Quadrados Latinos de maior produção, sendo três de primíparas e três de múltíparas. Definidas as vacas a serem utilizadas no 1º subperíodo, as coletas de sangue foram realizadas nos mesmos animais durante os demais subperíodos. As amostras foram centrifugadas a 3.000 x g e o plasma obtido permaneceu congelado a -10 °C, acondicionado em duplicata em tubos tipo “ependorf”. Um dos tubos foi utilizado para análise da concentração plasmática de glicose, utilizando-se analisador bioquímico YSI 2700-S BioChem (Yellow Springs Instrument Co. Inc., Ohio, EUA). O outro tubo foi enviado para um laboratório comercial para se determinar a concentração de nitrogênio uréico no plasma, através da utilização de kit comercial Sigma N-535 (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, EUA).

5.2.4 Cálculos e equações

Para a avaliação dos sistemas de formulação de dietas foi necessário abastecer os programas com os dados de composição do alimento conforme a exigência de cada *software*. Os resultados das análises laboratoriais de nitrogênio insolúvel no FDN e nitrogênio insolúvel no FDA foram utilizados para se obter as frações C e B₃:

$$C = PIDA$$

, onde PIDA é a proteína insolúvel em FDA, expressa em % da proteína bruta;
 PIDA = nitrogênio insolúvel em FDA x 6,25

$$B_3 = PIDN - PIDA$$

, onde PIDN é a proteína insolúvel em FDN, expressa em % da proteína bruta;
 PIDN = nitrogênio insolúvel em FDN x 6,25

Quando não se realizou análises laboratoriais de nitrogênio insolúvel no FDN e nitrogênio insolúvel no FDA, adotou-se valores sugeridos para o ingrediente pela biblioteca de alimentos tropicais do CNCPS.

Para obtenção dos valores A e B₁, utilizou-se dados da biblioteca tropical de ingredientes do CNCPS. Assim, tem-se:

$$A = NNP \times P_{SOL}$$

, onde *NNP* é o teor de nitrogênio não protéico, expresso em % da proteína solúvel; *P_{SOL}* é o teor de proteína solúvel, expresso em % da proteína bruta

$$B_1 = P_{SOL} - NNP$$

, onde *P_{SOL}* e *NNP* são expressos em % da proteína bruta

Por diferença, chegou-se ao valor da fração B₂:

$$B_2 = 100 - (A + B_1 + B_3 + C)$$

As frações A e C do CNCPS obtidas foram usada no NRC (2001). Diferentemente do CNCPS, que subdivide a fração B em três porções, o NRC (2001) tem apenas uma única fração B:

$$B = 100 - (A + C)$$

ou

$$B_{NRC} = B_1 + B_2 + B_3$$

Obtidas as frações, calculou-se as proporções de PDR e PNDR na proteína bruta, adotando-se as taxas de degradação (*K_d*) das frações B₁, B₂ e B₃ sugeridas pela biblioteca de ingredientes tropicais do CNCPS e a taxa de

passagem (K_p) sugerida pelo NRC (2001), após abastecer o programa com dados do animal usado e das quantidades consumidas de cada ingrediente no presente experimento:

$$PDR_{CNCPS} = A + B_1 [K_{d1}/(K_{d1} + K_p)] + B_2 [K_{d2}/(K_{d2} + K_p)] + B_3 [K_{d3}/(K_{d3} + K_p)]$$

$$PNDR_{CNCPS} = B_1 [K_p/(K_{d1} + K_p)] + B_2 [K_p/(K_{d2} + K_p)] + B_3 [K_p/(K_{d3} + K_p)] + C$$

Vale frisar que, para se calcular a PDR e a PNDR, não há necessidade de se conhecer as taxas de degradação das frações A e C, ou seja, assume-se que toda a fração A contribui para compor a PDR e toda a fração C contribui para compor a PNDR. Entretanto, a taxa de degradação da fração B deverá ser conhecida e, para tal fim, utilizou-se as seguintes deduções matemáticas para se chegar a esse valor, necessário para abastecer o NRC (2001):

$$PDR_{CNCPS} = PDR_{NRC}$$

$$A + B [K_d/(K_d + K_p)] = PDR_{CNCPS}$$

$$B [K_d/(K_d + K_p)] = PDR_{CNCPS} - A$$

$$K_d/(K_d + K_p) = (PDR_{CNCPS} - A) / B$$

$$(K_d + K_p) / K_d = B / (PDR_{CNCPS} - A)$$

$$K_d / K_d + K_p / K_d = B / (PDR_{CNCPS} - A)$$

$$1 + K_p / K_d = B / (PDR_{CNCPS} - A)$$

$$K_p / K_d = [B / (PDR_{CNCPS} - A)] - 1$$

$$K_p / K_d = [B / (PDR_{CNCPS} - A)] - [(PDR_{CNCPS} - A) / (PDR_{CNCPS} - A)]$$

$$K_p / K_d = (B - PDR_{CNCPS} + A) / (PDR_{CNCPS} - A)$$

$$K_d = [(PDR_{CNCPS} - A) / (B - PDR_{CNCPS} + A)] \cdot K_p$$

Procurou-se, assim, fazer com que as estimativas de desempenho animal de cada sistema fossem baseadas em características de degradação protéica similares.

5.2.5 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística através do PROC GLM do pacote estatístico SAS 6.11 (SAS, 1991). À exceção das demais variáveis, para a análise de consumo de MS, cada grupo (baia) de vacas em um tratamento foi considerado como sendo a unidade experimental e a análise feita como se fosse um único Quadrado Latino, pois as instalações não permitiam a obtenção de dados individuais de consumo, mas somente em grupo.

Na Tabela 2, é mostrado o quadro resumido do esquema de análise de variância utilizado nas variáveis respostas submetidas ao delineamento em Quadrado Latino simples e com repetições, segundo Pimentel Gomes (2000).

A interação Repetição x Tratamento foi inicialmente avaliada, mas ela foi retirada do modelo estatístico por não ter apresentado significância ($P > 0,10$).

Durante a análise da variância, utilizou-se o nível de 5% de probabilidade como significativo e até 15% como tendência. Quando houve efeito de tratamento, fez-se o desdobramento da análise estatística, utilizando-se o teste de Tukey para fins de comparação entre médias, onde foram considerados os mesmos níveis de probabilidade mencionados na análise de variância. Todas as médias foram obtidas usando-se o método dos quadrados mínimos (LSMEANS).

Tabela 2. Resumo esquemático da análise de variância

Causas de Variação	GL¹	GL²	GL³
Repetições	13	6	-
Baia	-	-	2
Vaca dentro de repetição	28	12	-
Período	-	-	2
Período dentro de repetição	28	12	-
Tratamento	2	2	2
Resíduo	54	22	2
Total	125	53	8

Nota: Causas de variação que não possuem valores de graus de liberdade (indicados por hífen) não foram contemplados no modelo matemático

¹ Graus de liberdade associados à análise das seguintes variáveis respostas: produção de leite, componentes do leite e variação de escore de condição corporal (total de 42 animais e 14 repetições)

² Graus de liberdade associados à análise das seguintes variáveis respostas: glicose e nitrogênio uréico no plasma (total de 18 animais e 6 repetições)

³ Graus de liberdade associados à análise do consumo de MS (Quadrado Latino simples 3x3)

Todos os dados foram testados para se verificar a distribuição normal dos erros, utilizando-se o PROC UNIVARIATE (SAS, 1991). Os dados que apresentaram erros fora do intervalo entre ± 3 desvios foram arbitrariamente descartados da análise estatística.

5.3 Resultados e discussão

5.3.1 Composição química das dietas, consumo alimentar e desempenho

Os resultados da análise química das dietas utilizadas no presente trabalho, bem como de alguns ingredientes que as compunham, são exibidos na Tabela 3.

Através das análises laboratoriais das dietas oferecidas aos animais,

foi possível inferir que, tanto os teores protéicos, quanto os energéticos (NDT), ficaram muito próximos daqueles teores planejados para o presente ensaio (Tabela 1).

Tabela 3. Composição química, em porcentagem da MS, das dietas experimentais e de alguns ingredientes utilizados

Amostra ¹	MS ⁴	PB	FB	EE	MM	ENN	NDT	FDA	FDN	Lig
Silagem milho ²	28,29	7,13	24,89	2,73	4,35	60,90	65,46	29,71	48,51	3,64
Farelo algodão ³	89,37	43,75	15,34	3,12	6,80	30,99	66,94	22,37	32,11	7,77
Dieta Basal	45,83	15,94	-	2,68	4,51	-	70,21	19,35	30,32	2,88
Dieta FSFA-17,5	45,85	17,48	-	2,66	4,69	-	69,96	19,79	30,84	3,08
Dieta U-17,5	45,85	17,39	-	2,66	4,50	-	69,78	19,32	30,27	2,88

¹ Dietas: Basal = 16% de PB na dieta; FSFA-17,5 = 17,5% de PB na dieta, com farelo de soja e farelo de algodão extras; U-17,5 = 17,5% de PB na dieta, com uréia extra.

² Nitrogênio total = 1,14% da MS; Nitrogênio insolúvel em FDA = 9,66% do nitrogênio total; Nitrogênio insolúvel em FDN = 18,29% do nitrogênio total.

³ Nitrogênio total = 7,00% da MS; Nitrogênio insolúvel em FDA = 3,05% do nitrogênio total; Nitrogênio insolúvel em FDN = 4,79 % do nitrogênio total.

⁴ MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FB = fibra bruta; EE = extrato etéreo; MM = matéria mineral; ENN = extrativo não nitrogenado; NDT = nutrientes digestíveis totais; FDA = fibra em detergente ácido; FDN = fibra em detergente neutro. Valores de NDT estimados através do NRC (2001).

Os dados obtidos de consumo de MS, produção de leite, bem como de seus componentes, variação de escore de condição corporal e parâmetros sanguíneos são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Consumo de MS, produção e composição do leite, variação de escore de condição corporal e parâmetros sanguíneos conforme os tratamentos testados

Variável ¹	Tratamentos ²			EPM ³	P ⁴
	BASAL	FSFA-17,5	U-17,5		
Consumo MS, kg/dia	20,64 ^B	21,43 ^{AB}	21,77 ^A	0,23	< 0,15
Produção leite, kg/dia	28,72 ^b	29,74 ^a	28,13 ^b	0,21	< 0,01
LCG-3,5% , kg/dia	27,06 ^b	28,32 ^a	27,31 ^{ab}	0,36	< 0,05
Eficiência LCG	1,31 ^{ab}	1,32 ^a	1,26 ^b	0,02	< 0,05
Gordura, %	3,16	3,24	3,29	0,05	NS
, kg/dia	0,90 ^B	0,95 ^A	0,92 ^{AB}	0,02	< 0,10
Proteína, %	3,09 ^a	3,10 ^a	3,06 ^b	0,01	< 0,01
, kg/dia	0,88 ^b	0,92 ^a	0,86 ^b	0,01	< 0,01
Relação gord/prot	1,02 ^B	1,05 ^{AB}	1,06 ^A	0,02	< 0,15
Lactose, %	4,66 ^{AB}	4,68 ^A	4,65 ^B	0,01	< 0,15
, kg/dia	1,34 ^b	1,40 ^a	1,32 ^b	0,01	< 0,01
Sólidos totais, %	11,70	11,82	11,78	0,04	NS
, kg/dia	3,35 ^b	3,50 ^a	3,33 ^b	0,03	< 0,01
N-uréico leite, mg/dL	14,53 ^c	15,76 ^b	16,48 ^a	0,14	< 0,01
Variação de ECC, pontos	-0,04 ^b	-0,05 ^b	+0,09 ^a	0,03	< 0,01
, %	-1,15 ^b	-1,62 ^b	+2,91 ^a	0,99	< 0,01
Plasma					
N-uréico, mg/dL	13,88 ^c	14,95 ^b	15,78 ^a	0,22	< 0,01
Glucose, mg/dL	60,61	61,53	62,26	0,69	NS

¹ LCG-3,5% = produção de leite corrigida para 3,5% de gordura; Eficiência LCG = (kg LCG-3,5% / kg MS consumida); N = nitrogênio; ECC = escore de condição corporal

² Os valores exibidos representam médias obtidas pelo método dos quadrados mínimos. Tratamentos: Basal = 16% de PB na dieta; FSFA-17,5 = 17,5% de PB na dieta, com farelo de soja e farelo de algodão extras; U-17,5 = 17,5% de PB na dieta, com uréia extra.

³ EPM = erro padrão da média

⁴ Probabilidade do teste F

^{abc} médias na mesma linha seguidas de letras minúsculas distintas diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey

^{ABC} médias na mesma linha seguidas de letras maiúsculas distintas diferem entre si a 15% de significância pelo teste de Tukey

O consumo de MS nos animais recebendo a dieta basal foi menor ($P < 0,14$) do que nos animais alimentados com a dieta U-17,5 (5,2%, ou 1,1 kg/dia a menos), não diferindo, contudo, nos animais que receberam a dieta FSFA-17,5 (3,7%, ou 0,8 kg/dia a menos). Esses resultados foram concordantes com aqueles obtidos por Reynal & Broderick (2003) e Broderick (2003).

Reynal & Broderick (2003) observaram menor consumo alimentar (7,7%, ou 1,8 kg/dia a menos) nos animais que receberam dieta basal (16% PB) do que em animais que receberam dieta contendo 19% PB (PB extra proveniente de farelo de soja). Em estudo onde o farelo de soja substituiu parcialmente a silagem de grão úmido de milho em doses progressivas de 4,4% da MS total, perfazendo-se assim dietas contendo teores crescentes de PB (15,1, 16,7 e 18,4% PB na MS), Broderick (2003) observou efeito linear crescente no consumo de MS com o aumento no teor protéico da dieta (aumento de 0,9 e 1,4 kg/dia para as dietas contendo 16,7 e 18,4%, respectivamente, em comparação com a dieta que continha 15,1% PB). Kaim et al. (1987) observaram que o efeito do teor de PB da dieta sobre o consumo de MS depende da composição da dieta, i.e., em dietas com altas proporções de concentrado (85%), o aumento do teor protéico (PB) leva a reduções no consumo. Já Hof et al. (1994) não observaram qualquer variação no consumo quando forneceram proteína digestível no intestino variando entre 80% e 120% do exigido. Davidson et al. (2003), ao formularem dietas para atender proporções similares de lisina e metionina de 3,5:1 para serem absorvidas no intestino delgado, também não observaram qualquer efeito da variação do teor protéico (entre 16,5 e 19,4% de PB na MS) e de PNDR (entre 5,94 e 7,76% da MS, ou entre 34 e 46% da PB) sobre o consumo de MS, que variou entre 22,9 e 24,1 kg/dia. Um maior consumo alimentar com teores mais elevados de proteína na dieta, quando ocorre, se deve de modo geral à maior atividade fermentativa no rúmen, gerando maior produção de proteína microbiana e maior produção de AGVs (Edwards et al., 1980; Huber & Kung Jr., 1981; Imaizumi et

al., 2002; Kung Jr. & Huber, 1983).

Considerando-se a eficiência alimentar como sendo a divisão entre LCG-3,5 e consumo MS, observa-se através da Tabela 4 que os animais que consumiram a dieta FSFA-17,5 foram mais eficientes ($P < 0,05$) que aqueles que consumiram U-17,5, não diferindo, no entanto, daqueles que consumiram a dieta basal. A similaridade entre as eficiências alimentares dos animais que receberam a dieta basal, comparadas às dos animais que receberam as dietas com 17,5% de PB (FSFA-17,5 e U-17,5), sugere que o pequeno aumento na produção de LCG-3,5 observado nas vacas recebendo FSFA-17,5 (estatisticamente maior) e U-17,5 (numericamente maior) foi devido, pelo menos em parte, ao aumento no consumo de MS.

O aumento na produção de leite conforme o incremento no fornecimento de proteína metabolizável é consistente com alguns resultados encontrados na literatura (Broderick, 2003; Collin-Schoellen et al., 2000; Hof et al., 1994; Moorby et al., 1996; Reynal & Broderick, 2003), porém discorda de outros (Davidson et al., 2003). Broderick (2003), ao substituir parcialmente a silagem de grão úmido de milho por farelo de soja, de forma a obter dietas contendo teores crescentes de PB (15,1, 16,7 e 18,4% PB na MS), observou aumento na produção de leite (de 1,1 kg/dia, ou 3,3%) e de LCG-3,5 (de 1,5 kg/dia, ou 4,5%) somente com o primeiro incremento protéico (de 15,1 para 16,7% de PB), sendo que no segundo incremento, i.e., de 16,7 para 18,4% de PB, a produção de leite foi similar.

Reynal & Broderick (2003) observaram produções em torno de 3,6 kg/dia (ou 10,9%) a mais de leite e 5,2 kg/dia (ou 14,9%) a mais de LCG-3,5% nos animais que receberam incremento no teor de PB através de farelo de soja (dieta contendo 19% PB, com 8,8% de farelo de soja e 2% de uréia), quando comparado a vacas que receberam dieta basal (16% PB, com 2% de uréia constituindo o único suplemento protéico). Já Davidson et al. (2003) não observaram qualquer efeito da variação do teor protéico (entre 16,5 e 19,4% de

PB na MS) e de PNDR (entre 5,94 e 7,76% da MS, ou entre 34 e 46% da PB) sobre as produções de leite (entre 33,0 e 35,3 kg/dia) e de leite corrigido para 4% de gordura (entre 29,2 e 31,8 kg/dia), sendo que as dietas testadas foram formuladas de forma a atender proporções similares de lisina e metionina de 3,5:1 para serem absorvidas no intestino delgado, não havendo, portanto, confundimento de efeitos entre suprimento de aminoácidos e teores de PB e PNDR da dieta.

Houve tendência ($P=0,08$) de maior produção de gordura no leite (50 g/dia, ou 5,6% a mais) naquelas vacas que receberam FSFA-17,5 em relação às que receberam a dieta basal, não diferindo, no entanto, das alimentadas com U-17,5 (30 g/dia, ou 3,2% a mais). Esse fato, aliado à maior produção de leite ($P<0,01$), fizeram com que o teor de gordura no leite fosse numericamente (porém não estatisticamente, $P=0,175$) maior naqueles animais que foram alimentados com FSFA-17,5, quando comparados com aqueles que receberam a dieta basal.

Apesar de não detectarem alterações no teor de gordura, Reynal & Broderick (2003) observaram maiores produções de gordura no leite (180 g/dia, ou 15,2% a mais) naqueles animais que receberam incremento no teor protéico da dieta, que passou de 16 para 19% de PB na MS, através da adição de farelo de soja.

Broderick (2003), ao testarem três teores de PB na dieta (15,1, 16,7 e 18,4% PB na MS), substituindo parcialmente a silagem de grão úmido de milho por farelo de soja, observou aumento médio de 80 g/dia (ou 7%) nas vacas alimentadas com a dieta com 16,7% de PB e de 50 g/dia (ou 4,3%) nas alimentadas com a dieta contendo 18,4% de PB, quando comparadas com as produções médias de gordura no leite das vacas que receberam dieta com o menor teor protéico. Já Davidson et al. (2003), ao fornecerem dietas formuladas para atenderem proporções similares de lisina e metionina de 3,5:1 para serem absorvidas no intestino delgado, não detectaram efeito da variação do teor

protéico (entre 16,5 e 19,4% de PB na MS) e de PNDR (entre 5,94 e 7,76% da MS, ou entre 34 e 46% da PB) sobre a produção e teor de gordura no leite, que variaram, respectivamente, entre 1,05 e 1,18 kg/dia e entre 3,05 e 3,42%.

Vacas alimentadas com a dieta U-17,5 apresentaram o menor ($P<0,01$) teor protéico no leite (0,035 pontos percentuais a menos, em média), sendo que não se detectou diferença significativa entre os tratamentos basal e FSFA-17,5. As dietas basal e U-17,5 levaram a menores ($P<0,01$) produções de proteína no leite, sendo 40 (ou 4,3%) e 60 g/dia (ou 6,5%) a menos, respectivamente, em comparação com os animais alimentados com a dieta FSFA-17,5. Reynal & Broderick (2003), apesar de não terem detectado alterações no teor protéico, observaram resposta positiva na produção de proteína no leite (160 g/dia, ou 16,8% a mais) naqueles animais que receberam incremento no teor protéico da dieta, que passou de 16% para 19% de PB na MS, através da adição de farelo de soja. Já Davidson et al. (2003), ao utilizarem dietas formuladas para atender proporções similares de lisina e metionina de 3,5:1 para serem absorvidas no intestino delgado, não observaram efeito da variação do teor protéico (entre 16,5 e 19,4% de PB na MS) e de PNDR (entre 5,94 e 7,76% da MS, ou entre 34 e 46% da PB) sobre a produção e teor de proteína no leite, que variaram, respectivamente, entre 0,98 e 1,09 kg/dia e entre 3,01 e 3,11%. No presente ensaio, as menores produções de proteína no leite de animais alimentados com as dietas mencionadas se deveu, provavelmente, à menor disponibilidade de proteína metabolizável das dietas (Tabela 1).

O N-uréico no plasma e no leite refletem o conteúdo de PB da dieta, bem como a qualidade dessa proteína, haja visto que o excesso de amônia no rúmen vai para o fígado através do sistema porta-hepático para ser convertido em uréia. Como se trata de componente solúvel em água, parte dela passa a circular na corrente sangüínea, que irriga também a glândula mamária, podendo-se assim detectar aumentos de concentração através de análises

laboratoriais do sangue e do leite. As concentrações de nitrogênio uréico no leite e no plasma foram menores ($P < 0,01$, para ambas) naqueles animais que receberam a dieta basal, intermediárias nas que receberam FSFA-17,5 e maiores nas alimentadas com U-17,5, resultados estes consistentes com a disponibilidade de PDR das dietas e também com o aumento no teor de PB da dieta (Tabelas 1 e 3). Este aumento na concentração de nitrogênio uréico no leite também foi observado por outros autores (Baker et al., 1995; Colin-Schoellen et al., 2000; Davidson et al., 2003; Sutton, 1996). Apesar de Reynal & Broderick (2003) não terem medido a concentração no leite de N-uréico, eles observaram aumento na concentração sangüínea de N-uréico (0,81 mM, ou 9% a mais) e na concentração ruminal de N-NH₃ (3,2 mM, ou 40,3% a mais) naqueles animais que receberam incremento no teor protéico da dieta, que passou de 16% para 19% de PB na MS, através da adição de farelo de soja.

Broderick & Clayton (1997) fizeram importante observação, onde afirmam que a concentração de uréia no sangue possui alta correlação com a concentração de uréia no leite, apesar de, com amônia ruminal, o índice de correlação apresentar valores baixos. Segundo Broderick et al. (1993), concentrações sangüíneas de N-uréico inferiores a 4 mM (ou inferiores a 11 mg de N/dL) indicam ocorrência de limitação de PDR na dieta, o que não ocorreu no presente trabalho, haja visto os valores observados (entre 13,88 e 15,78 mg/dL).

Não houve efeito ($P = 0,25$) da dieta sobre a concentração plasmática de glucose.

Mesmo os novos sistemas de formulação de rações disponíveis atualmente (AFRC, 1992; Sniffen et al., 1992; NRC, 2001) tendo incorporado cálculos complexos para estimar a síntese e degradação protéica no rúmen, a falta de informações acuradas sobre a cinética de degradação protéica no rúmen, bem como de metodologias adequadas para obtenção desses dados, leva a freqüentes insucessos na aplicação de tais sistemas, sendo comum,

muitas vezes, adotar-se a rotina de alimentar os animais com quantidades extras de proteína na tentativa de se evitar possível deficiência no aporte intestinal de aminoácidos que pudesse vir a comprometer o desempenho lactacional (Reynal & Broderick, 2003).

Os resultados obtidos no presente experimento levam a crer que, apesar das dietas basal e U-17,5 aparentemente terem fornecido quantidades suficientes de proteína metabolizável e a dieta FSFA-17,5 excesso de proteína metabolizável, de acordo com o *software* que acompanha o NRC (2001), as dietas basal e U-17,5 provavelmente vieram a apresentar deficiência de proteína metabolizável e/ou aporte de aminoácidos desbalanceados no intestino delgado, fazendo com que animais alimentados com essas dietas produzissem menor quantidade de leite e de proteína no leite que o tratamento FSFA-17,5.

5.3.2 Comparação dos sistemas

Pelo fato de não se dispor de dados de consumo individual, utilizou-se os dados médios dos animais de cada tratamento, ou seja, dados médios dos três subperíodos avaliados de consumo de MS, produção de leite e sua composição, condição corporal, peso vivo, idade, número de lactações, número de dias transcorridos após o parto (DEL, ou dias em lactação), dias transcorridos após a concepção e análises bromatológicas dos ingredientes com o objetivo de comparar como os modelos do NRC (2001) e do *software* CPM-dairy (versão 1.0) foram capazes de prever os resultados obtidos.

Os dados de consumo de MS, produção de leite e concentração de nitrogênio uréico no plasma e no leite observados e os previstos pelos dois sistemas são apresentados na Tabela 5.

Nota-se que o CPM-Dairy subestimou consideravelmente o consumo alimentar (de 11,7 a 16,3%) em relação aos dados observados. Na dieta basal,

o NRC (2001) chegou a ser praticamente exato em sua estimativa de consumo de MS, enquanto que nas outras dietas com maiores teores protéicos, as estimativas realizadas pelo modelo foram 2,5% menor no tratamento FSFA-17,5 e 6,1% menor no tratamento U-17,5.

Os dados de produção de leite estimados com o NRC (2001) ou com o CPM-Dairy foram obtidos aplicando aos sistemas as médias dos dados observados de consumo de MS, composição do leite (Tabela 4), características do animal (*dados não exibidos*) e análises bromatológicas (Tabela 3).

Tabela 5. Comparação entre os dados observados e previstos pelos modelos do NRC (2001) e do *software* CPM-Dairy (versão 1.0) para os tratamentos testados

	Observado	ESTIMATIVAS	
		NRC (2001)	CPM-Dairy
Consumo MS (kg/dia)		valor estimado (diferença, %)	
Basal	20,64	20,49 (-0,7%)	18,23 (-11,7%)
FSFA-17,5	21,43	20,89 (-2,5%)	18,24 (-14,9%)
U-17,5	21,77	20,45 (-6,1%)	18,23 (-16,3%)
Produção leite (kg/dia)		EL _{lact} / PM ¹	EM / PM ²
Basal	28,72	<u>35,2</u> / 35,6	<u>37,9</u> / 40,2
FSFA-17,5	29,74	<u>36,9</u> / 40,7	<u>39,0</u> / 43,1
U-17,5	28,13	<u>36,8</u> / 38,2	<u>39,3</u> / 43,1
N-urético leite (mg/dL)			
Basal	14,53	n.e. ³	11 (-24,3%)
FSFA-17,5	15,76	n.e.	14 (-11,2%)
U-17,5	16,48	n.e.	14 (-15,0%)
N-urético plasma (mg/dL)			
Basal	13,88	n.e.	14 (+0,9%)
FSFA-17,5	14,95	n.e.	18 (+20,4%)
U-17,5	15,78	n.e.	17 (+7,7%)

Nota: Tratamentos: Basal = 16% de PB na dieta; FSFA-17,5 = 17,5% de PB na dieta, com farelo de soja e farelo de algodão extras; U-17,5 = 17,5% de PB na dieta, com uréia extra.

Valores sublinhados indicam a produção de leite conforme o fator nutricional mais restritivo, segundo o sistema em questão

¹ EL_{lact} = Energia líquida para lactação; PM = proteína metabolizável; os dados exibidos de EL_{lact} e PM referem-se às estimativas de produção de leite de acordo com a disponibilidade de EL_{lact} e PM, respectivamente, nos tratamentos em questão, segundo o modelo do NRC (2001)

² EM = energia metabolizável; PM = proteína metabolizável; os dados exibidos de EM e PM referem-se às estimativas de produção de leite de acordo com a disponibilidade de EM e PM, respectivamente, nos tratamentos em questão, segundo o modelo do *software* CPM-Dairy (versão 1.0).

³ n.e. = não estimado pelo modelo

Ambos os sistemas avaliados superestimaram as produções leiteiras, independentemente dos tratamentos, sendo que as estimativas do modelo do

CPM-Dairy foram 32, 31,1 e 39,7% acima das produções observadas nos tratamentos basal, FSFA-17,5 e U-17,5, respectivamente, enquanto que o NRC (2001) superestimou as produções leiteiras em 22,6, 24,1 e 30,8%, respectivamente, nos animais alimentados com as dietas basal, FSFA-17,5 e U-17,5. Para ambos os sistemas, segundo os próprios relatórios dos programas, o fator mais restritivo à produção foi a disponibilidade de energia metabolizável ou energia líquida para lactação nas dietas, havendo proteína metabolizável suficiente para produções bem acima das observadas nos tratamentos testados.

Um maior consumo alimentar com teores mais elevados de proteína na dieta, quando ocorre, deve-se, de modo geral, à maior atividade fermentativa no rúmen, gerando maior produção de proteína microbiana e maior produção de AGV, o que levaria também ao aumento na produção de leite (Edwards et al., 1980; Huber & Kung Jr., 1981; Kung Jr. & Huber, 1983). No presente ensaio, apesar de realmente ter havido aumento no consumo de MS de animais alimentados com o tratamento U-17,5, quando comparado com o consumo daqueles que receberam a dieta basal, o aumento no fornecimento de PB e PDR não foi suficiente para levar ao aumento na produção, sendo necessário também aumentar o fornecimento de proteína metabolizável (FSFA-17,5) para que se observasse resposta em produção (Tabela 4).

A versão atualmente disponível do *software* que acompanha o NRC (2001) ainda não apresenta estimativas de produção de N-uréico no leite e no plasma em seus relatórios. Já o CPM-Dairy, que apresenta tais estimativas, subestimou (de 11,2 a 24,3%) a concentração de N-uréico no leite.

Em se tratando de N-uréico no plasma, o CPM-Dairy superestimou em 20,4 e 7,7% as concentrações desse componente nos animais que receberam as dietas FSFA-17,5 e U-17,5, respectivamente, sendo praticamente exato na estimativa para a dieta basal. Isso se deveu, provavelmente ao balanço de peptídeos disponível no rúmen pois, segundo os relatórios do

programa, a dieta basal forneceu 10% acima da quantidade necessária de peptídeos, enquanto que nas dietas FSFS-17,5 e U-17,5 houve fornecimento de 44% e 11% acima do necessário. Dessa forma, quando foram fornecidas dietas adequadas (sem excesso de peptídeos, i.e., dietas basal e U-17,5), o CPM-Dairy foi capaz de estimar com certo grau de acurácia as concentrações de N-uréico no plasma dos animais experimentais.

Tendo-se como base esse experimento, cujos dados foram usados para se checar as estimativas dos modelos do NRC (2001) e CPM-Dairy, nota-se que muito raramente as estimativas podem ser assumidas como reais. Uma exploração mais detalhada e correta da técnica de checagem de modelos necessitaria que dados individuais dos animais fossem utilizados. Entretanto, a inexistência de infra-estrutura para tal procedimento, como galpões do tipo *free-stall* dotados de unidades de alimentação individual (*Calan gates*), impedem o Depto. de Zootecnia da USP/ESALQ de realizar pesquisas desse âmbito, fazendo com que os dados referentes às estimativas de consumo de MS e de produção de leite obtidos com os modelos acima descritos devam ser vistos com reservas, pois não foram utilizados dados individuais e sim os valores médios por tratamento.

5.4 Conclusões

A suplementação de proteína metabolizável acima da recomendada pelo NRC (2001) através do fornecimento adicional de farelo de soja e de algodão, elevando o teor de PB da dieta controle de 16 para 17,5%, melhorou o desempenho de vacas leiteiras produzindo ao redor de 29 kg de leite/dia.

6 SUBSTITUIÇÃO DO FARELO DE SOJA POR RESÍDUO ÚMIDO DE CERVEJARIA OU URÉIA NA DIETA DE VACAS EM LACTAÇÃO

Resumo

Dois ensaios foram conduzidos para avaliar o desempenho de vacas leiteiras confinadas. No primeiro ensaio, 39 vacas com 169 dias em lactação (24 primíparas e 15 multíparas) foram utilizadas em delineamento em Quadrado Latino 4x4 replicado. Os tratamentos usados foram: 0 (RUC-0), 10 (RUC-10) ou 20% (RUC-20) de resíduo úmido de cervejaria incluídos na dieta (base seca). O concentrado na dieta RUC-0 continha farelo de soja, uréia, milho moído fino, polpa cítrica e suplemento mineral e vitamínico. No tratamento RUC-10, o resíduo úmido de cervejaria substituiu parte do farelo de soja, milho e polpa cítrica. No tratamento RUC-20, o resíduo úmido de cervejaria substituiu 10% do concentrado e 10% da silagem de milho da dieta RUC-0. Todas as três dietas eram isonitrogenadas e continham em torno de 1% de uréia na MS. Uma quarta dieta isonitrogenada (tratamento U), com uréia adicional (2% da MS da dieta) substituindo o farelo de soja, sem resíduo úmido de cervejaria, foi comparada também. O consumo de MS (21,01 x 20,61 x 21,18 x 19,97 kg/d) para os tratamentos RUC-0, RUC-10, RUC-20 e U não diferiram estatisticamente ($P>0,05$). A produção de leite (29,55 x 29,91 x 30,94 x 28,46 kg/d), o teor de proteína (3,17 x 3,16 x 3,2 x 3,13%) e a produção diária de proteína no leite (0,93 x 0,93 x 0,98 x 0,87 kg/d) aumentaram ($P<0,05$) com a inclusão de

resíduo úmido de cervejaria e diminuíram com o fornecimento de 2% de uréia na dieta. No segundo ensaio, 42 vacas Holandesas com 245 dias em lactação (24 multíparas e 16 primíparas) foram usadas em um delineamento do tipo “change over” para comparar resíduo úmido de cervejaria recebido da indústria semanalmente contra resíduo úmido de cervejaria ensilado com milho moído. Ambos os tratamentos eram isonitrogenados e continham as mesmas proporções de milho moído e resíduo úmido de cervejaria, na base seca. O consumo de MS, produção de leite e a composição do leite (gordura e proteína) não foram afetados pelos tratamentos estudados ($P>0,05$).

REPLACING SOYBEAN MEAL BY WET BREWERS GRAINS OR UREA IN DIETS FOR LACTATING DAIRY COWS

Summary

Two trials were conducted to evaluate protein sources for lactating cows. In trial 1, 39 lactating multiparous (24) and primiparous (15) Holstein cows (169 days in milk) were used in a replicated 4x4 Latin Square design. Treatments were: 0 (RUC-0), 10 (RUC-10) or 20% (RUC-20) wet brewers grains inclusion in diet dry matter. Concentrate in the RUC-0 treatment contained soybean meal, urea, ground corn, citrus pulp and a vitamin-mineral premix. In the RUC-10 treatment, wet brewers replaced a mix of soybean meal, corn and citrus pulp. In the RUC-20 treatment, wet brewers replaced 10% of concentrate and 10% of corn silage of the RUC-0 diet. All 3 diets contained 1% urea on a DM basis and were isonitrogenous diets. A fourth isonitrogenous diet (treatment U), with additional urea (2% of diet DM) in partial replacement of soybean meal, without brewers grains, was compared too. Dry matter intake

(21.01 x 20.61 x 21.18 x 19.97 kg/d) for the RUC-0, RUC-10, RUC-20 and U treatments, were not different ($P>.05$). Milk yields (29.55 x 29.91 x 30.94 x 28.46 kg/d), milk protein contents (3.17 x 3.16 x 3.2 x 3.13%) and yields (0.93 x 0.93 x 0.98 x 0.87 kg/d) were increased ($P<.05$) by feeding wet brewers and decreased by feeding 2% urea. In trial 2, 42 lactating (24 multiparours and 16 primiparous) Holstein cows (245 days in milk) were used in a change over design to compare weekly received fresh wet brewers versus wet brewers ensiled with ground corn. Both treatments were isonitrogenous diets and contained the same proportions of ground corn and wet brewers on a dry matter basis. Dry matter intake, milk yield, milk fat content and yield and protein content and yield were not different ($P>.05$).

6.1 Introdução

Dentre os resíduos vegetais do processamento industrial, encontra-se o resíduo de cervejaria, gerado após o amido dos grãos de cereais serem removidos para a produção de álcool (DePeters et al., 1997).

Para cada tonelada de cerveja produzida, são utilizados 150 kg de grãos de cevada, resultando em cerca de 36,74 kg de MS de resíduo de cervejaria, ou seja, cerca de 25% do material utilizado no processo industrial se torna resíduo (Fadel, 1999).

A boa disponibilidade deste material em diversas localidades do país tem permitido o uso deste produto com bastante frequência em dietas para vacas leiteiras. Entretanto, a maior disponibilidade do produto ocorre durante o verão, enquanto que a maior demanda dá-se durante o inverno, motivado pela relativa ineficácia dos pecuaristas em se planejar para reservar volumosos para serem utilizados em épocas críticas do ano.

Apesar do RUC pertencer à classe dos alimentos concentrados,

análises bromatológicas do material nacional apresentam teores de FDN muitas vezes acima que os da silagem de milho. Tendo-se em vista o fato de que no Brasil não é raro ocorrer falta de planejamento no tocante à reserva e/ou conservação de alimentos para serem ofertados aos animais na época seca, o RUC poderia ser utilizado como substituto parcial do alimento volumoso.

O interesse pelo uso de resíduo da indústria cervejeira na alimentação de ruminantes como fonte potencial de alimento cresceu a partir dos meados da década de 70 (Polan et al., 1985), principalmente em relação ao resíduo natural (úmido), contendo alto teor de umidade, já que a secagem do material despende quantidade considerável de energia no processo (Pereira et al. 1998).

No entanto, o alto teor de umidade (acima de 70%) geralmente contido no material traz problemas associados ao transporte (elevação do custo de transporte por unidade de matéria seca) e conservação (susceptibilidade ao embolorecimento e apodrecimento), conforme relatado por Santos et al. (2003b). A conservação do material na forma de silagem para o aproveitamento do excedente de verão é uma alternativa possível, entretanto o baixo teor de matéria seca e de carboidratos solúveis são fatores limitantes à boa fermentação dessa silagem (McCarthy et al., 1990).

Comparado ao farelo de soja, o RUC contém menor teor de proteína bruta (e de menor degradabilidade ruminal), maior teor em FDN e menor valor energético (NRC, 2001). Segundo Merchen et al. (1979), o resíduo de cervejaria possui duas grandes potenciais vantagens como fonte de proteína para ruminantes: 1) constitui-se em fonte de proteína de lenta degradabilidade, que passa pelo rúmen em quantidades relativamente grandes; e 2) sua combinação com uréia poderia proporcionar nitrogênio (N) suficiente aos microrganismos ruminais para crescimento adequado, ao mesmo tempo que se minimiza as perdas de N pela absorção de amônia no rúmen.

Outra alternativa para se reduzir os gastos com suplemento protéico

em dietas para vacas leiteiras é o uso da uréia. Vinte e três comparações, a partir de 12 trabalhos, foram compiladas por Santos et al. (1998b) a fim de avaliar os efeitos da inclusão de uréia na dieta de vacas de alta produção em substituição parcial ou total a diversos suplementos protéicos. A inclusão de uréia na dieta foi de 0,4 a 1,8% da MS. O consumo de MS não foi afetado em 17, diminuiu em quatro e aumentou em duas comparações, enquanto a produção de leite permaneceu inalterada em 20 e diminuiu em três comparações devido à inclusão de uréia na dieta. O teor de proteína do leite não foi afetado em 17 comparações e foi aumentado em cinco. A produção média de leite foi de 32,7 kg/dia para vacas suplementadas com uréia e 33,3 kg/dia para vacas recebendo exclusivamente fontes suplementares de proteína verdadeira. Esses dados mostram que a possibilidade de baixar o custo da dieta através do uso de uréia não deve ser descartada nos rebanhos de alta produção, principalmente quando se introduz na dieta fontes ricas em PNDR.

6.1.1 Objetivos

O presente trabalho visou verificar os efeitos sobre a produção e composição do leite, consumo de matéria seca e parâmetros sanguíneos de vacas leiteiras estudadas em dois ensaios, a saber:

Experimento 1: dietas contendo resíduo úmido de cervejaria (0,10 e 20%) e uréia (1 ou 2%);

Experimento 2: dietas compostas por resíduo úmido de cervejaria ensilado com milho moído fino ou do RUC recebido semanalmente da indústria e armazenado em local com piso concretado e coberto.

6.2 Material e métodos

6.2.1 Experimento 1

O trabalho foi conduzido nas instalações do Depto. de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, em Piracicaba, São Paulo. As vacas foram mantidas confinadas em "free stall" dotado de quatro lotes (bairas) coletivos, onde foram alojadas 10 vacas em três dos lotes e nove vacas em um deles, totalizando 39 animais. Todos os animais receberam injeções de somatotropina bovina recombinante (Lactotropin®) a cada 10 dias.

Com o intuito de se testar três teores de resíduo úmido de cervejaria (zero, 10% e 20%) e dois teores de uréia na dieta (1% e 2%), o experimento foi delineado utilizando-se os quatro tratamentos a seguir:

RUC-0: sem resíduo úmido de cervejaria (RUC) e com 1% de uréia na MS;

RUC-10: 10% de RUC e com 1% de uréia na MS;

RUC-20: 20% de RUC e com 1% de uréia na MS;

U: sem RUC e com 2% de uréia na MS.

Estes tratamentos foram formulados para resultar em dietas isoprotéicas utilizando o programa CPM-Dairy (versão 1.0) e estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Composição das dietas experimentais

	Tratamentos ^a			
	RUC-0	RUC-10	RUC-20	U
Ingredientes (% da MS)				
Silagem de milho	45,26	45,26	35,00	45,27
Resíduo úmido de cervejaria	-	10,07	20,00	-
Uréia	0,92	0,92	0,92	2,00
Farelo de soja	19,00	15,80	12,77	12,00
Milho moído fino	9,62	7,33	8,45	11,59
Polpa cítrica peletizada	9,62	7,33	8,45	11,59
Raspa de mandioca	9,62	7,33	8,45	11,59
Minerais e vitaminas ^b	2,75	2,75	2,75	2,75
Bicarbonato de sódio	0,69	0,69	0,69	0,69
Sebo	2,52	2,52	2,52	2,52
Composição^c				
PB (% da MS)	16,94	16,94	16,94	16,94
PDR (% da MS)	12,57	12,07	11,45	13,35
PNDR (% da MS)	4,37	4,87	5,49	3,59
EL lactação (Mcal/kg)	1,83	1,78	1,78	1,81
FDN (% da MS)	29,28	34,43	35,79	29,12
FDN efetivo (% da MS)	20,85	22,80	20,71	20,83
CNF (% da MS)	44,04	39,07	38,02	46,39
EE (% da MS)	5,05	5,46	5,84	5,12

^a Tratamentos: RUC-0 = 0% de resíduo úmido de cervejaria (RUC) e 1% de uréia; RUC-10 = 10% de RUC e 1% de uréia; RUC-20 = 20% de RUC e 1% de uréia; U = 0% de RUC e 2% de uréia

^b Composição: Ca, 23,24%; P, 5,50%; K, 0,02%; Mg, 3,50%; Cl, 10,53%; Na, 7,00%; S, 2,20%; 0,05% de monensina sódica; e (por kg) 12 mg de Co; 450 mg de Cu; 40 mg de I; 4.327 mg de Fe; 1.500 mg de Mn; 12 mg de Se; 1.800 mg de Zn; 130.000 UI de vitamina A; 75.000 UI de vitamina D; 1.000 UI de vitamina E

^c PB = proteína bruta; PDR = proteína degradável no rúmen; PNDR = proteína não degradável no rúmen; EL = energia líquida; FDN = fibra em detergente neutro; CNF = carboidratos não fibrosos = (100 - PB - EE - cinzas); EE = extrato etéreo. (*software* CPM-Dairy, versão 1.0)

O delineamento estatístico utilizado foi o Quadrado Latino 4x4 com 10 repetições. Os animais foram agrupados em cada Quadrado Latino de acordo com a produção de leite, medida durante o período pré-experimental, o

número de lactações (primípara ou múltipara) e dias em lactação. Dessa forma, procurou-se, na medida do possível, manter a homogeneidade entre os animais dentro do mesmo Quadrado Latino. A disponibilidade de animais ao início do ensaio permitiu a utilização de 24 vacas múltiparas e 15 de primíparas, o que totalizou seis Quadrados Latinos de vacas múltiparas e quatro de primíparas (sendo um dos quadrados incompleto).

O período pré-experimental teve duração de 7 dias, durante o qual todas as vacas estiveram sob uma mesma dieta. A ordenha foi realizada duas vezes ao dia, às 6 e 18 horas e as produções de leite foram medidas diariamente. Os animais utilizados apresentaram médias de 27,4 (\pm 8,5) kg de leite/dia, 168,6 (\pm 133,8) dias em lactação e peso corporal de 541,1 (\pm 69,6) kg. Esses dados de produção, juntamente com outros dois critérios (dias em lactação e ordem de parição), foram utilizados para alocar os animais nos respectivos Quadrados Latinos.

O período experimental teve duração de 80 dias, divididos em quatro subperíodos de 20 dias cada. Os primeiros 10 dias de cada subperíodo serviram para adaptação dos animais às dietas experimentais, sendo a coleta dos dados efetuada nos 10 dias restantes. Todas as vacas foram pesadas no início e final de cada subperíodo. Realizou-se duas pesagens dos animais em dias consecutivos, antes do arraçoamento matutino, a fim de se obter o menor dos valores obtidos nas pesagens, considerando-se que a diferença no peso corporal foi decorrente do enchimento do conteúdo do trato gastrointestinal.

Os animais foram ordenhados duas vezes ao dia, às 6 e 18 horas e as produções individuais de leite registradas e amostradas nos 13^o, 16^o e 19^o dias de cada subperíodo através de medidores modelo MARK5 (De Laval). As amostras coletadas foram analisadas para teor de gordura, proteína, lactose e sólidos totais, pelo processo de infra-vermelho junto à Clínica do Leite do Depto. de Zootecnia da USP/ESALQ.

As vacas foram alimentadas duas vezes ao dia, às 6 e 17 horas e as

sobras de alimento foram pesadas e descartadas diariamente antes do arraçoamento vespertino.

Semanalmente, amostras de silagem de milho e de resíduo úmido de cervejaria foram secas a 105°C para determinação do teor de matéria seca (MS) a fim de se proceder o ajuste da formulação das dietas.

As amostras de sangue foram coletadas quatro horas após o fornecimento matinal de alimentos em tubos contendo antiglicolítico e anticoagulante no último dia de cada subperíodo experimental, utilizando-se para tal os animais pertencentes aos quatro Quadrados Latinos de maior produção leiteira. A escolha das vacas levou em consideração única e exclusivamente a média de produção de leite dos três primeiros controles leiteiros do 1º subperíodo experimental, isto é, coletou-se o sangue dos animais pertencentes aos quatro Quadrados Latinos de maior produção, sendo dois de primíparas e dois de múltiparas. Definidas as vacas a serem utilizadas no 1º subperíodo, as coletas de sangue foram realizadas nos mesmos animais durante os demais subperíodos. As amostras foram centrifugadas a 3.000 x g e o plasma obtido permaneceu congelado a -10 °C, acondicionado em duplicata em tubos tipo “eppendorf”. Um dos tubos foi utilizado para análise da concentração plasmática de glucose, utilizando-se analisador bioquímico YSI 2700-S BioChem (Yellow Springs Instrument Co. Inc., Ohio, EUA). O outro tubo foi enviado para um laboratório comercial para se determinar a concentração de nitrogênio uréico no plasma, através da utilização de kit comercial Sigma N-535 (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, EUA).

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística através do PROC GLM do pacote estatístico SAS 6.11 (SAS, 1991). À exceção das demais variáveis, para a análise de consumo de MS, cada grupo (baia) de vacas em um tratamento foi considerado como sendo a unidade experimental e a análise foi feita como se fosse um único Quadrado Latino, pois as instalações não permitiam a obtenção de dados individuais de consumo, mas somente em

grupo.

Foram feitos três contrastes ortogonais na intenção de (1) verificar existência de efeito linear (entre os tratamentos RUC-0, RUC-10 e RUC-20), (2) verificar ocorrência de efeito quadrático, ou desvio de linearidade (entre os tratamentos RUC-0, RUC-10 e RUC-20) e (3) comparar os tratamentos RUC-0 e U. Para a comparação entre as médias dos tratamentos, foi adotado o nível de 5% como significativo e até 15% como tendência. Todas as médias foram obtidas usando-se o método dos quadrados mínimos (LSMEANS).

Todos os dados foram testados para se verificar a distribuição normal dos erros, utilizando-se o PROC UNIVARIATE (SAS, 1991). Os dados que apresentaram erros fora do intervalo entre ± 3 desvios foram arbitrariamente descartados da análise estatística.

Abaixo, segue o quadro resumido do esquema de análise de variância utilizado nas variáveis respostas submetidas ao delineamento em Quadrado Latino simples e com repetições, segundo Pimentel Gomes (2000):

Causas de Variação	GL¹	GL²	GL³
Repetições	9	3	-
Baia	-	-	3
Vaca dentro de repetição	29	12	-
Período	-	-	3
Período dentro de repetição	30	12	-
Tratamento	3	3	3
Resíduo	84	33	6
Total	155	63	15

Nota: Causas de variação que não possuem valores de graus de liberdade (indicados por hífen) não foram contemplados no modelo matemático

¹ Graus de liberdade associados à análise das seguintes variáveis respostas: produção de leite, componentes do leite e variação de escore de condição corporal (total de 39 animais e 10 repetições)

² Graus de liberdade associados à análise das seguintes variáveis respostas: glicose e nitrogênio uréico no plasma (total de 16 animais e 4 repetições)

³ Graus de liberdade associados à análise do consumo de MS (Quadrado Latino simples 4x4)

A interação Repetição x Tratamento foi inicialmente avaliada, mas ela foi retirada do modelo estatístico por não ter apresentado significância ($P > 0,10$).

6.2.2 Experimento 2

O trabalho foi conduzido nas mesmas instalações do Experimento 1, de 23/11 a 20/12/2000. Foram utilizadas 42 fêmeas lactantes da raça Holandesa, confinadas em "free stall" com quatro lotes. Dois lotes foram ocupados por 24 animais de maior produção e os outros dois lotes foram ocupados por 18 vacas de menor produção. Todos os animais receberam injeções de somatotropina bovina recombinante (Lactotropin®) a cada 14 dias. Ao início do experimento, os animais experimentais apresentavam as características descritas na Tabela 2.

Tabela 2. Características dos animais ao início do experimento

Variável ¹	média	DP ²
Peso vivo (kg)		
maior produção	594,7	85,5
menor produção	609,4	65,8
total	601,0	77,2
DEL ³ (dias)		
maior produção	181,9	79,2
menor produção	321,5	140,9
total	244,7	130,3
Produção de leite (kg/dia)		
maior produção	27,4	10,1
menor produção	16,6	3,7
total	22,7	9,6

¹ Total de 42 animais analisados, sendo 24 de maior produção e 18 de menor produção

² DP = desvio padrão

³ DEL = dias em lactação

O experimento foi delineado com o intuito de se comparar a utilização de resíduo úmido de cervejaria (RUC) conservado (ensilado com milho moído fino) vs. o sistema tradicional de armazenamento por curto período de tempo sem aditivo.

No tratamento controle, o RUC foi adquirido semanalmente da mesma indústria cervejeira durante o período experimental, sendo que permaneceu armazenado, sobre piso concretado, em local coberto.

Para a confecção da silagem de RUC+MMF (milho moído fino), foi adquirida quantidade equivalente a 10 ton. de RUC (em base natural) que, juntamente com 2,35 ton. de MMF, foram misturados usando-se misturador de ração total Siltomac-260, ensilando-se logo após em silo tipo poço concretado, com aproximadamente 7 m de profundidade e área de 1,6 m². A mistura ensilada continha aproximadamente uma relação RUC:MMF de 1:1, na base seca e respeitou-se o prazo mínimo de 2 semanas antes de começar a ser fornecido aos animais.

Os tratamentos utilizados foram:

RF-A: resíduo úmido de cervejaria (RUC) fresco, na dieta de vacas de maior produção;

REM-A: RUC ensilado com milho, na dieta de vacas de maior produção;

RF-B: RUC fresco, na dieta de vacas de menor produção;

REM-B: RUC ensilado com milho, na dieta de vacas de menor produção.

As dietas foram formuladas utilizando o programa CPM-Dairy versão 1.0 (Tabela 3).

Tabela 3. Composição das dietas experimentais

Ingrediente (% da MS)	Tratamentos ^a			
	RF-A	REM-A	RF-B	REM-B
Silagem de milho	40,67	40,67	51,84	51,84
Farelo de soja	15,43	15,43	8,64	8,64
Resíduo úmido de cervejaria	-	12,01	-	12,10
RUC ensilado com milho	24,03	-	24,19	-
Milho moído fino	-	12,01	-	12,10
Polpa cítrica peletizada	13,32	13,32	11,75	11,75
Uréia	0,70	0,70	0,98	0,98
Minerais e vitaminas ^b	2,57	2,57	2,59	2,59
Bicarbonato de sódio	0,70	0,70	-	-
Sebo	2,57	2,57	-	-
Composição química^c	A	B		
PB (% da MS)	16,90	15,00		
PDR (% da MS)	11,56	10,71		
PNDR (% da MS)	5,34	4,29		
EE (% da MS)	5,90	3,50		
FDN (% da MS)	34,60	39,00		
FDN efetiva (% da MS)	21,80	26,30		
CNF (% da MS)	38,50	39,70		
EL lact (Mcal/kg)	1,80	1,66		

^a Tratamentos: RF-A = resíduo úmido de cervejaria (RUC) fresco, na dieta de vacas de maior produção; REM-A = RUC ensilado com milho, na dieta de vacas de maior produção; RF-B = RUC fresco, na dieta de vacas de menor produção; REM-B = RUC ensilado com milho, na dieta de vacas de menor produção; A = dieta para vacas de maior produção; B = dieta para vacas de menor produção

^b Composição: Ca, 23,24%; P, 5,50%; K, 0,02%; Mg, 3,50%; Cl, 10,53%; Na, 7,00%; S, 2,20%; 0,05% de monensina sódica; e (por kg) 12 mg de Co; 450 mg de Cu; 40 mg de I; 4.327 mg de Fe; 1.500 mg de Mn; 12 mg de Se; 1.800 mg de Zn; 130.000 UI de vitamina A; 75.000 UI de vitamina D; 1.000 UI de vitamina E

^c PB = proteína bruta; PDR = proteína degradável no rúmen; PNDR = proteína não degradável no rúmen; EE = extrato etéreo; FDN = fibra em detergente neutro; CNF = carboidratos não fibrosos = (100 - PB - EE - cinzas); EL = energia líquida. (CPM-Dairy versão 1.0)

Das 24 vacas consideradas de maior produção (8 primíparas e 16 multíparas), foram formados doze pares de vacas, sendo que cada par continha animais em estágio lactacional similares e mesmo número de parições. Finalmente, cada vaca do par foi aleatoriamente designada a um dos dois lotes de alta produção para receber o tratamento daquela baia; para as 18 vacas restantes (8 primíparas e 10 multíparas) a serem alocadas nas duas outras baias, seguiu-se o mesmo procedimento.

O período pré-experimental teve a duração de 7 dias, durante o qual todas as vacas estavam sob uma mesma dieta. A ordenha foi realizada duas vezes ao dia, às 6 e 18 horas e as produções de leite foram medidas diariamente. Esses dados de produção, juntamente com outros dois critérios (dias em lactação e ordem de parição) foram utilizados para alocar os animais nos respectivos lotes.

O período experimental teve a duração de 28 dias, divididos em dois subperíodos de 14 dias cada. Os primeiros 10 dias de cada subperíodo serviram para adaptação dos animais às dietas experimentais, sendo a coleta dos dados efetuada nos quatro dias restantes.

Os animais foram ordenhados às 6 e 18 horas, diariamente. As produções individuais de leite foram registradas em cada ordenha do 11^o ao 14^o dias de cada subperíodo através de medidores modelo MARK5 (De Laval). Amostras individuais de leite foram coletadas na proporção de 1:1 entre as ordenhas da manhã e tarde nos dois primeiros dias de coleta de cada período para análise de gordura, proteína, lactose e sólidos totais pelo processo de infra-vermelho junto à Clínica do Leite do Depto. de Zootecnia da USP/ESALQ.

O alimento foi fornecido para as vacas às 6 e 17 horas, utilizando-se vagão misturador de ração total. As sobras de alimento foram pesadas e descartadas diariamente antes do fornecimento vespertino do alimento para fins de ajuste da quantidade a ser oferecida para que houvesse em torno de 10% de sobras.

Semanalmente, durante o período experimental, amostras de silagem de milho, de resíduo úmido de cervejaria e da silagem de RUC+MMF foram secas a 105 °C para determinação do teor de matéria seca (MS) a fim de se proceder o ajuste da formulação das dietas.

As amostras de sangue foram coletadas em tubos com antiglicolítico e anticoagulante no último dia de cada subperíodo experimental, quatro horas após a alimentação da manhã, utilizando-se para tal as quatro vacas mais produtivas de cada um dos dois lotes designados para alojar os animais de maior produção. As amostras foram centrifugadas a 3.000 x g e o plasma foi mantido congelado a -10 °C em tubos tipo “eppendorf”. As amostras foram posteriormente descongeladas e analisadas para glicose, através de leitura direta em analisador bioquímico YSI 2700-S BioChem (Yellow Springs Instrument Co. Inc., Ohio, EUA) no laboratório de Bromatologia do Depto. de Zootecnia da USP/ESALQ. As concentrações de nitrogênio uréico no plasma foram determinadas em laboratório comercial utilizando-se kit comercial Sigma N-535 (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, EUA).

Utilizou-se o seguinte esquema para a alimentação dos animais:

- a) as vacas de maior produção leiteira designadas para receber a primeira seqüência de tratamentos foram alimentadas com a dieta RF-A durante 14 dias e então passaram a receber a dieta REM-A. As vacas designadas para receber a segunda seqüência de tratamentos foram alimentadas com as mesmas dietas, porém em seqüência inversa;
- b) as vacas de menor produção tiveram o mesmo esquema de arraçamento utilizado acima, com a diferença de que as dietas passaram a ser RF-B e REM-B, que estavam formuladas para atender as menores exigências nutricionais.

Os efeitos das dietas experimentais sobre a produção e composição do leite e N-uréico no plasma foram testados usando o PROC GLM do pacote estatístico SAS (1991), através do seguinte modelo, descrito por Dunlap et al. (2000):

$$Y = \text{Período} + \text{seqüência} + \text{vaca (seqüência)} + \text{dieta} + \text{erro}$$

Todos os dados foram testados para se verificar a distribuição normal dos erros, utilizando-se o PROC UNIVARIATE (SAS, 1991).

Considerou-se na análise da variância o nível de 5% como significativo para a probabilidade do teste F e até 15% como tendência. Todas as médias foram obtidas usando-se o método dos quadrados mínimos (LSMEANS).

6.3 Resultados e discussão

6.3.1 Experimento 1

Os dados obtidos de consumo de matéria seca, produção de leite, bem como de seus componentes, variação de peso vivo e parâmetros sangüíneos são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Consumo de MS, desempenho lactacional e parâmetros sanguíneos de vacas alimentadas com teores crescentes de resíduo úmido de cervejaria e uréia na dieta

Variável ¹	Tratamentos ²			U	EPM ³	P ⁴		
	RUC-0	RUC-10	RUC-20			1	2	3
Consumo MS, kg/dia	21,01	20,61	21,18	19,97	0,48	NS	NS	NS
Produção leite, kg/dia ⁵	29,55	29,91	30,94	28,46	0,35	< 0,01	NS	< 0,05
LCG-3,5%, kg/dia ⁶	27,76	28,72	29,00	27,14	0,37	< 0,05	NS	NS
Eficiência LCG ⁶	1,33	1,41	1,38	1,36	0,02	< 0,10	< 0,05	NS
Gordura, % ⁶	3,17	3,31	3,12	3,25	0,03	NS	< 0,01	< 0,10
, kg/dia ⁶	0,93	0,97	0,96	0,91	0,02	< 0,15	< 0,15	NS
Proteína, %	3,17	3,16	3,20	3,13	0,01	< 0,10	< 0,10	< 0,05
, kg/dia ⁵	0,93	0,93	0,98	0,87	0,01	< 0,01	< 0,10	< 0,01
Relação gord/prot	1,00	1,05	0,97	1,06	0,01	< 0,10	< 0,01	< 0,01
Lactose, %	4,65	4,62	4,65	4,63	0,01	NS	< 0,10	NS
, kg/dia ⁵	1,37	1,39	1,44	1,32	0,02	< 0,01	NS	< 0,05
Sól. totais, % ⁷	11,23	11,35	11,24	11,24	0,04	NS	< 0,10	NS
, kg/dia ⁶	3,32	3,35	3,43	3,17	0,04	< 0,05	NS	< 0,05
Variação peso, kg	16,48	18,04	7,52	17,96	2,21	< 0,01	< 0,05	NS
, %	2,97	3,19	1,42	3,25	0,38	< 0,01	< 0,05	NS
Plasma								
N-urético, mg/dL	20,40	22,39	21,62	21,48	0,66	NS	< 0,15	NS
Glucose, mg/dL ⁶	56,92	55,18	56,40	56,17	0,72	NS	< 0,10	NS

¹ LCG-3,5% = produção de leite corrigida para 3,5% de gordura; Eficiência LCG = (kg LCG-3,5% / kg MS consumida); N = nitrogênio

² Os valores exibidos representam médias obtidas pelo método dos quadrados mínimos. Tratamentos: RUC-0 = 0% de resíduo úmido de cervejaria (RUC) e 1% de uréia; RUC-10 = 10% de RUC e 1% de uréia; RUC-20 = 20% de RUC e 1% de uréia; U = 0% de RUC e 2% de uréia.

³ EPM = erro padrão da média

⁴ Probabilidades dos contrastes ortogonais para: (1) efeito linear entre os tratamentos RUC-0, RUC-10 e RUC-20; (2) efeito quadrático (ou desvio da linearidade) entre os tratamentos RUC-0, RUC-10 e RUC-20; (3) tratamento RUC-0 vs. U. NS = não significativo (P>0,15)

⁵ Probabilidades baseadas em análise de dados transformados em raiz quadrada

⁶ Probabilidades baseadas em análise de dados transformados com a fórmula LOG10(valor)

⁷ Probabilidades baseadas em análise de dados transformados com a fórmula 1/SQRT(valor)

Em muitas situações, o teor de MS na dieta fornecida pode influenciar o consumo alimentar, ao passo que a maximização dessa variável deve ser um dos principais objetivos, em se tratando de gado leiteiro, com o propósito de se maximizar também a produção (Dhiman et al., 2003). A média de consumo de MS pelos animais experimentais do presente estudo foi de 20,7 kg/dia, não diferindo ($P>0,15$) entre os tratamentos contendo teores crescentes de RUC, concordando com os resultados obtidos por outros pesquisadores (Murdock et al., 1981; West et al., 1994). Murdock et al. (1981) não encontraram diferenças no consumo de MS de vacas alimentadas com RUC em doses de 15 ou 30% na dieta, onde o RUC substituiu o farelo de soja. West et al. (1994) utilizaram vacas da raça Jersey em região de clima quente e úmido, consumindo dietas com 0, 15 ou 30% de RUC na MS e também não observaram depressão no consumo de MS, muitas vezes relatado na literatura quando se aumenta o teor de umidade da dieta (Davis et al., 1983; Lahr et al., 1983; Polan et al., 1985). Davis et al. (1983) observaram que animais alimentados com dietas contendo 0, 20, 30 ou 40% de RUC na MS tiveram o consumo alimentar deprimido nas doses de 30 e 40%, sendo que o desempenho sob as teores 0 e 20% foram similares. No entanto, Hoffman et al. (1988), ao estudarem os efeitos de dietas isoprotéicas contendo 21,5% de resíduo seco de cervejaria ou 23,5% de RUC, mas com teores diferentes de MS na dieta total (69,9 e 46,3%, respectivamente) não observaram diferenças no consumo de MS.

No presente estudo, observou-se efeito linear crescente na produção de leite ($P<0,01$) e de leite corrigido para 3,5% de gordura ($P<0,05$), conforme se aumentou os teores de RUC na dieta dos animais. Polan et al. (1985) compararam inclusões de RUC em diferentes teores (13, 21 e 29% na MS da dieta), sendo que conforme os teores de RUC iam aumentando, os de forragem iam sendo diminuídos (de 50,5% até 30,7%), perfazendo dietas com teores diferentes de PB (15,4, 17,0 e 18,4% na MS) na dieta de vacas em lactação. Os autores observaram maior produção de leite nos animais alimentados com

RUC, em comparação com os que recebiam farelo de soja. Através dos resultados obtidos de melhor produção de leite e maior eficiência na utilização da proteína do RUC, os autores concluíram que a qualidade da proteína do RUC foi superior à do farelo de soja. Similarmente, Chiou et al. (1998) obtiveram maior produção de leite (2,62% maior) e de leite corrigido para 4% de gordura (2,77% a mais) nas vacas que receberam dietas com RUC, em comparação às vacas alimentadas com farelo de soja, concordando com os resultados obtidos por Cozzi & Polan (1994), que observaram maior produção de leite sob o tratamento com resíduo seco de cervejaria em comparação ao tratamento com farelo de soja.

Em contrapartida, Murdock et al. (1981) não observaram quaisquer alterações na produção de leite e de leite corrigido para gordura quando utilizaram RUC para substituir o farelo de soja e cevada de dietas onde o volumoso era composto de feno de alfafa e silagem de milho, sendo que as doses utilizadas de RUC foram de 15 ou 30% da MS total. Davis et al. (1983) observaram quedas na produção de leite e no consumo alimentar quando o RUC substituiu o farelo de soja em doses acima de 20% da MS de dietas cujo volumoso era composto exclusivamente por silagem de milho. No entanto, as dietas utilizadas pelos autores (Davis et al., 1983) não eram isoprotéicas, o que poderia explicar, em parte, a redução observada no desempenho animal.

Ao sumarizarem trabalhos de pesquisa publicados entre 1985 e 1997 no "*Journal of Dairy Science*", Santos et al. (1998b) observaram que, de sete comparações feitas a partir de quatro ensaios onde o farelo de soja foi substituído por resíduo de cervejaria, seco ou úmido, com similares relações volumoso:concentrado, a produção de leite aumentou apenas em uma delas. O teor protéico no leite não foi afetado pelo resíduo de cervejaria, mas o consumo de MS foi menor nos animais alimentados com esse ingrediente em duas comparações, o que levou a maiores eficiências alimentares. Nesses experimentos onde se compararam dietas com proporções similares de

volumoso e concentrado, as produções médias de leite foram de 31,0 kg/dia nos animais recebendo dietas com farelo de soja e 31,7 kg/dia naqueles alimentados com resíduo de cervejaria. Em duas das comparações, provenientes de dois experimentos, o resíduo de cervejaria aumentou significativamente o consumo alimentar e a produção de leite, porém as relações volumoso:concentrado foram maiores nas dietas contendo farelo de soja, quando comparadas às que continham resíduo de cervejaria, tornando os dados difíceis de serem interpretados.

Observou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) dos teores de RUC testados sobre a eficiência alimentar, expressa no presente estudo como sendo a produção de LCG-3,5% dividido pelo consumo de MS. Assim sendo, o tratamento RUC-10 foi o que levou os animais a apresentarem a maior eficiência alimentar, sendo 6% e 2,2% melhor que naqueles submetidos aos tratamentos RUC-0 e RUC-20, respectivamente, resultante de produção de LCG-3,5% intermediária ($P < 0,05$) e menor consumo de MS (diferença esta apenas numérica, $P > 0,15$).

A utilização de 2% de uréia na dieta (tratamento U) afetou negativamente ($P < 0,05$) a produção de leite, fazendo com que os animais produzissem em torno de 1,1 kg/dia (ou 3,7%) a menos que aqueles alimentados com dietas contendo 1% de uréia (tratamento RUC-0). Entretanto, não houve diferença entre os teores de uréia testados (RUC-0 vs. U) quanto à produção de LCG-3,5% ($P > 0,15$). Assim sendo, como não foram detectadas diferenças na produção de LCG-3,5% e no consumo de MS, a eficiência alimentar foi similar nos animais que receberam as duas dietas ($P > 0,15$).

Em se tratando do efeito de altas doses de uréia (acima de 1,5% da MS total) sobre o consumo de MS e produção de leite, os resultados mostraram-se variáveis. Carmo et al. (2001) observaram pequeno aumento no consumo de MS (diferença apenas numérica) e redução de 3,4% na produção de leite ($P < 0,01$) quando as vacas foram alimentadas com dietas com 2% de uréia, em

comparação com vacas não suplementadas com esse ingrediente. Armentano et al. (1993) não observaram efeito sobre o consumo alimentar de animais alimentados com dietas contendo cerca de 2,2% de uréia + 3,6% de farelo de soja ou 0,9% de uréia + 11,5% de farelo de soja. Esses últimos autores não observaram também quaisquer outros efeitos sobre a produção e composição do leite.

Broderick et al. (1993), ao compararem o efeito de dietas com 1,5% de uréia ou 9,3% de farelo de soja como únicos suplementos protéicos, não observaram quaisquer efeitos sobre consumo de MS, produção de leite e sua composição. Em outro ensaio, utilizando arranjo fatorial de tratamentos (fator 1: teor de MS da silagem de alfafa, podendo ser 39% ou 59%; fator 2: dieta com 1,8% de uréia na MS ou dieta com mistura de 5,5% de farelo de soja e 5% de farinha de carne e ossos), Broderick et al. (1993) observaram depressão no consumo de MS nos animais alimentados com uréia e silagem de alfafa com baixo teor de MS, cerca de 7,6% menor que a média dos outros três tratamentos. Em relação à produção de leite, nas dietas com silagem de alfafa com baixo teor de MS, a inclusão de 1,8% de uréia levou a uma produção 8,1% menor que nas vacas alimentadas com proteína verdadeira. Já quando a silagem de alfafa utilizada foi a de alto teor de MS (59%), não houve diferença na produção de leite entre os tratamentos com uréia ou proteína verdadeira. Quando a produção de leite foi corrigida para 3,5% de gordura, os autores observaram que vacas alimentadas com uréia produziram 5,8% a menos de leite que aquelas recebendo farelo de soja + farinha de carne e ossos, quando a silagem de alfafa continha 39% de MS, ao passo que quando forneceram a silagem com maior teor de MS, o tratamento com uréia levou a uma produção 3,8% menor que o tratamento contendo proteína verdadeira.

Em relação à produção de gordura no leite, observou-se efeito linear e quadrático (ambos $P < 0,15$) do aumento na participação de RUC na dieta. Enquanto que o maior incremento na produção desse componente no leite

(aumento de 40 g/dia, ou 4,3%) foi observado com o primeiro aumento no teor de RUC na dieta (i.e., de 0 para 10% de RUC), houve queda de 10 g/dia (ou diminuição de 1%) na produção de gordura com o segundo incremento no teor de RUC na dieta (i.e., de 10 para 20% de RUC). Observou-se efeito quadrático ($P < 0,01$) do aumento da proporção de RUC na dieta sobre o teor de gordura no leite, sendo que a dieta com 10% de RUC (RUC-10) levou os animais a produzirem leite com teor de gordura cerca de 4,4% e 6,1% maior, quando comparadas com vacas alimentadas com as dietas sem RUC (RUC-0) e com 20% de RUC (RUC-20), respectivamente. Esse efeito poderia ser explicado pelos teores de FDN efetivo contidos nas dietas, que era de 22,8% no tratamento 10 e cerca de 2 pontos percentuais menor nas duas outras dietas (Tabela 4). Entende-se por fibra efetiva, ou FDN efetivo, como sendo aquela porção da FDN capaz de estimular a mastigação ou teor de gordura no leite e/ou produção de leite corrigida para gordura (Grant, 1997), embora nem sempre o teor de gordura seja afetado pelo teor de fibra efetiva da dieta, mas também por outros fatores, como estágio lactacional do animal, fornecimento de gordura na dieta, padrão de fermentação ruminal, entre outros.

A partir dos dados de produção diária de gordura no leite, é possível inferir que a diminuição na participação de silagem de milho na dieta (de cerca de 45% nos tratamentos RUC-0 e RUC-10, para 35% da MS total no tratamento RUC-20) com o aumento na proporção de RUC, foi capaz de manter o ambiente ruminal saudável, mostrando-se viável para aqueles pecuaristas que encontram-se em dificuldade para alimentar animais em épocas de escassez de chuvas, onde é freqüente a falta de alimentos volumosos frescos, tornando-se necessário fazer-se uso de volumosos conservados. Ainda, em virtude de seu elevado conteúdo fibroso e baixo teor de carboidratos não fibrosos, o resíduo de cervejaria se encaixa numa categoria de ingrediente utilizável naquelas situações onde se deseja balancear dietas que contenham altas proporções de amido (Dhiman et al., 2003).

A produção diária de gordura no leite dos animais alimentados com doses diferentes de uréia na dieta, 1 ou 2% (tratamentos RUC-0 e U, respectivamente), foi de 0,92 kg/dia, em média, não diferindo estatisticamente ($P>0,15$). O teor de gordura no leite dos animais suplementados com 2% de uréia tendeu a ser maior ($P<0,10$) do que naqueles alimentados com 1% de uréia, concordando com os resultados obtidos por Carmo et al. (2001) e Broderick et al. (1993). Das 23 comparações sumarizadas por Santos et al. (1998b), onde a uréia foi comparada com suplementos protéicos verdadeiros variados, dentre eles o farelo de soja, apenas em uma delas houve depressão no teor de gordura no leite, enquanto que nas outras 22 comparações, não houve diferenças.

O aumento do teor ($P<0,10$) e da produção ($P<0,01$) de proteína no leite detectados no presente experimento conforme se aumentou a inclusão de RUC na dieta dos animais está de acordo com resultados obtidos por outros autores (Chiou et al., 1998; Polan et al., 1985; Cozzi & Polan, 1994). Segundo Belibasakis & Tsirgogianni (1996), os efeitos benéficos da substituição parcial ou total do farelo de soja por RUC sobre a produção e composição do leite, quando ocorrem, são em virtude da melhor composição da proteína quanto aos teores de lisina e metionina, que contribuem para tornar tal ingrediente em fonte de PNDR de alta qualidade.

Cozzi & Polan (1994) relataram que a dieta contendo resíduo seco de cervejaria proporcionou maior quantidade de metionina e similar de lisina, quando comparada com a dieta contendo farelo de soja. Entretanto, Santos et al. (1998b) relataram que o RUC é boa fonte de metionina, porém deficiente em lisina e, na maioria dos trabalhos revisados por eles, não houve diferença em produção de leite quando o RUC substituiu parcial ou totalmente o farelo de soja. No presente ensaio, o primeiro incremento na participação de RUC na dieta (i.e., de zero para 10% de participação na MS, ou RUC-0 x RUC-10) não trouxe benefício algum na produção diária de proteína, observando-se aumento

apenas no segundo incremento no uso de RUC, que foi de 50 g/dia, em média, quando se passou a utilizar 20% de RUC (RUC-20).

Quando as dietas testadas foram avaliadas pelo modelo do CPM-Dairy (versão 1.0), utilizando-se dados médios observados para cada tratamento de peso corporal, consumo de MS e produção e composição do leite, os teores de metionina indicados pelo programa foram de 2,07, 2,09 e 2,09 (% da PM), respectivamente para as dietas RUC-0, RUC-10 e RUC-20, enquanto que os teores de lisina foram de 6,81, 6,62 e 6,37%, respectivamente. Portanto, não se pôde atribuir o aumento na produção diária de proteína no leite observado no tratamento RUC-20 aos teores de lisina e metionina fornecidos, uma vez que, no presente ensaio, essa dieta foi a que forneceu a menor proporção de lisina na PM, quando comparado com as dietas RUC-0 e RUC-10 e, teoricamente, estaria aquém dos valores de lisina e metionina recomendados comercialmente por Sloan et al. (1999) para se maximizar a síntese de proteína no leite (6,82% de lisina e 2,19% de metionina na PM).

A utilização de 2% de uréia na dieta (U) afetou negativamente ($P < 0,01$) a produção diária de proteína no leite, na ordem de 60 g/dia (ou 6,5% a menos), quando comparado com animais alimentados com dietas com 1% de uréia (RUC-0). Da mesma forma, o teor protéico no leite dos animais alimentados com o tratamento U foi menor ($P < 0,05$), porém em menor magnitude (1,3% a menos que naqueles animais que receberam o tratamento RUC-0). Provavelmente, a depressão na produção diária de proteína no leite esteve condicionada à menor produção de leite nos animais alimentados com a dieta U.

Uma outra possível explicação para a queda na produção e teor de proteína no leite observados no tratamento U pode estar na quantidade de peptídeos/aminoácidos disponíveis para fermentação ruminal e/ou suprimento de PM. Da mesma maneira como foi realizado com as dietas contendo resíduo de cervejaria, as dietas RUC-0 e U foram avaliadas usando-se o CPM-Dairy,

abastecendo-se o programa com os dados observados no presente ensaio e observou-se que a dieta U apresentou 9,56% de PM (% da MS total), enquanto que a dieta RUC-0 apresentou 10,02% de PM. Diferentemente do NRC (2001), que apresenta as exigências de nitrogênio para a população microbiana somente em termos de nitrogênio amoniacal, o CPM-Dairy separa as exigências microbianas em exigência de peptídeos/aminoácidos e exigência de nitrogênio amoniacal. Dessa forma, a avaliação do relatório do CPM-Dairy permitiu observar que a dieta U forneceu apenas 82% de peptídeos/aminoácidos teoricamente exigido pelos microorganismos ruminais, enquanto que a dieta RUC-0 forneceu 18% a mais que o exigido.

Com o aumento do uso de RUC nas dietas, observou-se efeito quadrático ($P < 0,01$) sobre a relação gordura/proteína no leite dos animais, sendo que a maior relação foi observada no tratamento RUC-10 (10% de RUC na dieta). Já na comparação entre as dietas com 1 ou 2% de uréia (RUC-0 x U), observou-se maior relação gordura/proteína naquelas vacas alimentadas com o tratamento U ($P < 0,01$).

O aumento na inclusão de RUC nas dietas teve efeito linear crescente na produção diária de lactose ($P < 0,01$) e de sólidos totais no leite ($P < 0,05$), partindo de 1,37 kg/dia de lactose e 3,32 kg/dia de sólidos totais nos animais alimentados com o tratamento RUC-0 e aumentando em torno de 20 g/dia (ou 1,5%) e 70 g/dia (5,1%) de lactose, e em torno de 30 g/dia (ou 0,9%) e 110 g/dia (ou 3,3%) de sólidos totais, em média, conforme se acrescentou 10 e 20% de RUC (RUC-10 e RUC-20), respectivamente. Já para os teores desses componentes no leite, i.e., lactose e sólidos totais, não se observou esse mesmo padrão, não sendo observado efeito linear ($P > 0,15$ para ambos), mas sim efeito quadrático ($P < 0,10$ para ambos), onde vacas alimentadas com os tratamentos RUC-0 e RUC-20 produziram leite com teor de 4,65% de lactose e 11,35% de sólidos totais, em média, enquanto que as que receberam a dieta com 10% de RUC (RUC-10) produziram leite com teores ligeiramente menores.

O aumento nas produções diárias de sólidos totais no leite conforme se aumentaram as inclusões de RUC nas dietas foi em decorrência de aumentos nos aumentos de produções de gordura ($P<0,15$), proteína ($P<0,01$) e lactose ($P<0,01$).

Similarmente aos resultados obtidos por Carmo et al. (2001), que compararam dietas com 0 ou 2% de uréia na MS total, os animais alimentados com a dieta contendo 2% de uréia (tratamento U) produziram ao redor de 50 g/dia (ou 3,6%) a menos de lactose ($P<0,05$) que aqueles que receberam 1% de uréia na dieta (tratamento RUC-0), sendo que tal efeito foi decorrente, provavelmente, da menor produção de leite observada no tratamento com 2% de uréia.

O tratamento U levou à produção de cerca de 150 g/dia (ou 4,5%) a menos de sólidos totais no leite em comparação com o tratamento RUC-0 ($P<0,05$), provavelmente em função da depressão observada na produção de proteína e de lactose no tratamento com maior teor de uréia. Esses resultados discordam daqueles observados por Carmo et al. (2001), que observaram 4,7% de aumento na produção de sólidos totais nos animais alimentados com 2% de uréia na dieta.

Não se observou diferença entre os tratamentos RUC-0 e U quanto aos teores de lactose e sólidos totais no leite ($P>0,15$).

O tratamento com 2% de uréia na dieta (U) levou os animais a apresentarem concentrações de N-uréico no plasma similares ($P>0,15$), quando comparado ao tratamento com aproximadamente 1% de uréia na dieta (RUC-0). Ao analisar os efeitos das doses crescentes de RUC da dieta sobre as concentrações de N-uréico no plasma das vacas, observou-se apenas tendência de efeito quadrático ($P<0,15$), sendo que o tratamento com 10% de RUC (RUC-10) levou à maior concentração plasmática deste componente. A explicação para tal ocorrência talvez esteja no fato de todas as dietas conterem pelo menos 1% de uréia e isto já ter levado a elevadas concentrações de

nitrogênio uréico no plasma. Esse componente reflete o teor e a degradabilidade da PB da dieta, bem como a qualidade dessa proteína, haja visto que o excesso de amônia no rúmen vai para o fígado através do sistema porta-hepático para ser convertido em uréia. Como se trata de componente solúvel em água, parte dela passa a circular na corrente sanguínea, podendo eventualmente detectar-se aumentos de concentração através de análises laboratoriais.

Casper & Schingoethe (1986) e Casper et al. (1990) estudaram o efeito da substituição parcial de farelo de soja por uréia combinado com fontes de carboidratos de diferentes degradabilidades (milho vs. sorgo e milho vs. cevada). A concentração de nitrogênio uréico no plasma não foi alterada pela fonte de proteína, mesmo quando a concentração de nitrogênio amoniacal no rúmen aumentou com o uso de uréia. Baker et al. (1995), comparando os efeitos de dietas contendo farelo de soja, farelo de glúten de milho ou uréia, observaram que a concentração de nitrogênio uréico no plasma do tratamento uréia não diferiu do farelo de soja, mas foi superior ao farelo de glúten de milho.

Em ensaios onde o farelo de soja foi totalmente substituído por uréia, Broderick (1986) não observou efeito de fonte protéica sobre a concentração de nitrogênio uréico no plasma, discordando dos resultados obtidos por Broderick et al. (1993) e Lines & Weiss (1996), que verificaram aumento na concentração de nitrogênio uréico plasmático com o uso de uréia.

Observou-se efeito quadrático ($P < 0,10$) com o aumento do teor de RUC nas dieta sobre a concentração plasmática de glucose nos animais, que foi de 56,2 mg/dL, em média, não sendo observados quaisquer outros efeitos.

6.3.2 Experimento 2

A análise dos dados das Tabelas 5 e 6 mostra que não houve diferença estatística entre os tratamentos ($P>0,05$) para nenhuma variável avaliada, tanto em vacas de alta produção como em vacas de baixa produção.

Tabela 5. Consumo de MS, produção e composição de leite e parâmetros sanguíneos de vacas de maior produção (A) recebendo REM e RF

Variável ¹	Tratamentos ²		EPM ³	P ⁴
	REM-A	RF-A		
Consumo MS, kg/dia	20,23	20,17	-	-
Produção leite, kg/dia	28,76	29,24	1,19	0,76
LCG-3,5%, kg/dia	25,56	26,45	1,12	0,58
Gordura, %	2,84	2,94	0,05	0,26
, kg/dia	0,81	0,85	0,04	0,45
Proteína, %	2,85	2,84	0,02	0,73
, kg/dia	0,81	0,83	0,04	0,73
Lactose, %	4,37	4,34	0,06	0,78
, kg/dia	1,26	1,28	0,06	0,69
Sólidos totais, %	10,88	10,91	0,06	0,69
, kg/dia	3,11	3,19	0,14	0,66
Sól. não gordurosos, %	8,03	7,99	0,03	0,31
, kg/dia	2,30	2,35	0,10	0,76
N-uréico plasma, mg/dL	21,10	20,05	1,00	0,49
Glucose plasma, mg/dL	53,84	54,86	0,71	0,35

¹ LCG-3,5% = produção de leite corrigida para 3,5% de gordura; N = nitrogênio

² Os valores exibidos representam médias obtidas pelo método dos quadrados mínimos. Tratamentos: REM-A = resíduo úmido de cervejaria (RUC) ensilado com milho, na dieta de vacas de maior produção; RF-A = RUC fresco, na dieta de vacas de maior produção

³ EPM = erro padrão da média

⁴ Probabilidade do teste F

Tabela 6. Consumo de MS, produção e composição de leite de vacas de menor produção (B) recebendo REM e RF

Variável ¹	Tratamentos ²		EPM ³	P ⁴
	REM-B	RF-B		
Consumo MS, kg/dia	15,13	16,03	-	-
Produção leite, kg/dia	13,98	13,90	0,22	0,80
LCG-3,5%, kg/dia	13,85	13,64	0,29	0,62
Gordura, %	3,50	3,43	0,08	0,57
, kg/dia	0,48	0,47	0,01	0,56
Proteína, %	3,37	3,34	0,02	0,32
, kg/dia	0,46	0,46	0,01	0,70
Lactose, %	4,23	4,23	0,03	0,98
, kg/dia	0,61	0,61	0,01	0,97
Sólidos totais, %	11,96	11,86	0,11	0,53
, kg/dia	1,67	1,65	0,03	0,74
Sól. não gordurosos, %	8,45	8,42	0,05	0,64
, kg/dia	1,19	1,90	0,02	0,89

¹ LCG-3,5% = leite corrigido para 3,5% de gordura

² Os valores exibidos representam médias obtidas pelo método dos quadrados mínimos. Tratamentos: REM-B = resíduo úmido de cervejaria (RUC) ensilado com milho, na dieta de vacas de menor produção; RF-B = RUC fresco, na dieta de vacas de menor produção

³ EPM = erro padrão da média

⁴ Probabilidade do teste F

O consumo de MS variou numericamente muito pouco entre os tratamentos, não tendo sido efetuada a análise estatística para o mesmo, em virtude destes dados terem sido coletados em grupo e não individualmente e, conseqüentemente, o delineamento não ter comportado repetições para essa variável.

Ao contrário dos animais de menor produção, surpreendentemente, os animais de maior produção apresentaram baixos teores de gordura (abaixo de 3%) e de sólidos totais no leite (abaixo de 11%), indicando, provavelmente,

que os mesmos poderiam estar sofrendo algum estresse por calor.

Estudos sobre formas de conservação do resíduo de cervejaria e seu respectivo efeito sobre vacas leiteiras são escassos na literatura. No presente trabalho, a ensilagem do resíduo de cervejaria com milho moído, por período longo, resultou em material com boas características de conservação e o seu fornecimento levou a produção e composição de leite similares ao do material fresco, adquirido semanalmente.

Johnson et al. (1987) conduziram dois ensaios com resíduo úmido de cervejaria, sendo um deles com o objetivo de avaliar mudanças na composição do material durante os armazenamentos anaeróbio (ensilagem) por 1, 2 ou 4 semanas ou armazenamento aeróbio (ensaio 1) por 0, 3, 7 ou 10 dias, e o outro (ensaio 2) a fim de comparar os valores alimentares de dietas contendo farelo de soja, RUC fresco, RUC fresco + uréia ou RUC ensilado sozinho. No ensaio 1, o RUC foi tratado com amônia nas doses de 0, 2 ou 4% da MS e então submetido ao armazenamento aeróbio ou ensilado em silos experimentais de 100 L de capacidade. Nos RUC armazenados aerobicamente, os autores observaram emboloramento no 6º dia de armazenamento quando não se tratou o material, e no 9º dia quando foi utilizada baixa dose de amônia. Já no material ensilado, os autores observaram que, no 10º dia do período experimental, a deterioração do material, avaliado a partir do 18º cm de profundidade, partindo-se da superfície superior, ocorreu em 2,5, 1,3 e 0 cm de profundidade nos materiais tratados com 0, 2 e 4% de amônia, respectivamente, levando-os a supor que a diminuição na deterioração foi devido ao efeito anti-fúngico da amônia. A conclusão que os autores chegaram com esse ensaio foi que a amônia foi capaz de preservar o RUC por 10 dias sob condições aeróbias e por quatro semanas quando ensilado e, embora o uso de 2% de amônia tenha retardado o emboloramento do material, isso foi menos efetivo do que o uso de 4% de aditivo.

Em outro estudo (ensaio 2), vacas em lactação alimentadas com

silagem de milho e feno de alfafa como volumosos, numa proporção aproximada de 1:1, e relação volumoso:concentrado também de 1:1, não tiveram alterações no consumo alimentar nem na produção e composição de leite, quando alimentadas com RUC fresco ou RUC ensilado por 30 dias.

McCarthy (1990) observou que a ensilagem de resíduo úmido de cervejaria com milho moído fino resultou em produto de boa qualidade para cordeiros em crescimento.

Os dados de N-uréico no plasma não foram afetados pelos tratamentos, porém podem ser considerados elevados para vacas com produção leiteira ao redor de 29 kg/dia, estando acima do limite preconizado por alguns autores como crítico para a eficiência reprodutiva de vacas leiteiras, como citado no NRC (2001).

Segundo Schneider et al. (1995), uma outra forma benéfica de conservar o resíduo de cervejaria seria a inclusão de inoculantes bacterianos (bactérias precursoras de ácido láctico) ou ácido propiônico, porém essa inclusão poderia aumentar os custos da dieta, levando à inviabilização de seu uso.

A técnica da ensilagem pode permitir ao produtor adquirir o resíduo de cervejaria no período onde os preços situam-se em patamares mais baixos (verão) e armazená-lo ensilado com milho para seu uso durante o ano.

6.4 Conclusões

A utilização do resíduo úmido de cervejaria para vacas Holandesas em lactação mostrou-se favorável no desempenho lactacional, aumentando a produção de leite, de leite corrigido para 3,5% de gordura e a produção e o teor de proteína no leite.

Dietas contendo 2% de uréia na MS, apesar de não afetarem o consumo alimentar, prejudicaram a produção de leite e o teor e produção de

proteína no leite.

A substituição de 10% da MS de silagem de milho pelo RUC (RUC-20) mostrou-se como alternativa viável, e poderia ser recomendada principalmente para aquelas situações onde o uso de silagem de milho é restrito.

A ensilagem do resíduo de cervejaria com milho, permitiu armazenar o material por tempo prolongado, sem comprometimento do seu valor nutritivo, resultando em produção e composição de leite similar ao de vacas recebendo o resíduo de cervejaria fresco, adquirido semanalmente.

7 CONCLUSÕES GERAIS

A inclusão de 1% uréia na dieta em substituição ao farelo de soja não afetou o desempenho lactacional de vacas produzindo ao redor de 33 kg/dia de leite. Contudo, doses de 2% na MS da dieta mostraram-se excessivas, afetando a produção de leite e de leite corrigido para 3,5% de gordura sem, no entanto, afetar o consumo de MS. Isso levou à menor eficiência alimentar.

A inclusão na dieta de farinha de peixe na dose de 6,65% da MS total foi excessiva, comprometendo o desempenho animal.

A utilização de resíduo de pipoca doce (fonte de amido de alta degradabilidade ruminal) melhorou a eficiência alimentar dos animais.

A ensilagem do resíduo úmido de cervejaria com milho moído fino mostrou-se como alternativa viável nutricionalmente, pois não afetou o desempenho das vacas leiteiras.

A inclusão crescente (0, 10 e 20% na MS da dieta) de resíduo úmido de cervejaria trouxe benefícios em relação à produção diária de leite e teor de proteína no leite.

A utilização crescente de farelo de algodão em substituição ao farelo de soja (0%, 15% e 30% de substituição, na MS) trouxe prejuízos na produção de leite e de proteína, além de levar a maiores mobilizações de reservas corporais de tecido adiposo.

O fornecimento de proteína metabolizável acima das recomendações

do NRC (2001) através do uso de proteína verdadeira de origem vegetal (farelo de soja e algodão) melhorou o desempenho animal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABU-GHAZALEH, A.A.; SCHINGOETHE, D.J.; HIPPEN, A.R. Blood amino acids and milk composition from cows fed soybean meal, fish meal, or both. **Journal of Dairy Science**, v.84, p.1174-1181, 2001.
- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. Technical Committee on Responses to Nutrients. Nutritive requirements of ruminant animals: protein; report n.9. **Nutrition Abstracts Review**. Series B, v.62, p.787-835, 1992.
- ALDRICH, J.M.; MULLER, L.D.; VARGA, G.A. et al. Nonstructural carbohydrate and protein effects on rumen fermentation, nutrient flow, and performance of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.1091-1105, 1993.
- ARGYLE, J.L.; BALDWIN, R.L. Effects of amino acids and peptides on rumen microbial growth yields. **Journal of Dairy Science**, v.72, p.2017-2027, 1989.
- ARIELI, A. Whole cottonseed in dairy cattle feeding: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v.72, p.97-110, 1998.
- ARIELI, A.; SHABI, Z.; BRUCKENTAL, I. et al. Effect of degradation of organic matter and crude protein on ruminal fermentation in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.79, p.1774-1780, 1996.
- ARMENTANO, L.E.; BERTICS, S.J.; RIESTERER, J. Lack of response to addition of degradable protein to a low protein diet fed to midlactation dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.3755-3762, 1993.
- ARMENTANO, L.E.; HERRINGTON, T.A.; POLAN, C.E. et al. Ruminal degradation of dried brewers grains, wet brewers grains, or soyabean meal. **Journal of Dairy Science**, v.69, p.2124-2133, 1986.

- ARONOVICH, M.; PAIVA, P.C.A.; ARONOVICH, S. et al. Teor de lignina de silagens de resíduo de cervejaria úmido em função do nível de adição de milho desintegrado com palha e sabugo e do tempo de fermentação (compact disc). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., Piracicaba, 2001. **Anais**. Piracicaba: SBZ, 2001.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL. **Official methods of analysis**. 15.ed. Arlington, 1990. v.1, 1117p.
- ASTRUP, H.N.; VIK-MO, L.; EKERN, A. et al. Feeding protected and unprotected oils to dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.59, p.426-430, 1975.
- BAKER, L.D.; FERGUSON, J.D.; CHALUPA, W. Responses in urea and true protein of milk to different protein feeding schemes for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.78, p.2424-2434, 1995.
- BARRAZA, M.L.; COPPOCK, C.E.; BROOKS, K.N. et al. Iron sulfate and feed pelleting to detoxify free gossypol in cottonseed diets for dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3457-3467, 1991.
- BEEVER, D.E.; COTTRELL, B.R. Protein systems for feeding ruminant livestock: A European assessment. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.2031-2043, 1994.
- BELIBASAKIS, N.G.; TSIRGOGIANNI, D. Effects of wet brewers grains on milk yield, milk composition and blood components of dairy cows in hot weather. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.175-181, 1996.
- BERNARD, J.K. Milk production and composition responses to source of protein supplement in diets containing wheat middlings. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.938-942, 1997.
- BIBBY, J.; TOUTENBURG, H. **Prediction and improved estimation in linear models**. London: John Wiley, 1977. 188p.
- BLACKWELDER, J.T.; HOPKINS, B.A.; DIAZ, D.E. et al. Milk production and plasma gossypol of cows fed cottonseed and oilseed meals with or without rumen-undegradable protein. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.2934-2941, 1998.
- BLAUWIEKEL, R.; XU, S.; HARRISON, J.H. et al. Effect of whole cottonseed, gossypol, and ruminally protected lysine supplementation on milk yield and composition. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.1358-1365, 1997.

- BOSTON, R.C.; FOX, D.G.; SNIFFEN, C. et al. The conversion of a scientific model describing dairy cow nutrition and production to an industry tool: the CPM Dairy Project. In: McNAMARA, J.P.; FRANCE, J.; BEEVER, D.E. (Ed.). **Modelling nutrient utilization in farm animals**. London: CABI Publishing, 2000. p.361-377.
- BRESSANI, R.; ELIAS, L.G.; BRAHAM, J.E. All vegetable protein mixtures for human feeding. XV. Studies in dogs on the absorption of gossypol from cottonseed flour containing vegetable protein mixtures. **Journal of Nutrition**, v.83, p.209-217, 1964.
- BRODERICK, G.A. Relative value of solvent and expeller soybean meal for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.69, p.2948-2958, 1986.
- BRODERICK, G.A. Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.1370-1381, 2003.
- BRODERICK, G.A.; CLAYTON, M.K. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.2964-2971, 1997.
- BRODERICK, G.A.; CRAIG, W.M.; RICKER, D.B. Urea versus true protein as supplement for lactating dairy cows fed grain plus mixtures of alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.2266-2274, 1993.
- CALHOUN, M.C.S.; KUHLMANN, S.W.; BALDWIN, B.C. Assessing the gossypol status of cattle fed cottonseed products. In: PACIFIC NORTHWEST ANIMAL NUTRITION CONFERENCE, Portland, 1995. **Proceedings**. Corvallis: University of Oregon, 1995. p.1-14.
- CALLISON, S.L.; FIRKINS, J.L.; EASTRIDGE, M.L. et al. Site of nutrient digestion by dairy cows fed corn of different particle sizes or steam-rolled. **Journal of Dairy Science**, v.84, p.1458-1467, 2001.
- CAMERON M.R.; KLUSMEYER, T.H.; LYNCH, G.L. et al. Effects of urea and starch on rumen fermentation, nutrient passage to the duodenum, and performance of cows. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.1321-1336, 1991.
- CANFIELD, R.W.; SNIFFEN, C.J.; BUTLER, W.R. Effects of excess degradable protein on postpartum reproduction and energy balance in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.73, p.2342-2349, 1990.

- CARMO, C.A.; SANTOS, F.A.P.; IMAIZUMI, H. et al. Substituição do farelo de soja por uréia ou amiréia em dietas para vacas leiteiras em final de lactação (compact disc). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., Piracicaba, 2001. **Anais**. Piracicaba: SBZ, 2001.
- CASPER, D.P.; SCHINGOETHE, D.J. Evaluation of urea and dried whey in diets of cows during early lactation. **Journal of Dairy Science**, v.69, p.1346-1354, 1986.
- CASPER, D.P.; SCHINGOETHE, D.J.; EISENBEISZ, W.A. Response of early lactation dairy cows fed diets varying in source of nonstructural carbohydrate and crude protein. **Journal of Dairy Science**, v.73, p.1039-1050, 1990.
- CHALUPA, W.; FERGUSON, J.D. Recent concepts in protein utilization for ruminants. In: SOUTHWEST NUTRITION AND MANAGEMENT CONFERENCE, Tucson, 1988. **Proceedings**. Tucson: University of Arizona, 1988. p.39-51.
- CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, v.8, p.130-132, 1962.
- CHEN, K.H.; HUBER, J.T.; THEURER, C.B. et al. Effect of protein quality and evaporative cooling on lactational performance of Holstein cows in hot weather. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.819-825, 1993.
- CHIOU, P.W.S.; CHEN, C.R.; CHEN, K.J et al. Wet brewers' grains or bean curd pomace as partial replacement of soybean meal for lactating cows. **Animal Feed Science and Technology**, v.74, p.123-134, 1998.
- CHIOU, P.W.S.; YU, B.; WU, S.S. et al. Effect of dietary protein source on performances and rumen characteristics of dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, v.68, p.339-351, 1997.
- CLARK, J.H.; KLUSMEYER, T.H.; CAMERON, M.R. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.2304-2323, 1992.
- CLARK, J.H.; MURPHY, M.R.; CROOKER, B.A. Supplying the protein needs of dairy cattle from by-product feeds. **Journal of Dairy Science**, v.70, p.1092-1109, 1987.
- COLIN-SCHOELLEN, O.; JURJANZ, S.; LAURENT, F. Metabolizable protein supply (PDIE) and restricted level of ruminally degradable nitrogen (PDIN) in total mixed rations: effect on milk production and composition and on nitrogen utilization by dairy cows. **Livestock Production Science**, v.67, p.41-53, 2000.

- COTTA, M.A.; RUSSELL, J.B. The effect of peptides and amino acids on deficiency of rumen bacterial protein synthesis in continuous culture. **Journal of Dairy Science**, v.65, p.226-234, 1982.
- COZZI, G.; POLAN, C.E. Corn gluten meal or dried brewers grain as partial replacement for soybean meal in the diet of Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.825-834, 1994.
- DAKOWSKI, P.; WEISBJERG, M.R.; HVELPLUND, T. The effect of temperature during processing of rape seed meal on amino acid degradation in the rumen and digestion in the intestine. **Animal Feed Science and Technology**, v.58, p.213-226, 1996.
- DANKE, R.J.; PANCIERE, R.J.; TILLMAN, A.D. Gossypol toxicity studies with sheep. **Journal of Animal Science**, v.24, p.1199-1204, 1965.
- DAVIDSON, S.; HOPKINS, B.A.; DIAZ, D.E. et al. Effects of amount and degradability of dietary protein on lactation, nitrogen utilization, and excretion in early lactation Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.1681-1689, 2003.
- DAVIS, C.L.; GRENAWALT, D.A.; McCOY, G.C. Feeding value of pressed brewers' grains for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.66, p.73-79, 1983.
- DePETERS, E.J.; CANT, J.P. Nutritional factors influencing the nitrogen composition of bovine milk: a review. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.2043-2070, 1992.
- DePETERS, E.J.; FADEL, J.G.; AROSEMENA, A. Digestion kinetics of neutral detergent fiber and chemical composition within some selected by-product feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, v.67, p.127-140, 1997.
- DHIMAN, T.R.; BINGHAM, H.R.; RADLOFF, H.D. Production response of lactating cows fed dried versus wet brewer's grain in diets with similar dry matter content. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.2914-2921, 2003.
- DUNLAP, T.F.; KOHN, R.A.; DOUGLASS, L.W. et al. Diets deficient in rumen undegradable protein did not depress milk production. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.1806-1812, 2000.
- EDWARDS, J.S.; BARTLEY, E.E.; DAYTON, A.D. Effects of dietary-protein concentration on lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.63, p.243-248, 1980.
- FADEL, J.G. Quantitative analyses of selected plant by-product feedstuffs, a global perspective. **Animal Feed Science and Technology**, v.79, p.255-268, 1999.

- FERGUSON, J.D.; CHALUPA, W. Impact of protein nutrition on reproduction in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.72, p.746-766, 1989.
- FOX, D.G.; SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3578-3596, 1992.
- FRASER, D.L.; ØRSKOV, F.G.; WHITELAW, F.G. et al. Limiting amino acids in dairy cows given casein as the sole source of protein. **Livestock Production Science**, v.28, p.235-252, 1991.
- FUENTES-PILA, J.; IBAÑEZ, M.; DE MIGUEL, J.M. et al. Predicting average feed intake of lactating Holstein cows fed totally mixed rations. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.309-323, 2003.
- GARTHWAITE, B.D.; SCHWAB, C.G.; SLOAN, B.K. Amino acid nutrition of the early lactation cow. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE, New York, 1998. Ithaca: Cornell University, 1998. p.38-50.
- GAYNOR, P.J.; ERDMAN, R.A.; TETER, B.B. et al. Milk-fat yield and composition during abomasal infusion of cis or trans octadecenoates in holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.157-165, 1994.
- GRANT, R.J. Interactions among forages and nonforage fiber sources. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.1438-1446, 1997.
- GRINGS, E.E.; ROFFLER, R.E.; DEITELHOFF, D.P. Response of dairy cows in early lactation to additions of cottonseed meal in alfalfa-based diets. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.2580-2587, 1991.
- HAGEMEISTER, H. Utilization of fat in dairy cattle feeding with attention being placed on trans fatty acids formed in the rumen. Kiel. Milchwirtsch. **Forschungsber**, v.42, p.271-275, 1990.
- HARFOOT, C.G.; HAZELWOOD, G.P. Lipid metabolism in the rumen. In: HOBSON, P.N. (Ed.). **The rumen microbial ecosystem**. London: Elsevier Science, 1988. p.285-322.
- HARVEY, J.W. Erythrocyte metabolism. In: KANEKO, J.J. (Ed). **Clinical biochemistry of domestic animals**. 4.ed. New York: Academic Press, 1989. p.185-173.

- HERRERA-SALDANA, R.; HUBER, J.T. Influence of varying protein and starch degradabilities on performance of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.72, p.1477-1483, 1989.
- HERRERA-SALDANA, R.; GOMES-ALARCON, R.; TORABI, M. et al. Influence of synchronizing protein and starch degradation in the rumen on nutrient utilization and microbial protein synthesis. **Journal of Dairy Science**, v.73, p.142-148, 1990.
- HIGGINBOTHAM, G.E.; TORABI, M.; HUBER, J.T. Influence of dietary protein concentration and degradability on performance of cows during hot environmental temperatures. **Journal of Dairy Science**, v.72, p.2554-2564, 1989.
- HOF, G.; VERVOORN, M.D.; LENAERS, P.J. et al. Milk urea nitrogen as a tool to monitor the protein nutrition of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.3333-3340, 1997.
- HOFFMAN, P.C.; ARMENTANO, L.E. Comparison of brewers wet and dried grains and soybean meal as supplements for dairy cattle. **Nutritional Reports International**, v.38, p.655-663, 1988.
- HOOVER, C.W.; STOKES, S.R. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3630-3644, 1991.
- HUBER, J.T.; CHEN, K.H. Protein quality in diets for high producing dairy cows. In: SOUTHWEST NUTRITION AND MANAGEMENT CONFERENCE, Scottsdale, 1992. **Proceedings**. Scottsdale: University of Arizona, 1992. p.73-81.
- HUBER, J.T.; HERRERA-SALDANA, R. Synchrony of protein and energy supply to enhance fermentation. In: ASPLUND, J.M. (Ed). **Principles of protein nutrition of ruminants**. Boca Raton: CRC Press, 1994. p.113-126.
- HUBER, J.T.; KUNG Jr., L. Protein and non-protein nitrogen utilization by dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.64, p.1170-1195, 1981.
- HUBER, J.T.; SANTOS, F.A.P. The role of bypass protein in diets for high producing cows. In: SOUTHWEST NUTRITION AND MANAGEMENT CONFERENCE, Phoenix, 1996. **Proceedings**. Phoenix: Univ. Arizona, 1996. p.55-65.
- HUNGATE, R.E. **The rumen and its microbes**. New York: Academic Press. 1966. 533p.
- HUNTINGTON, G.B. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. **Journal of Animal Science**, v.75, p.852-867, 1997.

- IMAIZUMI, H.; SANTOS, F.A.P.; PIRES, A.V. et al. Avaliação de diferentes fontes e teores de proteína na dieta sobre o desempenho, fermentação ruminal e parâmetros sanguíneos de vacas da raça Holandesa em final de lactação. **Acta Scientiarum**, v.24, p.1031-1037, 2002.
- INGVARTSEN, K.L. Models of voluntary food intake in cattle. **Livestock Production Science**, v.39, p.19-38, 1994.
- JOHNSON, C.O.L.E.; HUBER, J.T.; KING, K.J. Storage and utilization of brewers wet grains in diets for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.70, p.98-107, 1987.
- KAIM, M.; NEUMARK, H.; FOLMAN, Y. et al. The effect of two concentrations of dietary protein and of formaldehyde treated soyabean meal on the performance of high yielding dairy cows. **Animal Production**, v.44, p.333-345, 1987.
- KING, K.J.; HUBER, J.T.; SADIK, M. et al. Influence of dietary protein sources on the amino acid profiles available for digestion and metabolism in lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.73, p.3208-3216, 1990.
- KOHN, R.A.; KALSCHUR, K.F.; HANIGAN, M. Evaluation of models for balancing the protein requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.3401-3414, 1998.
- KUNG Jr., L.; HUBER, J.T. Performance of high producing cows in early lactation fed protein of varying amounts, sources and degradability. **Journal of Dairy Science**, v.66, p.227-234, 1983.
- LAHR, D.A.; OTTERBY, D.E.; JOHNSON, D.G. et al. Effects of moisture content of complete diets on feed intake and milk production by cows. **Journal of Dairy Science**, v.66, p.1891-1900, 1983.
- LINDSEY, T.O.; HAWKINS, G.E.; GUTHRIA, L.D. Physiological response of lactating cows to gossypol from cottonseed meal rations. **Journal of Dairy Science**, v.63, p.562-573, 1980.
- LINES, L.W.; WEISS, W.P. Use of nitrogen from ammoniated alfalfa hay, urea, soybean meal and animal protein meal by lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.79, p.1992-1999, 1991.
- MCCARTHY, F.D.; NORTON, S.A.; McCLURE, W.H. Utilization of an ensiled wet brewers grains-corn mixture by growing lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v.28, p.29-38, 1990.

- MENA, H.; SANTOS, J.E.P.; HUBER, J.T. et al. The effects of feeding varying amounts of gossypol from whole cottonseed and cottonseed meal in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.84, p.2231-2239, 2001.
- MERCHEN, N.; HANSON, T.; KLOPFENSTEIN, T. Ruminal bypass of brewers dried grains protein. **Journal of Animal Science**, v.49, p.192-198, 1979.
- MOORBY, J.M.; DEWHURST, R.J.; THOMAS, C. et al. The influence of dietary energy source and dietary protein level on milk protein concentration from dairy cows. **Animal Science**, v.63, p.1-10, 1996.
- MOORE, J.A.; POORE, M.H.; ECK, T.P. et al. Sorghum grain processing and buffer addition for early lactation dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.3465-3472, 1992.
- MURDOCK, F.R.; HODGSON, A.S.; RILEY Jr, R.E. Nutritive value of wet brewers grains for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.64, p.1826-1832, 1981.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington: National Academy Press, 2000. 248p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6.ed. Washington: National Academy Press, 1989. 158p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington: National Academy Press, 2001. 408p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Ruminant nitrogen usage**. Washington: National Academy Press, 1985. 138p.
- NOCEK, J.E.; RUSSELL, J.B. Protein and energy as an integrated system: Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. **Journal of Dairy Science**, v.71, p.2070-2107, 1988.
- NOCEK, J.E.; TAMMINGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3598-3629, 1991.
- NOFTSGER, S.M.; HOPKINS, B.A.; DIAZ, D.E. et al. Effect of whole and expanded-expressed cottonseed on milk yield and blood gossypol. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.2539-2547, 2000.

- NORLAN, J.V. Quantitative models of nitrogen metabolism in sheep. In: MacDONALD, I.W.; WANER, A.C.I. (Ed.). **Digestion and metabolism in the ruminant**. Armidale: Univ. New England Publishing Unit, 1975. p.416-431.
- O'CONNOR, J.D.; SNIFFEN, C.J.; FOX, D.G. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: IV. Predicting amino acid adequacy. **Journal of Animal Science**, v.71, p.1298-1311, 1993.
- OLIVEIRA, J.S.; HUBER, J.T.; BENGHEDALIA, D. et al. Influence of sorghum grain processing on performance of lactating dairy-cows. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.575-581, 1993.
- OWENS, F.N.; GOETSCH, A.L. Digesta passage and microbial protein synthesis. In: MILLIGAN, L.P.; GROVUM, W.L.; DOBSON, A. (Ed.). **Control of digestion and metabolism in ruminants**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1986. p.196-223.
- OWENS, F.N.; ZINN, R. Protein metabolism of ruminant animals. In: CHURCH, D.C. (Ed.). **The ruminant animal: digestive physiology and nutrition**. Englewood Cliffs: Simon & Schuster, 1988. cap.2, p.227-249.
- OWENS, F.N.; ZINN, R.A.; KIM, Y.K. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. **Journal of Animal Science**, v.63, p.1634-1648, 1986.
- PENNINGTON, J.A.; DAVIS, C.L. Effects of intraruminal and intra-abomasal additions of cod-liver oil on milk-fat production in cow. **Journal of Dairy Science**, v.58, p.49-55, 1975.
- PEREIRA, J.C.; CARRO, M.D.; GONZÁLEZ, J. et al. Rumen degradability and intestinal digestibility of brewers' grains as affected by origin and heat treatment and of barley rootlets. **Animal Feed Science and Technology**, v.74, p.107-121, 1998.
- PIMENTEL GOMES, F. Ensaios com animais. In: PIMENTEL GOMES, F. (Ed.). **Curso de estatística experimental**. 14.ed. Piracicaba, 2000. p.281-287.
- POLAN, C.E. Protein and amino acid for lactating cows. In: VAN HORN, H.H.; WILCOX, C.J. (Ed.). **Large dairy herd management**. Champaign: American Dairy Science Association, 1992. p.236-247.
- POLAN, C.E.; HERRINGTON, T.A.; WARK, W.A. et al. Milk production response to diets supplemented with dried brewers grains, wet brewers grains, or soybean meal. **Journal of Dairy Science**, v.68, p.2016-2026, 1985.

- PRIETO, J.G.; DePETERS, E.J.; ROBINSON, P.H. et al. Increasing dietary levels of cracked Pima cottonseed increase plasma gossypol but do not influence productive performance of lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.254-267, 2003.
- RAJALA-SCHULTZ, P.J.; SAVILLE, W.J.A.; FRAZER, G.S. et al. Association between milk urea nitrogen and fertility in Ohio dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.84, p.482-489, 2001.
- REIS, R.B.; COMBS, D.K. Effects of corn processing and supplemental hay on rumen environment and lactation performance of dairy cows grazing grass-legume pasture. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.2529-2538, 2000.
- REIS, R.B.; SAN EMETERIO, F; COMBS, D.K. et al. Effects of corn particle size and source on performance of lactating cows fed direct-cut grass-legume forage. **Journal of Dairy Science**, v.84, p.429-441, 2001.
- REISER, R.; FU, H.C. Mechanism of gossypol detoxification by ruminant animals. **Journal of Nutrition**, v.76, p.215-218, 1962.
- REYNAL, S.M.; BRODERICK, G.A. Effects of feeding dairy cows protein supplements of varying ruminal degradability. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.835-843, 2003.
- RISCO, C.A.; HOLMBERG, C.A.; KUTCHES, A. Effect of graded concentrations of gossypol on calf performance: toxicological and pathological considerations. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.2787-2798, 1992.
- ROBINSON, P.H. Dynamic aspects of feeding management for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.72, p.1197-1209, 1989.
- ROSELER, D.K.; FOX, D.G.; PELL, A.N. et al. Evaluation of alternative equation for prediction of intake for Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.864-877, 1997a.
- ROSELER, D.K.; FOX, D.G.; PELL, A.N. et al. Development and evaluation of equations for prediction of feed intake for lactating Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.878-893, 1997b.
- ROUNDS, W.; KLOPFENSTEIN, T. Brewers dried grains in ruminant ration. **Journal of Animal Science**, v.41, p.415, 1975. /Abstracts/

- RULQUIN, H.; VERITÉ, R. Amino acid nutrition of dairy cows: Productive effects and animal requirements. In: GARNSWORTHY, P.C.; COLE, D.J.A. (Ed). **Recent advances in animal nutrition**. Nottingham: Nottingham University Press, 1993. p.55-77.
- RUSSELL, J.B.; HESPELL, R.B. Microbial rumen fermentation. **Journal of Dairy Science**, v.64, p.1153-1169, 1981.
- RUSSELL, J.B.; SNIFFEN, C.J. Effect of carbon-4 and carbon-5 volatile fatty-acids on growth of mixed rumen bacteria invitro. **Journal of Dairy Science**, v.67, p.987-994, 1984.
- RUSSELL, J.B.; SNIFFEN, C.J.; VAN SOEST, P.J. Effect of carbohydrate limitation on degradation and utilization of casein by mixed rumen bacteria. **Journal of Dairy Science**, v.66, p.763-775, 1983.
- RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, D.J.; FOX, D.G. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3551-3561, 1992.
- SAN EMETERIO, F.; REIS, R.B.; CAMPOS, W.E. et al. Effect of coarse or fine grinding on utilization of dry or ensiled corn by lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.2839-2848, 2000.
- SANCHEZ, R.; CLAYPOOL, D.W. Canola meal as a protein supplement in dairy rations. **Journal of Dairy Science**, v.66, p.80-85, 1983.
- SANTOS, F.A.P. Efeito de fontes protéicas e processamento de grãos no desempenho de vacas de leite e digestibilidade dos nutrientes. Piracicaba, 1998. 105p. Tese (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- SANTOS, F.A.P. Effect of sorghum grain processing and protein source on performance and nutrient utilization by lactating dairy cows. Tucson, 1996. 140p. Thesis (Ph.D.) - University of Arizona.
- SANTOS, F.A.P.; HUBER, J.T.; THEURER, C.B. et al. Comparison of barley and sorghum grain processed at different densities for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.2098-2103, 1997a.
- SANTOS, F.A.P.; HUBER, J.T.; THEURER, C.B. et al. Response of lactating dairy cows to various densities of sorghum grain. **Journal of Animal Science**, v.75, p.1681-1685, 1997b.

- SANTOS, F.A.P.; HUBER, J.T.; THEURER, C.B. et al. Milk yield and composition of lactating cows fed steam-flaked sorghum and graded concentrations of ruminally degradable protein. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.215-220, 1998a.
- SANTOS, F.A.P.; SANTOS, J.E.P.; THEURER, C.B. et al. Effects of rumen-undegradable protein on dairy cow performance: a 12-year literature review. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.3182-3213, 1998b.
- SANTOS, J.E.P.; VILLASEÑOR, M.; DePETERS, E.J. et al. Type of cottonseed and level of gossypol in diets of lactating dairy cows: Effects on lactation performance and plasma gossypol. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.1491-1501, 2002.
- SANTOS, J.E.P.; VILLASEÑOR, M.; ROBINSON, P.H. et al. Type of cottonseed and level of gossypol in diets of lactating dairy cows: Plasma gossypol, health, and reproductive performance. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.892-905, 2003a.
- SANTOS, M.; JIMÉNEZ, J.J.; BARTOLOMÉ, B. et al. Variability of brewer's spent grain within a brewery. **Food Chemistry**, v.80, p.17-21, 2003b.
- SAS INSTITUTE. **SAS user's guide**: statistics, version 5. Cary: Statistical Analysis System Institute, 1991. 1028p.
- SATTER, L.D. Protein supply from undegraded dietary protein. **Journal of Dairy Science**, v.69, p.2734-2749, 1986.
- SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. **British Journal of Nutrition**, v.32, p.199-208, 1974.
- SCHINGOETHE, D.J. Protein quality and amino acid supplementation in dairy cattle. In: SOUTHWEST NUTRITION AND MANAGEMENT CONFERENCE, Phoenix, 1991. **Proceedings**. Tucson: University of Arizona, 1991. p.101-106.
- SCHNEIDER, R.M.; HARRISON, J.H.; LONEY, K.A. The Effects of bacterial inoculants, beet pulp, and propionic-acid on ensiled wet brewers grains. **Journal of Dairy Science**, v.78, p.1096-1105, 1995.
- SCHWAB, C.G. Amino acid nutrition of the dairy cow: current status. In: CORNELL UNIVERSITY NUTRITION CONFERENCE, Ithaca, 1996. **Proceedings**. Ithaca: Cornell University Press. 1996. p.184-198.
- SCHWAB, C.G. Optimizing amino acid nutrition for optimum yields of milk and milk protein. In: SOUTHWEST NUTRITION AND MANAGEMENT CONFERENCE, Tucson, 1994. **Proceedings**. Tucson: University of Arizona, 1994. p.114-129.

- SCHWAB, C.G.; BOZAK, C.K.; WHITEHOUSE, N.L. et al. Amino acid limitation and flow to the duodenum at four stages of lactation. 2. Extent of lysine limitation. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.3503-3518, 1992a.
- SCHWAB, C.G.; BOZAK, C.K.; WHITEHOUSE, N.L. et al. Amino acid limitation and flow to duodenum at four stages of lactation. 1. Sequence of lysine and methionine limitation. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.3486-3502, 1992b.
- SEYMOUR, W.M.; POLAN, C.E. Dietary energy regulation during gestation on subsequent lactational response to soybean meal or dried brewers grains. **Journal of Dairy Science**, v.69, p.2837-2845, 1986.
- SILVA, D.J. **Análise de alimentos: métodos químicos e bromatológicos**. 2.ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 1990. 165p.
- SLOAN, B. **Practical formulation of dairy rations**.
<https://www.adisseonorthamerica.com/smartamineguide/Practical%20Formulation%20of%20Diary%20Rations.asp#14>. 2002. (18 nov. 2003).
- SLOAN, B.K.; GARTHWAITE, B.D.; SCHWAB, G.S. Fine-tuning sub-model may optimize production. **Feedstuffs**, v.71, p.11-15, Aug.1999.
- SNIFFEN, C.J.; ROBINSON, P.H. Microbial growth and flow as influenced by dietary manipulations. **Journal of Dairy Science**, v.70, p.425-441, 1987.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562-3577, 1992.
- 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**, v.83, p.1520-1529. 2000.
- SUTTON, J.D. Altering milk composition by feeding. **Journal of Dairy Science**, v.72, p.2801-2814, 1989.
- SUTTON, J.D.; ASTON, K.; BEEVER, D.E. et al. Milk production from grass silage diets: effects of high-protein concentrates for lactating heifers and cows on intake, milk production and milk nitrogen fractions. **Animal Science**, v.62, p.207-215, 1996.
- TAMMINGA, S. Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.345-357, 1992.

- THEURER, C.B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, v.63, p.1649-1662, 1986.
- THEURER, C.B.; HUBER, J.T.; DELGADO-ELORDUY, A. et al. Invited review: Summary of steam-flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.82, p.1950-1959, 1999.
- THEURER, C.B.; HUBER, J.T.; SANTOS, F.A.P. Feeding and managing for maximal milk protein. In: SOUTHWEST NUTRITION AND MANAGEMENT CONFERENCE, Ahwatukee, 1995. **Proceedings**. Tucson: University of Arizona, 1995. p.59-67.
- UCHIDA, K.; BALLARD, C.S.; MANDEBVU, P. et al. Effect of variation in proportion of cornmeal and steam-rolled corn in diets for dairy cows on behavior, digestion, and yield and composition of milk. **Journal of Dairy Science**, v.84, p.453-461, 2001.
- VAN HORN, H.H.; ZOMETA, C.A.; WILCOX, C.J. et al. Complete rations for dairy cattle. VIII. Effect of percent and source of protein on milk yield and ration digestibility. **Journal of Dairy Science**, v.62, p.1086-1093, 1979.
- VAN SOEST, P.J. Ruminant fat metabolism with particular reference to factors affecting low milk fat and feed efficiency. A review. **Journal of Dairy Science**, v.46, p.204-216, 1963.
- VAN SOEST, P.J. **Nutrition ecology of the ruminants**. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.
- 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**, v.74, p.3583-3596, 1991.
- VELASQUEZ-PEREIRA, J.; McDOWELL, L.R.; RISCO, C.A. et al. Effects on performance, tissue integrity, and metabolism of vitamin E supplementation for beef heifers fed diet that contains gossypol. **Journal of Animal Science**, v.76, p.2871-2884, 1998.
- VIRTANEN, A.I. Milk production of cows on protein-free feeds. **Science**, v.153, p.1603-1614, 1966.
- WAN, P.J.; CALHOUN, M.C.; HRON, R.J. et al. Processing effect on gossypol availability. **Inform**, v.6, n.4, p.486, 1995.
- WEST, J.W.; ELY, L.O.; MARTIN, S.A. Wet brewers grains for lactating dairy cows during hot, humid weather. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.196-204, 1994.

- 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**, v.65, p.495-501, 1982.
- WONSIL, B.J.; HERBEIN, J.H.; WATKINS, B.A. Dietary and ruminally derived trans-18/1 fatty-acids alter bovine-milk lipids. **Journal of Nutrition**, v.124, p.556-565, 1994.
- WU, Z.; HUBER, J.T. Relationship between dietary fat supplementation and milk protein concentration in lactating cows: A review. **Livestock Production Science**, v.39, p.141-155, 1994.
- YU, P.; HUBER, J.T.; SANTOS, F.A.P. et al. Effects of ground, steam-flaked, and steam-rolled corn grains on performance of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.777-783, 1998.

APÊNDICES

APÊNDICE 1

Código utilizados no pacote estatístico SAS (1991) para checagem de distribuição normal dos erros:

```
/****** TESTE DE NORMALIDADE ******/  
proc glm;  
  class PERIODO TRAT LOTE;  
  model variavel=TRAT PERIODO LOTE;  
  output out=N student=UD;  
  run;  
proc univariate normal plot DATA=N;  
  var UD;  
  run;
```

APÊNDICE 2

Códigos utilizados no pacote estatístico SAS (1991) para análises de desempenho lactacional dos animais do experimento do Capítulos 3:

```

/***** ANALISE DE VARIANCIA PARA DESEMPENHO *****/
/***** Delineamento em Blocos Casualizados *****/
/***** (medidas repetidas no tempo) *****/

```

```

proc mixed;
  class TRAT BLOCO SEMANA;
  model VARIABEL = TRAT SEMANA TRAT*SEMANA /ss3;
  random BLOCO;
  lsmeans TRAT TRAT*SEMANA / pdiff;
run;

```

```

/***** ANALISE DE VARIANCIA PARA N-UREICO *****/
/***** Delineamento Inteiramente Casualizado *****/
/***** (medidas repetidas no tempo) *****/

```

```

proc mixed;
  class TRAT HORA;
  model UREIA= TRAT HORA TRAT*HORA /ss3;
  random VACA;
  lsmeans TRAT HORA TRAT*HORA /pdiff;
run;

```


APÊNDICE 3

Códigos utilizados no pacote estatístico SAS (1991) para análises de consumo de MS e desempenho lactacional dos animais do experimento com teores crescentes de farelo de algodão na dieta (Capítulo 4):

```

/***** ANALISE DE VARIANCIA PARA CONSUMO DE MS *****/
/*****          Quadrado latino simples 4x4          *****/

```

```

proc glm;
  class PERIODO TRAT LOTE;
  model CMS = PERIODO TRAT LOTE / ss3;
  contrast 'EFEITO LINEAR'      TRAT   -1 0 1 ;
  contrast 'EFEITO QUADRATICO'  TRAT   -1 2 -1 ;
  lsmeans TRAT / adjust=tukey pdiff stderr ;
run;

```

```

/***** ANALISE DE VARIANCIA PARA DESEMPENHO *****/
/*****          Quadrado latino repetido          *****/

```

```

proc glm;
  class PERIODO REP TRAT VACA;
  model VARIABEL = REP VACA(REP) PERIODO(REP) TRAT / ss3;
  contrast 'EFEITO LINEAR'      TRAT   -1 0 1 ;
  contrast 'EFEITO QUADRATICO'  TRAT   -1 2 -1 ;
  lsmeans TRAT / adjust=tukey pdiff stderr ;
run;

```

APÊNDICE 4

Códigos utilizados no pacote estatístico SAS (1991) para análises de consumo de MS e desempenho lactacional dos animais do experimento do Capítulo 5:

```
/****** ANALISE DE VARIANCIA PARA CONSUMO DE MS *****/  
/******          Quadrado latino simples 4x4          *****/
```

```
proc glm;  
  class TRAT PERIODO LOTE;  
  model CMS = TRAT PERIODO LOTE / ss3;  
    lsmeans TRAT / adjust=tukey pdiff stderr ;  
run;
```

```
/****** ANALISE DE VARIANCIA PARA DESEMPENHO *****/  
/******          Quadrado latino repetido          *****/
```

```
proc glm;  
  class PERIODO REP TRAT VACA;  
  model VARIABEL = REP VACA(REP) PERIODO(REP) TRAT / ss3;  
    lsmeans TRAT / adjust=tukey pdiff stderr ;  
run;
```

APÊNDICE 5

Códigos utilizados no pacote estatístico SAS (1991) para análises de consumo de MS e desempenho lactacional dos animais do experimento com teores crescentes de resíduo úmido de cervejaria na dieta (Capítulo 6):

```

/***** ANALISE DE VARIANCIA PARA CONSUMO DE MS *****/
/*****          Quadrado latino simples 4x4          *****/

proc glm;
  class TRAT PERIODO LOTE;
  model consms = TRAT PERIODO LOTE / ss3;
  contrast 'EFEITO LINEAR'      TRAT  -1  0  1  0;
  contrast 'EFEITO QUADRATICO'  TRAT   1 -2  1  0;
  contrast 'U vs 0%'           TRAT  -1  0  0  1;
  lsmeans TRAT / adjust=tukey pdiff stderr ;
run;

/***** ANALISE DE VARIANCIA PARA DESEMPENHO *****/
/*****          Quadrado latino repetido          *****/

proc glm;
  class PERIODO REP TRAT VACA;
  model VARIABEL = REP VACA(REP)PERIODO(REP) TRAT / ss3;
  contrast 'EFEITO LINEAR'      TRAT  -1  0  1  0;
  contrast 'EFEITO QUADRATICO'  TRAT   1 -2  1  0;
  contrast 'U vs 0%'           TRAT  -1  0  0  1;
  lsmeans TRAT / adjust=tukey pdiff stderr ;
run;

```

APÊNDICE 6

Códigos utilizados no pacote estatístico SAS (1991) para análises de desempenho lactacional dos animais do experimento com silagem de resíduo úmido de cervejaria (Capítulo 6):

```
/**          ANALISE DE VARIANCIA PARA DESEMPENHO          ***/  
/** SEQ = sequencia de fornecimento da dieta (1 ou 2) ***/  
  
proc glm;  
  class PERIODO SEQ TRAT VACA;  
  model VARIAVEL = PERIODO SEQ VACA(SEQ) TRAT / ss3;  
    random VACA(SEQ);  
    test h=SEQ e=VACA(SEQ);  
    lsmeans TRAT / adjust=tukey pdiff stderr ;  
run;
```

APÊNDICE 7

Custo das dietas testadas no Capítulo 4:

Ingrediente ^a	TRATAMENTOS ^b					
	FS		FA-15		FA-30	
	kg MS/dia	R\$/dia	kg MS/dia	R\$/dia	kg MS/dia	R\$/dia
Silagem de milho	45,98	7,36	45,98	7,36	45,98	7,36
Farelo de soja	21,56	15,05	10,76	7,51	0,00	0,00
Farelo de algodão	0,00	0,00	15,00	6,90	30,00	13,80
Milho moído fino	13,27	4,63	10,86	3,79	8,36	2,92
Polpa cítrica peletizada	13,27	3,20	10,86	2,62	8,36	2,01
Uréia	0,24	0,16	0,24	0,16	0,28	0,19
Minerais e vitaminas	2,51	2,51	2,51	2,51	2,51	2,51
Bicarbonato de sódio	0,71	0,42	0,71	0,42	0,71	0,42
Sebo	2,46	1,48	3,08	1,85	3,80	2,28
Total	100,00	38,81		33,12		31,49

^a Preços dos ingrediente (R\$/ton MS): silagem de milho = 160,00; farelo de soja = 698,00; farelo de algodão = 460,00; milho moído fino = 349,00; polpa cítrica peletizada = 241,00; uréia = 679,00; bicarbonato de sódio = 595,00. Valores médios praticados no ano de 2003, levantados do Boletim Semanal Boi & Companhia (Scot Consultoria)

Preços dos ingredientes (R\$/ton): minerais e vitaminas = 1.000,00; sebo = 600,00. Preços pagos em Piracicaba, SP, em julho de 2001.

^b Tratamentos: FS = dieta com farelo de soja (FS), exclusivamente, como ingrediente protéico; FA-15 = dieta com 15% de farelo de algodão (FA) na MS e contendo também FS; FA-30 = dieta com 30% de FA na MS e com ausência de FS

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](#)