

Vacas leiteiras submetidas a diferentes estratégias alimentares. Digestibilidade e balanço de energia

Ricardo Alexandre Silva Pessoa¹, Marcelo de Andrade Ferreira^{1*}, Luis Evandro de Lima², Mário de Andrade Lira², Antônio Sherlânea Chaves Vêras¹, Aldrin Ederson Vilanova Silva¹, Maria Yolanda Sosa¹, Marcilio Azevedo¹, Karine Florentino Miranda¹, Fabiana Maria da Silva¹ e Airon Aparecido Silva de Melo¹

¹Departamento de Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco (Ufrpe). Rua Dom Manoel de Medeiros s/n, 52171-900, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil. ²Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (Ipa). Autor para correspondência. e-mail: ferreira@ufrpe.br

RESUMO. O trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de cinco estratégias de alimentação sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes e balanço de energia líquida de lactação. Cinco vacas da raça Holandesa foram distribuídas em um quadrado latino (5x5). As estratégias foram: mistura completa: MC; ingredientes separados: IS; silagem de sorgo + concentrado juntos e palma separada: S+C/P; palma + concentrado juntos e silagem de sorgo separada: P+C/S; palma + silagem de sorgo juntas e concentrado separado: P+S/C. A digestibilidade aparente da matéria seca (DMS), matéria orgânica (DMO), proteína bruta (DPB), extrato etéreo (DEE), carboidratos-totais (DCHT), carboidratos-não-fibrosos (DCNF), fibra em detergente neutro (DFDN) e o teor de NDT (67,16; 68,97; 77,24; 52,97; 66,72; 73,39; 53,42; 62,73%, respectivamente) não foram influenciados ($p>0,05$) pelas diferentes estratégias (MC, IS, S+C/P, P+C/S, P+S/C). Melhor utilização da energia foi verificada quando a palma foi associada à silagem de sorgo.

Palavras-chave: *Opuntia ficus*, mistura completa, ingredientes separados.

ABSTRACT. Milking cows submitted to distinct feeding strategies. Energy balance and digestibility. The aim of this work was to evaluate the effects of five feeding strategies on the apparent digestibility of the nutrients and net energy for lactation balance. Five Holstein cows were assigned in a (5X5) latin square design. The strategies were: total mixed ration: TMR; separated ingredients: SI; sorghum silage + concentrate and separated spineless cactus: S+C/SC; spineless cactus + concentrate and separated sorghum silage SC+C/S; spineless cactus + sorghum silage and separated concentrate: SC+S/C. The apparent digestibility of dry matter (DMD), organic matter (MOD), crude protein (CPD), ether extract (EED), total carbohydrates (TCD), nonfiber carbohydrates (NFC), neutral detergent fiber (NDFD) and TDN values (67,16; 68,97; 77,24; 52,97; 66,72; 73,39; 53,42; 62,73%, respectively) was not affected ($P>0,05$) by feeding strategies (MC, IS, S+C/P, P+C/S, P+S/C). The energy utilization was better when spineless cactus was associated with sorghum silage.

Key words: *Opuntia ficus*, total mixed rations, separated ingredients.

Introdução

A digestibilidade do alimento, basicamente, é a sua capacidade de permitir que o animal utilize em maior ou menor escala os seus nutrientes. Na avaliação dos alimentos para ruminantes geralmente, utiliza-se o coeficiente de digestibilidade aparente, o qual é definido como a parte de um determinado nutriente do alimento que não é excretada nas fezes (Silva e Leão, 1979).

O mais importante método para mensuração do valor energético de um alimento é a sua digestibilidade (Csiro, 1990). De acordo com Melo

et al. (2003a), a digestibilidade dos nutrientes é a forma primária de determinação do valor energético dos alimentos, na forma de nutrientes digestíveis totais (NDT), a partir do qual pode-se estimar as concentrações de energia digestível, metabolizável e líquida.

Dentre os métodos de mensuração da digestibilidade aparente destaca-se o método convencional, que consiste na coleta total de fezes. No entanto, o uso de substâncias inertes conhecidas como indicadores tem sido amplamente utilizado para determinação da digestibilidade aparente.

Logicamente, esses indicadores são indigestíveis e podem estar naturalmente presentes no alimento (marcador interno), ou serem adicionados à dieta, administrados oral ou intraruminalmente (marcador externo). De acordo com Astigarra (1997), o uso de indicadores se baseia no fato de que à medida que o alimento transita pelo trato gastrointestinal a concentração do indicador aumenta progressivamente, pela remoção dos outros componentes, por digestão e absorção.

Na utilização dos indicadores internos, além da vantagem de já estarem presentes no alimento, de um modo geral, permanecem uniformemente distribuídos na digesta durante todo o processo de digestão e excreção (Berchielli *et al.*, 2000). Entre os existentes, a fibra indigestível pode ser empregada como indicador interno para estimativa da digestibilidade (Lippke *et al.*, 1986). O emprego da fibra como indicador interno gerou os conceitos determinativos da fibra em detergente neutro indigestível (FDN_i) e da fibra em detergente ácido indigestível (FDA_i), os quais vêm sendo amplamente utilizados em estudos de digestão (Penning e Johnson, 1983; Cochran *et al.*, 1986).

Diferentes sistemas de alimentação têm sido utilizados visando o manejo racional do gado leiteiro. A estratégia de alimentação baseada em mistura completa, ingredientes separados ou em formas intermediárias continua sendo objeto de pesquisa dos nutricionistas, considerando a variabilidade de alimentos disponíveis à nutrição animal e, conseqüentemente, a melhor forma de se fornecê-los.

A palma forrageira (*Opuntia ficus* e *Nopalea cochenillifera*) tem sido utilizada em grande escala na alimentação de vacas leiteiras, essencialmente no Nordeste do Brasil, onde é prática comum seu fornecimento separadamente dos outros ingredientes da ração. Entretanto, deve-se considerar algumas peculiaridades da palma no que diz respeito a sua composição bromatológica. Todos os cultivares são ricos em carboidratos-não-estruturais (CNE), com valores médios, de 50% e 47,4% na matéria seca (MS) para a palma gigante e miúda, respectivamente (Batista *et al.*, 2003), e 63,73% de nutrientes digestíveis totais (NDT), alto teor de umidade (89,3%) e baixos percentuais de FDN (25,37%) e proteína bruta (5,09%) (Melo *et al.*, 2003b). Sendo rica em carboidratos, principalmente CNF, é caracterizada como alimento energético.

Santana *et al.* (1972) e Santos *et al.* (1990) observaram perda de peso nos animais, além de repetidos casos de diarreia, quando do fornecimento da palma forrageira separadamente dos outros

ingredientes em dietas para vacas leiteiras. Wanderley *et al.* (2002), fornecendo palma forrageira em associação com silagem de sorgo na forma de mistura completa e Araújo (2002), fornecendo palma forrageira em associação ao capim elefante, também na forma de mistura completa, ambos trabalhando com vacas leiteiras, ressaltaram a importância dos animais não terem apresentado distúrbios metabólicos, como diarreias, quando do fornecimento da palma sob essa estratégia alimentar, em associação adequada com fontes de alimentos ricos em fibra.

Para Bargo *et al.* (2002a), o efeito positivo da inclusão de fontes de alimentos ricos em fibra efetiva sobre o processo de fermentação ruminal resultou na manutenção de um pH estável e redução na concentração de amônia no rúmen. De acordo com Van Soest (1994), as condições ecológicas do rúmen deveriam ser mantidas dentro de limites que permitissem a normalidade do metabolismo e do crescimento microbiano. Neste sentido, o pH ruminal tem recebido considerável atenção como mecanismo que explicaria as reduções no consumo e na digestibilidade dos alimentos resultantes da suplementação energética, principalmente com suplementos à base de grãos (Caton e Dhuyvetter, 1997), ou alimentos ricos em CNF.

A estratégia de alimentação é fator de suma importância atuante no processo de fermentação ruminal. De acordo com Orskov (1999), o uso da mistura completa como estratégia de alimentação eliminaria a possibilidade de elevado consumo de concentrado, sendo benéfico em termos de manutenção de um pH ruminal alto, desejável para digestão da fibra. Segundo Hoover (1986), a diminuição do pH ruminal para níveis abaixo de 6,0 leva a uma redução marginal na digestão da fibra, enquanto que em pH abaixo de 5,5 o crescimento e a ocorrência de bactérias fibrolíticas no rúmen são deprimidos.

Conforme Yrjänä *et al.* (2003), uma das vantagens do sistema alimentar baseado em mistura completa é a possibilidade de se obter uma adequada sincronização entre o suprimento de energia e nitrogênio para os microrganismos ruminais e, assim, minimizar as flutuações no padrão de fermentação ruminal. Sinclair *et al.* (1993) afirmaram que a sincronia no suprimento de energia e nitrogênio para os microrganismos ruminais aumenta a eficiência de síntese de proteína microbiana no rúmen, o que pode ser convertido, em maior produção.

Por outro lado, o fornecimento de concentrado separadamente pode levar a efeitos deletérios

sobre o ambiente ruminal quando comparado à estratégia alimentar baseada em mistura completa, uma vez que esse ingrediente exerce grande influência sobre o pH do rúmen.

Maekawa *et al.* (2002) observaram diferenças significativas para as condições de pH ruminal ao comparar as estratégias de mistura completa e ingredientes separados, na proporção de 50:50 para os ingredientes silagem e concentrado na dieta de vacas leiteiras, com menores valores de pH ruminal para a estratégia de ingredientes separados, predispondo os animais ao elevado risco de acidose ruminal. Os autores concluíram que a estratégia de mistura completa reduz o risco de acidose subclínica quando comparada à estratégia de ingredientes separados, uma vez que aquela estratégia de alimentação permite controle adequado na participação dos ingredientes na dieta dos animais, evitando consumo excessivo de alguns deles.

Deve-se salientar, contudo, a ausência na literatura de informações relativas à digestibilidade da dieta em ensaios nos quais foram comparadas diferentes estratégias de alimentação (Holter *et al.*, 1977; Davenport *et al.*, 1983; Nocek *et al.*, 1986; Maltz *et al.*, 1992; Nocek, 1997; Ingvarsten *et al.*, 2001; Maekawa *et al.*, 2002), fato também observado por Bargo *et al.* (2002a).

Diante do exposto, foi objetivo deste trabalho avaliar o efeito de diferentes estratégias de alimentação em dietas à base de palma forrageira associada à silagem de sorgo e concentrado sobre os coeficientes de digestibilidade aparente de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), carboidratos-totais (CHOT), carboidratos-não-fibrosos (CNF), fibra em detergente neutro (FDN) e teor de nutrientes digestíveis totais (NDT), além do balanço da energia líquida em vacas Holandesas.

Material e métodos

O presente trabalho foi conduzido na Estação Experimental de São Bento do Una, pertencente à Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), no período de 6 de janeiro a 17 de março de 2003.

Foram utilizadas cinco vacas da raça Holandesa, com peso vivo (PV) médio de 549 kg, produção média de 22 kg de leite/dia e 83 dias de lactação. Os animais foram mantidos em baias individuais com piso de terra, área coberta de 3 m², acrescida de mais 4 m² com sombrite e bebedouros para o fornecimento de água.

Os tratamentos foram dispostos de acordo com o modo de fornecimento do alimento,

sendo: mistura completa = MC; ingredientes separados = IS; silagem de sorgo + concentrado juntos e palma separada = S+C/P; palma + concentrado juntos e silagem de sorgo separada = P+C/S; palma + silagem de sorgo juntos e concentrado separado = P+S/C.

A alimentação foi oferecida à vontade, duas vezes ao dia, às 7h (50%) e às 16h (50%), permitindo sobras em torno de 10% do total da matéria seca (MS) fornecida, que foram recolhidas uma vez ao dia, antes do fornecimento dos alimentos, pela manhã. Para o fornecimento da dieta, foram utilizados cochos individuais, em área coberta, com divisões conforme a estratégia de alimentação utilizada. A composição percentual dos ingredientes da dieta experimental, para todos os tratamentos estudados, foi de: 39% de palma forrageira, 31% de silagem de sorgo e 30% de concentrado, sendo este último composto por 59% de farelo de soja; 33% de farelo de trigo; 3% de uréia; 1,7% de fosfato bicálcico; 1,7% de sal comum e 1,6% de sal mineral.

O delineamento experimental utilizado foi o quadrado latino (5x5), com 5 animais, 5 períodos e 5 formas de fornecimento do alimento. Cada período teve duração de 14 dias, sendo 7 dias para adaptação dos animais às dietas e 7 dias para coleta de dados e amostras (Oliveira *et al.*, 2001).

A dieta foi formulada para atender às exigências nutricionais de vacas com produção diária de 25 kg de leite com 3,5% de gordura e peso vivo médio de 549 kg, segundo as recomendações do NRC (2001). A Tabela 1 apresenta a composição química da dieta experimental e dos seus ingredientes.

Tabela 1. Composição química da dieta experimental e dos seus ingredientes (%), com base na matéria seca (MS).

Item	MS (%)	MO ⁽¹⁾	PB ⁽¹⁾	EE ⁽¹⁾	CHOT ⁽¹⁾	CNF ⁽¹⁾	FDN _{cp} ⁽¹⁾	NDT ⁽¹⁾
Dieta	16,90	89,60	18,30	1,80	69,52	39,22	30,30	62,73
Palma	8,17	89,95	5,94	1,81	82,20	57,84	24,36	ND
Silagem de Sorgo	34,74	93,52	5,78	1,67	86,07	35,06	51,01	ND
Farelo de Soja	88,49	93,72	50,67	1,96	41,09	30,67	10,42	ND
Farelo de Trigo	88,36	93,24	18,15	2,38	72,71	39,74	32,97	ND

⁽¹⁾ % na matéria seca (MS). MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; CHOT = carboidratos totais; CNF = carboidratos-não-fibrosos; FDN_{cp} = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas; NDT = nutrientes digestíveis totais; ND = não determinado.

A palma forrageira utilizada foi a *Opuntia ficus-indica* Mill cv. Gigante, cortada em pequenos pedaços de modo a permitir maior homogeneidade na mistura quando fornecida associada a outro ingrediente, minimizando a seleção animal; e silagem de sorgo forrageiro, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, variedade SF-25, desenvolvida na Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária.

Durante o período de coleta, foram tomadas amostras da dieta fornecida e das sobras, que foram devidamente identificadas, pesadas e levadas à estufa de ventilação forçada a 60°C para pré-secagem. As amostras foram armazenadas em sacos plásticos, devidamente identificados e acondicionados para posteriores processamento e análises laboratoriais.

Para as determinações de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), e extrato etéreo (EE), foram utilizadas as metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002). As análises de fibra em detergente neutro (FDN) foram efetuadas de acordo com Van Soest et al. (1991), com modificação em relação aos sacos, nas quais se utilizaram sacos de náilon com medidas semelhantes ao saco Ankon, sendo as amostras mergulhadas em solução de alfa-amilase e uréia a 8 molar, aquecidas até 90°C, antes de serem submetidas à digestão no aparelho (Van Soest et al., 1991). Em todas as amostras a FDN foi corrigida para cinza e proteína (FDN_{CP}). Para correção da cinza, o resíduo da digestão em detergente neutro foi incinerado em mufla a 600°C por 3 horas, e a correção para proteína foi efetuada submetendo o resíduo da digestão à análise de nitrogênio (Licitra et al., 1996). Na Tabela 2, é apresentada a participação dos ingredientes na dieta dos animais.

Tabela 2. Participação dos ingredientes na dieta dos animais (%), com base no consumo de matéria seca total (CMST), em função das estratégias de alimentação.

Ingredientes	Tratamentos				
	MC	IS	S+C/P	P+C/S	P+S/C
CMST	18,81	17,84	18,11	17,81	18,91
Palma	-	37,49	37,27	-	-
Silagem	-	29,60	-	24,06	-
Concentrado	-	32,91	-	-	31,40
Palma + Silagem	-	-	-	-	68,60
Palma + Concentrado	-	-	-	75,94	-
Silagem + Concentrado	-	-	62,73	-	-
Palma + Silagem + Concentrado	100,00	-	-	-	-
Matéria Seca (total)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

CMST em kg/dia; MC = mistura completa; IS = ingredientes separados; S+C/P = silagem de sorgo + concentrado juntos e palma separada; P+C/S = palma + concentrado juntos e silagem de sorgo separada; P+S/C = palma + silagem de sorgo juntos e concentrado separado.

Na estimativa da produção de matéria seca fecal e determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes foi utilizada a fibra em detergente ácido indigestível (FDAi) como indicador interno (Cochran et al., 1986), sendo que as amostras do alimento fornecido, sobras e fezes foram colocadas em sacos de ANKON, incubadas *in situ* por 144 horas (Craig et al., 1984), em bovino com cânula permanente no rúmen, determinando-se em seguida a FDA remanescente, que foi

considerada como FDAi (Craig et al., 1984). A coleta de amostras de fezes foi realizada diretamente na ampola retal dos animais no 2º dia pela manhã e 5º dia à tarde de cada período de coleta, às 7h e às 15h, respectivamente, imediatamente após as ordenhas. As fezes foram colocadas em estufa de ventilação forçada, pré-secas a 60°C, e posteriormente moídas em moinho de peneira com crivo de 1 mm de diâmetro, para futuras análises (Craig et al., 1984).

Para a estimativa dos carboidratos totais foi utilizada a equação descrita por Sniffen et al. (1992), em que $CHOT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$, e para estimativa dos nutrientes digestíveis totais (NDT), foi utilizada a equação descrita por Weiss (1999), na qual $NDT = PBD + EED \cdot 2,25 + CNFD + FDN_{CPD}$, sendo $PBD = (PB \text{ ingerida} - PB \text{ fezes})$, $EED = (EE \text{ ingerido} - EE \text{ fezes})$, $CNFD = (CNF \text{ ingeridos} - CNF \text{ fezes})$ e $FDN_{CPD} = (FDN_{CP} \text{ ingerido} - FDN_{CP} \text{ fezes})$. Para a determinação dos CNF foi utilizada a equação descrita por Hall (2001), na qual $CNF = 100\% - (PB\% + FDN\% - PIDN + EE\% + MM\%)$, em que PIDN é a proteína bruta insolúvel em detergente neutro.

No cálculo do balanço de energia (BEL), utilizou-se a equação $BEL = CEL - EL_m - EL_{pv}$, sendo CEL o consumo de energia líquida. A energia líquida de lactação (EL_L), em cada tratamento, foi estimada pela equação: $EL_L = 0,0245 \cdot NDT (\%) - 0,12$ (NRC, 1989). Da mesma forma, os valores de energia líquida de lactação para manutenção (EL_m), EL_L para produção do leite (EL_{PL}) e EL_L para variação do peso (EL_{pv}), foram estimados segundo o NRC (1989).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e, para comparação entre médias, adotou-se o teste de Tukey, ao nível de significância de 5%. Todas as análises foram efetuadas por intermédio do programa Saeg (UFV, 1998).

Resultados e discussão

Os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e teores de nutrientes digestíveis totais (NDT), com seus respectivos coeficientes de variação, encontram-se na Tabela 3.

A estratégia de alimentação não influenciou ($p > 0,05$) os coeficientes de digestibilidade da MS, MO, PB, EE, CHT, CNF, FDN e os teores de NDT. No presente estudo, embora tenham sido testadas diferentes estratégias de alimentação, os ingredientes foram fornecidos no mesmo horário, com todos os tratamentos, o que não permitiu maiores variações na participação

dos ingredientes (palma, silagem e concentrado) na dieta dos animais (Tabela 2) e conseqüentes variações significativas na digestibilidade. Deve-se considerar ainda que a quantidade de concentrado disponível aos animais foi relativamente pequena (em média 5,8 kg/vaca/dia), fornecido em duas refeições diárias, provavelmente não suficiente para provocar variações acentuadas no pH ruminal, mantendo-o dentro dos limites fisiológicos em todas as estratégias de alimentação. Neste sentido, Yrjänen *et al.* (2003), trabalhando com vacas leiteiras em período de lactação semelhante à do presente estudo, relataram que o fornecimento de concentrado na forma de ingredientes separados em maior frequência ao dia, e conseqüentemente, em menor quantidade a cada vez, contribui para o não aparecimento de efeitos deletérios sobre o ambiente ruminal, reduzindo a possibilidade de alterações na digestibilidade dos nutrientes.

Tabela 3. Médias dos coeficientes de digestibilidade aparente de matéria seca (CDMS), matéria orgânica (CDMO), proteína bruta (CDPB), extrato etéreo (CDEE), carboidratos totais (CDCHT), carboidratos não-fibrosos (CDCNF), fibra em detergente neutro (CDFDN) e teor de nutrientes digestíveis totais (NDT), e respectivos coeficientes de variação (CV) para diferentes estratégias de alimentação (%).

Item	MC ¹ %	IS %	S+C/P %	P+C/S %	P+S/C %	CV
CDMS	66,57 ^a	68,61 ^a	66,47 ^a	68,57 ^a	65,58 ^a	2,84
CDMO	68,07 ^a	70,26 ^a	68,65 ^a	69,84 ^a	68,01 ^a	3,04
CDPB	76,90 ^a	77,18 ^a	76,23 ^a	78,99 ^a	76,92 ^a	2,56
CDEE	53,98 ^a	50,05 ^a	54,18 ^a	54,47 ^a	52,16 ^a	18,09
CDCHT	65,89 ^a	69,02 ^a	66,80 ^a	67,31 ^a	64,58 ^a	3,64
CDCNF	71,27 ^a	74,78 ^a	72,92 ^a	75,79 ^a	72,20 ^a	3,39
CDFDN	54,88 ^a	57,12 ^a	55,47 ^a	50,29 ^a	49,32 ^a	8,31
NDT	62,03 ^a	64,25 ^a	62,72 ^a	63,45 ^a	61,19 ^a	3,31

Médias, na linha, seguidas por letras diferentes, são diferentes ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. ¹MC = mistura completa; IS = ingredientes separados; S+C/P = silagem de sorgo + concentrado juntos e palma separada; P+C/S = palma + concentrado juntos e silagem de sorgo separada; P+S/C = palma + silagem de sorgo juntos e concentrado separado.

Bargo *et al.* (2002b), ao compararem as estratégias mistura completa (MC) e ingredientes separados (IS), não observaram diferenças significativas ($p > 0,05$) para a digestibilidade aparente da MS, sendo 62,03% e 63,5% para MC e IS, respectivamente. No entanto, para digestibilidade da PB, os autores encontraram menores valores para a estratégia de mistura completa, com a mesma tendência para digestibilidade da FDN, fato justificado pela boa qualidade da pastagem utilizada como fonte de volumoso (NRC, 2001).

Sosa *et al.* (2003), avaliando o comportamento ingestivo dos mesmos animais do presente estudo, durante todo o período experimental,

verificaram diferenças significativas ($p < 0,05$) para o tempo de ruminação (TR) e tempo de mastigação (TM), cujas menores médias foram observadas para os tratamentos em que a palma forrageira foi fornecida separadamente (na forma de IS), ou em associação ao concentrado (P+C/S), com conseqüente redução em relação ao percentual de silagem pré-determinada nos tratamentos (Tabela 2). Todavia, a proporção adequada dos ingredientes na dieta dos animais é fator essencial a manutenção no equilíbrio do ecossistema ruminal, destacando principalmente a importância do ingrediente forragem, como fonte de fibra fisicamente efetiva.

Os pesquisadores têm sido unânimes em afirmar que a estratégia de mistura completa proporciona equilíbrio no suprimento de nutrientes para os animais (proteína, energia, fibra fisicamente efetiva, minerais), uma vez que a possibilidade de seleção de ingredientes é bastante minimizada, proporcionando adequada relação forragem:concentrado na dieta, e conseqüentemente, saúde ao ambiente ruminal. Porém, como observado, as diferenças para TR e TM (Sosa *et al.*, 2003) não se traduziram quando da avaliação da digestibilidade dos nutrientes no presente trabalho.

Pessoa (2003) avaliou os mesmos animais do presente estudo quanto ao desempenho, durante todo o período experimental. Na Tabela 4 encontram-se as médias encontradas para peso vivo (PV) dos animais, produção de leite corrigido para 3,5% de gordura (PLCG) e variações no peso vivo (VarPV), de acordo com as estratégias de alimentação, bem como as médias estimadas no presente trabalho para consumo de energia líquida de lactação (CEL), energia líquida de lactação para manutenção (EL_m), energia líquida de lactação referente à variação de peso vivo (EL_{pv}), energia líquida de lactação para produção do leite (EL_{pl}) e respectivos balanços de energia líquida (BEL) de acordo com as estratégias de alimentação.

Conforme Bath (1985), a energia é o nutriente mais intimamente relacionado à produção de leite, sendo amplamente utilizada para predição da produção (Kaustell *et al.*, 1997). Como observado na Tabela 4, não foram encontradas diferenças significativas ($p > 0,05$) para o CEL, EL_m e BEL. No entanto, para os tratamentos MC, P+C/S e P+S/C, a utilização da EL_{pl} foi superior ($p < 0,05$) aos demais, considerando maior PLCG para estratégia de MC, semelhante a P+C/S e P+S/C.

Tabela 4. Balanço de Energia em função das diferentes estratégias de alimentação.

Item	Tratamentos					CV
	MC	IS	S+C/P	P+C/S	P+S/C	
PV ¹ (kg)	554,36	542,64	546,72	547,12	554,84	-
PLCG ¹ (kg/dia)	23,30 ^a	20,94 ^b	20,88 ^b	21,44 ^{ab}	22,29 ^{ab}	4,96
VarPV ¹ (g/dia)	234,00	-217,00	129,00	-346,00	286,00	-
CEL (Mcal/dia)	26,25 ^a	25,98 ^a	25,70 ^a	25,39 ^a	25,88 ^a	6,22
EL _m (Mcal/dia)	9,13 ^a	8,98 ^a	9,03 ^a	9,04 ^a	9,14 ^a	0,90
EL _{pv} (Mcal/dia)	1,20	-1,07	0,66	-1,70	1,46	-
EL _{pt} (Mcal/dia)	16,08 ^a	14,44 ^b	14,40 ^b	14,79 ^{ab}	15,38 ^{ab}	4,96
BEL (Mcal/dia)	15,92 ^a	18,07 ^a	16,01 ^a	18,05 ^a	15,28 ^a	9,53

¹ Adaptados de Pessoa (2003). ^{a, b} Médias, na linha, seguidas por letras diferentes, são diferentes (P<0,05) pelo teste de Tukey. MC = mistura completa; IS = ingredientes separados; S+C/P = silagem de sorgo + concentrado juntos e palma separada; P+C/S = palma + concentrado juntos e silagem de sorgo separada; P+S/C = palma + silagem de sorgo juntos e concentrado separado; CV = coeficiente de variação; PV = peso vivo dos animais; PLCG = produção de leite corrigido para 3,5% de gordura; VarPV = variações no peso vivo; CEL = consumo de energia líquida de lactação; EL_m = energia líquida de lactação para manutenção; EL_{pv} = energia líquida de lactação referente a variação de peso vivo; EL_{pt} = energia líquida de lactação para produção do leite; BEL = balanços de energia líquida.

Pode-se verificar que a participação dos ingredientes (palma, silagem e concentrado) na dieta dos animais (Tabela 2) foi diferente daquela previamente planejada, notadamente nos tratamentos em que um ou mais ingredientes foram oferecidos separadamente (IS, S+C/P, P+C/S e P+S/C), pelo efeito da seletividade animal.

Para Coppock *et al.* (1981), as discrepâncias entre a dieta oferecida e a consumida, quando do fornecimento de ingredientes separados, resulta principalmente do apetite por alguns alimentos mais palatáveis e mais digestíveis. Segundo Ostergaard e Gröhn (2000), as diferenças no consumo de ingredientes e na proporção entre eles nas dietas resulta da preferência alimentar, capacidade de consumo e de sua apresentação aos animais, se na forma de mistura completa ou de ingredientes separados. Deve-se destacar que no presente estudo observou-se maior preferência dos animais pelos ingredientes concentrado e palma forrageira, os quais foram primeiramente consumidos, alterando o consumo total, como observa-se nos tratamentos IS e P+C/S, com redução no consumo de silagem (Tabela 2) e variação negativa no ganho em peso dos animais (Tabela 4), sendo tão maior essa variação quanto menor o consumo de silagem. Para Nocek e Russel (1988), o balanço entre carboidratos estruturais e não-estruturais é importante para manter a saúde e função ruminal normal, e, conseqüentemente, melhor utilização dos nutrientes, sendo este um dos objetivos preconizados quando do fornecimento da dieta na forma de mistura completa.

De acordo com Sniffen e Robinson, citados em NRC (2001), quando do fornecimento de ingredientes separados deve-se fazer primeiramente do alimento fibroso e só posteriormente dos alimentos ricos em carboidratos solúveis.

Fornecendo-se inicialmente alimentos ricos em carboidratos rapidamente fermentáveis pode-se contribuir para o aparecimento de desordens no ambiente ruminal. Quando do uso de alimentos fibrosos, em primeiro lugar há o estímulo à maior salivação em decorrência do processo mastigatório, associado à formação de uma camada de fibra no rúmen, ambos contribuindo para a manutenção de um pH ruminal favorável ao melhor aproveitamento dos alimentos. De uma maneira geral, contudo, o alimento fibroso é menos preferido, principalmente quando o animal tem possibilidade de escolha por alguns alimentos mais palatáveis e mais digestíveis. Para Ostergaard e Gröhn (2000), não somente a proporção forragem concentrado na dieta, mas especialmente o fornecimento de alimentos ricos em carboidratos solúveis separadamente pode favorecer o aparecimento de alterações no ecossistema ruminal.

Considerando os valores para o BEL, bem como a exigência preconizada pelo NRC (1989) que para cada kg de leite corrigido para gordura (LCG) produzido são necessárias 0,69 Mcal de energia líquida, estimou-se PLCG de 23,1; 26,2; 23,2; 26,2 e 22,1 para MC, IS, S+C/P, P+C/S e P+S/C, respectivamente. Como visto, apenas para os tratamentos MC e P+S/C, nos quais a palma foi fornecida associada à fonte de fibra fisicamente efetiva, sem a possibilidade de seleção desses ingredientes, a PLCG esteve mais próxima da estimada, em conformidade com a disponibilidade de energia, mostrando adequação na utilização da energia para produção de leite quando do uso dessas estratégias de alimentação (Tabela 4). Zeoula e Neto (2001) relataram que diferenças na composição dos ingredientes da dieta promovem alterações nas taxas de fermentação ruminal e, conseqüentemente, na relação energia: nitrogênio liberados no rúmen. Os autores destacaram a importância da sincronização proteína-energia sobre a síntese microbiana e relativo desempenho animal.

Os resultados observados no presente estudo corroboram com os de Yrjänen *et al.* (2003), que trabalharam com vacas leiteiras em período de lactação semelhante e observaram maior eficiência na utilização da energia para a produção de leite quando do uso da estratégia alimentar baseada em mistura completa, comparada à estratégia de ingredientes separados.

Conclusão

A estratégia de alimentação em dietas à base de palma forrageira associada à silagem de sorgo e concentrado não influencia a digestibilidade dos

nutrientes quando do fornecimento dos ingredientes no mesmo horário.

Recomenda-se o fornecimento da palma forrageira em associação adequada a fontes de fibra fisicamente efetiva, visando à saúde ruminal e melhor à utilização da energia para produção de leite.

Referências

- ARAÚJO, P.R.B. *Substituição do milho por palma forrageira (Opuntia ficus-indica Mill. e Nopalea cochenillifera Salm-Dyck) em dietas completas para vacas em lactação*. 2002. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2002.
- ASTIGARRA, L. Técnica para la medicion del consumo de ruminantes en pastoreo. In: SIMPOSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 1997, Maringá. *Anais...* Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1997. p. 1-23.
- BARGO, F. *et al.* Ruminal digestion and fermentation of high-producing dairy cows with three different feeding systems combining pasture and total mixed rations. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 85, n. 11, p. 2964-2973, 2002a.
- BARGO, F. *et al.* Performance of high producing dairy cows with three different feeding systems combining pasture and total mixed rations. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 85, n. 11, p. 2948-2963, 2002b.
- BATH, D.L. Biological requirements for economics of lowering feed costs. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 68, n. 6, p. 1579-1584, 1985.
- BATISTA, A.M.V. *et al.* Effects of variety on chemical composition, in situ nutrient disappearance and in vitro gas production of spineless cacti. *J. Sci. Food Agric.*, London, v. 83, n. 3, p. 440-445, 2003.
- BERCHIELLI, T.T. *et al.* Avaliação de indicadores internos em ensaio de digestibilidade. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 830-833, 2000.
- CATON, J.S.; DHUYVETTER, D.V. Influence of energy supplementation on grazing ruminants: requirements and responses. *J. Anim. Sci.*, Champaign, v. 75, n. 2, p. 533-542, 1997.
- COCHRAN, R.C. *et al.* Predicting digestibility of different diets with internal markers: evaluation of four potential markers. *J. Anim. Sci.*, Champaign, v. 63, n. 5, p. 1476-1483, 1986.
- COPPOCK, C.E. *et al.* From feeding to feeding systems. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 64, n. 4, p. 1230-1242, 1981.
- CSIRO. *Feeding standards for australian livestock*. Austrália: Csiro Publications, 1990.
- CRAIG, W.M. *et al.* In vitro inoculum enriched with particlecoated microorganisms for determining rates of fiber digestion and protein degradation. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 67, n. 12, p. 2902-2909, 1984.
- DAVENPORT, D.G. *et al.* Group-fed concentrate-silage blend versus individually-fed concentrates and group fed silage for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 66, n. 10, p. 2116-2123, 1983.
- HALL, M.B. Recentes avanços em carboidratos não fibrosos na nutrição de vacas leiteiras. In: SINLEITE, 2, 2001, Lavras. *Anais...* Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2001. p. 149-159.
- HOLTER, J.B. *et al.* Utilization of diet components fed blended or separately to lactating cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 60, n. 8, p. 1288-1293, 1977.
- HOOVER, W.H. Chemical factors involved in ruminal digestion. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 69, n. 10, p. 2755-2766, 1986.
- INGVARTSEN, K.L. *et al.* Effects of pattern of concentrate allocation in the dry period and early lactation on feed intake and lactational performance in dairy cows. *Livest. Prod. Sci.*, Amsterdam, v. 71, n. 1, p. 207-221, 2001.
- KAUSTELL, K. *et al.* Comparison of energy evaluation systems for dairy cows feeds. *Livest. Prod. Sci.*, Amsterdam, v. 51, n. 3, p. 255-266, 1997.
- LICITRA, G. *et al.* Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.*, Amsterdam, v. 57, n. 4, p. 347-358, 1996.
- LIPPKE, H. *et al.* Recovery of indigestible fiber from feces of sheep and cattle on forage diets. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 69, n. 2, p. 403-412, 1986.
- MAEKAWA, M. *et al.* Effect of concentrate level and feeding management on chewing activities, saliva production, and ruminal pH of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 85, n. 5, p. 1165-1175, 2002.
- MALTZ, E. *et al.* Comparative responses of lactating cows to total mixed rations or computadorized individual concentrates feeding. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 75, n. 6, p. 1588-1603, 1992.
- MELO, A.A.S. de. *et al.* Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira em dietas para vacas em lactação. Digestibilidade. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 25, n. 2, p. 339-345, 2003a.
- MELO, A.A.S. de. *et al.* Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) em dietas para vacas em lactação - Desempenho. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 727-736, 2003b.
- NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of the dairy cattle*. 6. ed., Washington, DC, 1989.
- NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of the dairy cattle*. 7. ed., Washington, DC, 2001.
- NOCEK, J. E. *et al.* Effect of mixed ration nutrient density on milk of cows transferred from high production group. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 68, n. 1, p. 133-139, 1986.
- NOCEK, J.E. Bovine acidosis: implications on laminitis. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 80, n. 3, p. 005-1028, 1997.
- NOCEK, J.E.; RUSSEL, J.B. Protein and energy as an integrated systems. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 71, n. 8, p. 2070-2107, 1988.
- OLIVEIRA, A.S. *et al.* Consumo, digestibilidade aparente, produção e composição do leite em vacas alimentadas com quatro níveis de compostos nitrogenados não-protéicos. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 1358-1366, 2001.

- ORSKOV, E.R. Supplement strategies for ruminants and management of feeding to maximize utilization of roughages. *Prev. Vet. Med.*, Amsterdam, v. 38, n. 1, p. 179-185, 1999.
- OSTERGAARD, S.; GRÖHN, Y.T. Concentrate feeding, dry-matter intake, and metabolic disorders in Danish dairy cows. *Livest. Prod. Sci.*, Amsterdam, v. 65, n. 1, p. 107-118, 2000.
- PENNING, P.D.; JOHNSON, R.H. The use of internal markers to estimate herbage digestibility and intake. 2. Indigestible acid detergent fiber. *J. Agric. Sci.*, Cambridge, v. 100, n. 1, p. 133-138, 1983.
- PESSOA, R.A.S. *Desempenho de vacas leiteiras submetidas a diferentes estratégias alimentares em dietas à base de palma forrageira*. 2003. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2003.
- SANTANA, O.P. et al. Palma versus silagem na alimentação de vacas leiteiras. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 1, n. 1, p. 31-40, 1972.
- SANTOS, M.V.F. dos. et al. Estudo comparativo das cultivares de palma forrageira gigante, redonda (*Opuntia ficus-indica* Mill.) e miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) na produção de leite. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 19, n. 6, p. 504-511, 1990.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. *Análise de alimentos: Métodos químicos e biológicos*. 3. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002.
- SILVA, J.F.C. da.; LEÃO, M.I. *Fundamentos de nutrição de ruminantes*. Piracicaba: Livrocetes, 1979.
- SINCLAIR, L.A. et al. Effect of synchronising the rate of dietary energy and nitrogen release on rumen fermentation and microbial protein synthesis in sheep. *J. Agric. Sci.*, Cambridge, v. 120, n. 2, p. 251-263, 1993.
- SNIFFEN, C.J. et al. A net carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.*, Champaign, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992.
- SOSA, M.Y. et al. Efeitos de diferentes formas de fornecimento de dietas à base de palma forrageira sobre o comportamento ingestivo de vacas Holandesas em lactação. In: SIMPOSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO DA UFRPE, 2003, Recife. *Anais...* Recife: UFRPE, 2003. [cd-room].
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. SAEG - *Sistema de análise estatística e genética, versão 8.0*. Viçosa-MG (manual do usuário), 1998.
- VAN SOEST, P.J. et al. Methods for extraction fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 74, n. 10, p. 3383-3597, 1991.
- VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2. ed. New York: Cornell University Press, 1994.
- WANDERLEY, W.L. et al. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na alimentação de vacas leiteiras. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 273-281, 2002.
- WEISS, W.P. *Energy prediction equations for ruminant feeds*. Cornell: Nutrition conference for feed manufactures, 1999.
- YRJÄNEN, S. et al. Effects of concentrate feeding strategy on the performance of dairy cows housed in a free stall barn. *Livest. Prod. Sci.*, Amsterdam, v. 81, n. 2, p. 173-181, 2003.
- ZEOULA, L.M.; NETO, S. F. C. Recentes avanços em amido na nutrição de vacas leiteiras. In: SINLEITE, 2001, Lavras. *Anais...* Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2001. p. 249-284.

Received on April 29, 2004.

Accepted on April 29, 2005.