

Desempenho leiteiro de vacas alimentadas com caroço de algodão em dieta à base de palma forrageira

Airon Aparecido Silva de Melo⁽¹⁾, Marcelo de Andrade Ferreira⁽²⁾, Antonia Sherlânea Chaves Vêras⁽²⁾, Mario de Andrade Lira⁽²⁾, Luiz Evandro de Lima⁽³⁾, Ricardo Alexandre Silva Pessoa⁽²⁾, Safira Valença Bispo⁽²⁾, Ana Maria Duarte Cabral⁽²⁾ e Marcilio de Azevedo⁽²⁾

⁽¹⁾Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns, Rua Ernesto Dourado, nº 82, Heliópolis, CEP 55296-190 Garanhuns, PE. E-mail: silvaemelo@yahoo.com.br ⁽²⁾Universidade Federal Rural de Pernambuco, Dep. de Zootecnia, Av. Dom Manoel de Medeiros, s/nº, Dois Irmãos, CEP 52171-030 Recife, PE. ⁽³⁾Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária, Av. San Martin, s/nº, Bonji, CEP 50000-320 Recife, PE.

Resumo – Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da inclusão do caroço de algodão em dietas à base de palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill.), sobre o desempenho de vacas da raça Holandesa em lactação. O experimento foi feito com cinco vacas, com média de 50 dias de lactação, distribuídas em quadrado latino 5x5. Os tratamentos experimentais foram constituídos da inclusão de caroço de algodão em 0, 6,25, 12,50, 18,75 e 25% da matéria seca da dieta. O caroço de algodão aumentou o consumo de matéria seca, extrato etéreo, nutrientes digestíveis totais, cálcio e fósforo; porém não afetou o consumo de proteína bruta e fibra em detergente neutro. O caroço de algodão aumentou a produção de leite corrigido para 3,5% de gordura (de 26,53 para 31,68 kg por dia), e a produção de gordura do leite (de 0,86 para 1,09 kg por dia); não afetou, porém, a produção de leite sem correção (31,19 kg por dia), a porcentagem de gordura do leite (3,18%) e a eficiência alimentar (1,31 kg de leite corrigido por quilograma de matéria seca consumida). O caroço de algodão melhorou o desempenho animal, quando incluído em até 25% da matéria seca em dietas à base de palma forrageira.

Termos para indexação: concentrado, energia, forragem, fibra, proteína, semi-árido.

Dairy cows performance fed whole cottonseed in a forage of cactus-base diet

Abstract – The effect of the whole cottonseed on dairy cows performance fed forage cactus (*Opuntia ficus indica* Mill.) diet was evaluated. Experiment was made with five Holstein cows, in a 50-days lactation, which were placed into a 5x5 latin square design. The whole cottonseed was added as a partial replacement of sorghum silage and soybean meal, in a level of 0, 6.25, 12.50, 18.75, and 25.00% of dry matter. It was observed that addition of whole cottonseed increased the dry matter, ether extract, total digestible nutrients, calcium and phosphorus intake, but did not affect the crude protein and neutral detergent fiber intake. Also, it increased the fat corrected milk yield 3.5% (26.53 to 31.68 kg per day) and the fat milk yield (0.86 to 1.09 kg per day), but did not affect the noncorrected milk yield (31.19 kg per day), milk fat content (3.19%) and feed efficiency (1.31 kg of fat corrected milk per kilogram of dry matter intake). The results suggest that addition of the whole cottonseed in up to 25% of dry matter improves the Holstein cows performance.

Index terms: concentrate, energy, forage, fiber, protein, semi-arid.

Introdução

A produtividade média de leite do rebanho brasileiro, por vaca, no ano 2002, foi de 1.139 L. A região Nordeste contribuiu com produtividade média de 919 L por vaca por ano, com destaque para os estados de Alagoas e Pernambuco, com produtividade de 1.376 e 1.035 L por vaca por ano, respectivamente (IBGE, 2002).

Existem vários fatores relacionados com a baixa produtividade leiteira do rebanho brasileiro, que são, em parte, reflexo das carências nutricionais.

Na Região do Semi-árido do Nordeste, utilizam-se como base da alimentação do rebanho leiteiro, na maior parte do ano, dois tipos de palmas forrageiras, *Opuntia ficus indica* Mill. e *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck, por serem culturas adaptadas às condições edafo-climáticas e apresentarem alta produção por unidade de área (Santos et al., 1997).

Porém, a palma apresenta baixa porcentagem de fibra, comparada com alimentos volumosos e, quando fornecida isoladamente ou com alimentos concentrados, provoca distúrbios metabólicos, tais como, diminuição

da ruminação (Sosa, 2004) e diarreias (Santana et al., 1972); além de variação negativa do peso vivo dos animais (Santana et al., 1972; Santos et al., 1990), mesmo em dietas com nutrientes suficientes para atender às exigências de manutenção e produção.

Santos et al. (1997) relataram que a palma forrageira, apesar de ter um bom valor nutritivo, necessita de complementação com outros volumosos, como silagens, fenos e capins. Porém, a produção de volumoso em quantidade e qualidade suficientes, na região semi-árida, é difícil em decorrência da irregularidade das chuvas e dos anos de baixa precipitação pluviométrica, que aumentam o risco de insucesso na criação e demandam a busca de novas alternativas, que possam complementar a palma forrageira, como é o caso do caroço de algodão, fonte de fibra não-forrageira e proteína.

Os alimentos concentrados normalmente utilizados, milho e farelo de soja, têm sido as principais fontes de energia e proteína, respectivamente. Porém, levando-se em conta a necessidade de suplementação dos animais, no período de escassez de alimentos, o elevado custo e a baixa disponibilidade na região, a utilização desses alimentos leva a aumento considerável no custo de produção de leite.

Neste sentido, o caroço de algodão apresenta-se como alimento complementar, pois tem em sua composição 19,3% de extrato etéreo (EE), 23,5% de proteína bruta (PB), 77% de nutrientes digestíveis totais (NDT) e 50,3% de fibra em detergente neutro (FDN) (National Research Council, 2001). Além disso, segundo Clark & Armentano (1993), a efetividade da FDN do línter do caroço de algodão é equivalente à efetividade do feno de alfafa, podendo-se inferir que é fonte de fibra adequada para manter a porcentagem da gordura do leite. Um outro ponto favorável à sua utilização é a relativa disponibilidade e custo na região.

Assim, o caroço de algodão apresenta-se como alternativa para substituir parte tanto do volumoso quanto do concentrado, em dietas de vacas em lactação.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da inclusão do caroço de algodão, em substituição parcial à silagem de sorgo e de farelo de soja, em dietas à base de palma forrageira, sobre o desempenho de vacas da raça Holandesa em lactação.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na Estação Experimental de São Bento do Una, PE, pertencente à Empresa

Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), no período de agosto a novembro de 2002. A cidade de São Bento do Una, fica na mesorregião do Agreste Setentrional e microrregião do Vale do Ipojuca, a 8°31'16"S e 36°33'0"W, com altitude de 650 m.

A precipitação pluvial média da região é de 629,9 mm por ano, e 60% desse volume cai nos meses de março a julho. As temperaturas mais elevadas, superiores a 30°C, são observadas nos meses de novembro a janeiro. A temperatura média mensal varia de 21,7 a 25°C e a mínima, de 15,2 a 15,7°C. A umidade relativa do ar é de 66%, em média (Fundação de Informações para o Desenvolvimento de Pernambuco, 1982).

Foram utilizadas cinco vacas da raça Holandesa, aos 50 dias de lactação, com mais de três crias, e peso vivo (PV) médio de 645 kg, no início do experimento. Os animais foram alojados em baias individuais – com cerca de arame farpado e piso de terra batida, em área coberta de 3 m² – dotadas de cocho e bebedouro.

Os animais foram distribuídos em quadrado latino 5x5, com cinco animais, cinco proporções de caroço de algodão (0, 6,25, 12,50, 18,75, e 25%) na matéria seca (MS) da dieta, e cinco períodos experimentais. Cada período teve duração de 17 dias, dos quais dez dias para adaptação dos animais às dietas e sete dias para coleta dos dados e amostras. O arraçoamento foi feito três vezes ao dia, às 6, 14 e 18h, na forma de ração completa, permitindo-se sobras de 5 a 10% do total da MS fornecida.

Durante o período de colheita, as amostras dos alimentos fornecidos e das sobras foram recolhidas diariamente, pela manhã, pré-secadas em estufa de ventilação forçada e armazenadas para processamento posterior. Ao final do experimento, foi feita uma amostra composta por período. Depois, as amostras foram submetidas a análises bromatológicas e de macrominerais, nos laboratórios de Nutrição Animal e Química do Solo, dos Departamentos de Zootecnia e Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, respectivamente.

As determinações de MS, matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), Ca, P, K, Na e Mg foram efetuadas segundo Silva & Queiroz (2002). Para determinação das frações da parede celular, fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), utilizou-se metodologia recomendada pelo fabricante do aparelho Ankon, com modificação em relação aos sacos de náilon, confeccionados no Laboratório de Nutrição Animal. Para as determinações de FDN dos ingredientes concentrados e da palma forrageira, foram utilizadas alfa-amilase e uréia a 8 molar. Em todas

as amostras, a FDN foi corrigida para cinza e proteína, o resíduo da digestão em detergente neutro foi incinerado em mufla a 600°C, por três horas, e a correção para proteína foi efetuada utilizando-se a proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN). Para determinação da lignina (LDA), utilizou-se ácido sulfúrico a 72% (Van Soest, 1967). Na determinação de PIDN e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) foi empregada metodologia descrita por Licitra et al. (1996).

Para estimativa dos carboidratos totais (CHT), foi usada a equação proposta por Sniffen et al. (1992): $CHT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$ e, para estimativa dos carboidratos não fibrosos (CNF), a equação preconizada por Hall et al. (1999): $CNF = \%CHT - \%FDNcp$; a FDN foi corrigida para cinza e proteína. Para o cálculo dos nutrientes digestíveis totais (NDT), utilizou-se a equação proposta por Weiss (1999): $NDT = PBD + CNFD + FDNcpD + (EED \times 2,25)$, em que PBD, CNFD, FDNcpD e EED significam, respectivamente, consumos de PB, CNF, FDN e EE digestíveis; a FDN foi corrigida para cinza e proteína.

Para estimativa dos nutrientes digestíveis totais (NDT_{ED}), foi realizado um ensaio de digestibilidade aparente, utilizando-se a coleta de amostras de fezes dos animais no 12º dia, pela manhã, e no 16º dia, à tarde, de cada período experimental. Na estimativa da produção de matéria seca fecal, foi utilizada a fibra em detergente ácido indigestível como indicador interno. A produção de matéria seca fecal foi estimada por meio do consumo do indicador, dividido pela concentração dele nas fezes.

Os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes foram estimados pela relação: [(nutriente consumido - nutriente excretado)/quantidade do nutriente consumido] e, para estimativa dos NDT_{IX} foram utilizadas as equações do programa computacional do National Research Council (2001).

As vacas foram ordenhadas três vezes ao dia, às 5, 13 e 20h, e as produções registradas individualmente. Amostras de leite foram colhidas nas três ordenhas dos 6º e 7º dias de cada período de colheita, e analisadas, em seguida, quanto ao teor de gordura do leite. A porcentagem de gordura (GL) foi determinada proporcionalmente à produção de leite (PL) de cada ordenha, e o leite foi corrigido para 3,5% de gordura (PLCG), pela equação descrita por Sklan et al. (1992): $PLCG = (0,432 + 0,1625GL)PL$ (kg por dia). Os animais foram pesados no início do experimento e no início e final de cada semana de coleta, de cada período experimental, para se determinar a variação de peso.

Os tratamentos experimentais consistiram de proporções crescentes de caroço de algodão, em substituição à silagem de sorgo e farelo de soja. As dietas foram formuladas para atender às exigências de produção de 40 kg de leite por dia, com 3,5% de gordura, de animais com peso vivo de 650 kg, segundo o National Research Council (2001). A palma forrageira utilizada foi a *Opuntia ficus indica* Mill., cultivar Gigante, e a silagem de sorgo forrageiro, variedade SF-25, do banco de variedades desenvolvido pelo IPA.

Nas Tabelas 1 e 2 estão descritas, respectivamente, as composições químico-bromatológicas dos ingredientes e as composições percentuais e química-bromatológicas das dietas totais.

Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão, utilizando-se o Sistema de Análise Estatística e Genética (Universidade Federal de Viçosa, 1998).

Os critérios utilizados para escolha do modelo foram: a significância dos coeficientes de regressão observados nos conteúdos, de 1 e 5% de probabilidade; o coeficiente de determinação (R^2), obtido pela relação entre a soma de quadrados da regressão e a soma de quadrados de tratamentos; e o fenômeno biológico.

Tabela 1. Composição químico-bromatológica dos ingredientes da dieta à base de palma forrageira, em porcentagem da matéria seca.

Componente	Palma forrageira	Silagem de sorgo	Caroço de algodão	Farelo de soja	Fubá de milho
MS (%)	8,00	26,51	92,60	88,86	86,47
MO	90,50	95,03	96,40	94,18	98,71
PB	5,09	6,26	21,03	51,24	10,07
PIDN	1,75	2,01	1,93	2,17	1,67
PIDA	0,58	1,15	1,59	1,53	0,86
EE	1,94	1,78	21,20	2,94	4,21
CHT	83,47	86,99	57,17	40,00	84,43
CNFcp	55,81	12,70	9,20	32,21	75,31
FDNcp	27,67	74,28	44,97	7,79	9,05
FDA	22,31	49,83	33,32	5,12	3,19
LDA	5,20	7,80	10,12	1,99	1,44
NDT_{IX}	65,56	51,00	84,33	82,16	84,15
Ca	2,25	0,46	0,7	0,35	0,05
P	0,28	0,36	0,73	0,60	0,30
K	1,10	1,04	0,65	2,26	0,31
Na	0,10	0,15	0,08	0,04	0,02
Mg	1,07	0,59	0,75	0,67	0,20

⁽¹⁾MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; PIDN: proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA: proteína insolúvel em detergente ácido; EE: extrato etéreo; CHT: carboidratos totais; CNFcp: carboidratos não fibrosos corrigidos para cinza e proteína; FDNcp: fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína; LDA: lignina em detergente ácido; NDT_{IX} : nutrientes digestíveis totais à exigência de manutenção estimados pelo National Research Council (2001).

Resultados e Discussão

Os valores médios referentes aos consumos, durante as semanas de colheita, bem como os respectivos coeficientes de variação, equações de regressão, e significância para os modelos linear e quadrático, em função das proporções de caroço de algodão nas dietas totais para vacas em lactação, são mostrados na Tabela 3.

Tabela 2. Ingredientes e composição químico-bromatológica da dieta à base de palma forrageira, em razão da inclusão de caroço de algodão em diferentes porcentagens, para vacas da raça Holandesa em lactação.

Ingrediente	Conteúdo de caroço de algodão (%)				
	0,00	6,25	12,50	18,75	25,00
Porcentagem de matéria seca da dieta					
Palma	28,92	29,46	29,21	28,74	29,29
Silagem de sorgo	27,27	23,68	19,54	15,84	12,13
Caroço algodão	0,00	6,25	12,72	19,39	25,43
Farelo de soja	23,88	20,90	18,66	16,08	13,27
Fubá de milho	18,91	18,70	18,86	18,93	18,58
Mistura mineral	1,02	1,01	1,02	1,02	1,01
Componentes ⁽¹⁾ Composição químico-bromatológica					
MS (%)	19,45	19,46	20,14	20,36	20,83
MO	93,24	93,33	93,46	93,58	93,66
PB	17,30	16,89	16,85	16,68	16,29
EE	2,25	3,73	4,97	6,24	7,38
FDNcp	33,72	33,75	33,35	33,26	33,20
FDN _s	20,80	18,06	14,92	12,08	9,25
FDA	22,58	22,67	22,60	22,67	22,72
CNF	41,54	40,84	40,17	39,27	38,66
NDT _{ix} (%)	68,40	69,57	71,04	72,41	73,36
Ca	1,31	1,31	1,27	1,29	1,33
P	0,50	0,54	0,54	0,58	0,63

⁽¹⁾MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDNcp: fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína; FDN_s: fibra em detergente neutro da silagem de sorgo; CNF: carboidratos não fibrosos; NDT_{ix}: nutrientes digestíveis totais estimados pelo National Research Council (2001).

Tabela 3. Consumos médios diários, coeficientes de variação (CV), equações de regressão ajustadas (ER), e nível de probabilidade (P) referente aos efeitos linear (L) e quadrático (Q), em função dos conteúdos de caroço de algodão (CA) adicionados à dieta à base de palma forrageira, para vacas da raça Holandesa em lactação.

Componente ⁽¹⁾	Conteúdo de caroço de algodão (%)					CV (%)	ER ⁽²⁾	P	
	0,00	6,25	12,50	18,75	25,00			L	Q
MS (kg/dia)	21,43	21,38	22,03	24,27	23,50	6,32	1	0,02	ns
MS (% PV)	3,30	3,28	3,37	3,66	3,59	3,19	2	0,01	ns
MS (g kg ^{0,75})	166,90	165,70	170,40	184,90	181,50	6,20	3	0,01	ns
FDN (% PV)	1,07	1,03	1,05	1,16	1,15	9,42	4	ns	ns
EE (kg dia ⁻¹)	0,40	0,74	1,03	1,37	1,64	7,74	5	0,01	ns
PB (kg dia ⁻¹)	3,88	3,73	3,73	3,95	3,72	6,92	6	ns	ns
NDT _{ED} (kg dia ⁻¹)	14,51	15,14	15,78	17,13	16,76	8,32	7	0,00	ns
NDT _{ixp} (kg dia ⁻¹)	13,93	13,90	14,75	15,83	15,88	4,35	8	0,00	ns
Ca (kg dia ⁻¹)	0,29	0,29	0,29	0,32	0,32	6,76	9	0,01	ns
P (kg dia ⁻¹)	0,10	0,11	0,12	0,14	0,15	7,54	10	0,01	ns

⁽¹⁾MS: matéria seca; FDN: fibra em detergente neutro; EE: extrato etéreo; PB: proteína bruta; PV: peso vivo; NDT_{ED}: nutrientes digestíveis totais de produção, estimados no ensaio de digestibilidade; NDT_{ixp}: nutrientes digestíveis totais de produção estimados pelo NRC (2001) ⁽²⁾1: $\hat{Y} = 21,11 + 0,11CA$ e $r^2 = 0,73$; 2: $\hat{Y} = 3,25 + 0,015CA$ e $r^2 = 0,76$; 3: $\hat{Y} = 164,18 + 0,77CA$ e $r^2 = 0,76$; 4: $\hat{Y} = 1,09$; 5: $\hat{Y} = 0,41 + 0,049CA$ e $r^2 = 0,95$; 6: $\hat{Y} = 3,80$; 7: $\hat{Y} = 14,57 + 0,10CA$ e $r^2 = 0,88$; 8: $\hat{Y} = 13,69 + 0,09 CA$ e $r^2 = 0,90$; 9: $\hat{Y} = 0,28 + 0,014CA$ e $r^2 = 0,66$; 10: $\hat{Y} = 0,10 + 0,0018CA$ e $r^2 = 0,95$. ns: Não-significativo.

Quando se incluiu o caroço de algodão nas dietas, o consumo de matéria seca (CMS), expresso em quilograma por dia, porcentagem de PV e g kg^{0,75}, aumentou linearmente. Este aumento no CMS está associado à diferença do tamanho de partícula e à gravidade específica da silagem de sorgo e do caroço de algodão, que interferem na taxa de passagem das dietas experimentais. Segundo Grant (1997), o menor tamanho de partícula e a alta gravidade específica das fontes de fibra não-forragem aumentam a taxa de passagem ruminal.

Segundo Van Soest (1994), a redução do tamanho da partícula e a hidratação do alimento são atividades básicas para os processos de digestão e passagem. Ao revisar trabalhos sobre diferentes teores de fibra, Allen (2000) relatou que a extensão do CMS depende das características da fonte ou das fontes de fibra da dieta como: tamanho de partícula, digestibilidade, e taxa de passagem para o retículo, que afetam positiva ou negativamente a ingestão de matéria seca.

O tratamento controle, que teve a palma forrageira como base e a silagem de sorgo como fonte exclusiva de fibra efetiva, promoveu CMS superior ao estimado pela equação do National Research Council (2001), para a produção de leite observada (21,43 versus 20,1 kg por dia, o que representa 1,3 kg de MS por dia ou 6,6% acima da estimativa de consumo). A inclusão do caroço de algodão na dieta promoveu aumento no CMS de 0,11 kg por dia, para cada unidade porcentual de inclusão do caroço de algodão ($\hat{Y} = 21,11 + 0,11CA$), representando um aumento de 0,52%.

Este efeito positivo no CMS difere dos observados por Smith et al. (1981), Belibasakis & Tsirgogianni (1995), Villela et al. (1996) e Abel-Caines et al. (1997), que não observaram influência do caroço de algodão no CMS em vacas em lactação.

A diferença de CMS, entre os estudos revisados, decorre das diferentes fontes e tipos de forragens que, em sua grande maioria, eram compostas de silagem de alfafa e/ou de silagem de milho, e diferiam da utilizada neste trabalho, com alta concentração de FDN (Tabela 1), o que reflete sua baixa qualidade.

Em relação aos consumos de EE, verificou-se aumento linear, que é reflexo do conteúdo de EE do caroço de algodão e sua respectiva porcentagem de inclusão na dieta.

Quanto ao consumo de FDN, em porcentagem do peso vivo (PV), não foi verificada influência da inclusão do caroço de algodão, no consumo médio de 1,09% PV, que ficou abaixo do valor de 1,2% adotado pelo National Research Council (2001) como limitante do CMS.

Em relação ao consumo dos demais nutrientes, proteína bruta (PB), nutrientes digestíveis totais (NDT), Ca e P, todos apresentaram consumo acima das exigências preconizadas pelo National Research Council (2001) para as produções observadas, conforme pode ser visualizado nas Tabelas 4 e 5. Esse fato ocorreu em razão do maior CMS e composição das dietas (Tabelas 2 e 3).

As médias referentes à produção de leite, produção de leite corrigida para 3,5% de gordura, teor de gordura do leite, produção de gordura e eficiência alimentar, bem como os respectivos coeficientes de variação, equações de regressão e significância para os modelos linear e quadrático, em função da proporção de caroço de algodão nas dietas, são mostrados na Tabela 4.

A inclusão do caroço de algodão nas dietas experimentais não afetou a produção de leite (PL) e a por-

centagem de gordura do leite (GL), porém, estas variáveis apresentaram tendência, em termos absolutos, de aumento linear ($P = 0,12$ e $0,06$ para PL e GL, respectivamente). No entanto, a produção de leite corrigido para o teor de gordura (PLCG) e a produção de gordura do leite (PGL) aumentaram linearmente.

Esse aumento nas PLCG e PGL foi decorrente do incremento no CMS, uma vez que proporcionou maior aporte de nutrientes, bem como maior consumo de gordura (Tabela 3). Segundo Belibasakis & Tsirgogianni (1995), este efeito benéfico do caroço de algodão, na produção e no teor de gordura do leite, está relacionado diretamente ao aumento no consumo de gordura e ao menor incremento calórico dela proveniente. Smith et al. (1981) e Lubis et al. (1990) relataram que dieta com caroço de algodão diminui a síntese de ácidos graxos de cadeia curta na glândula mamária, porém ocorre transferência dos ácidos graxos de cadeia longa, do caroço de algodão para o leite, o que resulta em aumento líquido da porcentagem e produção de gordura do leite. A magnitude de depressão ou transferência dos ácidos graxos de cadeia longa, provenientes do caroço de algodão (Smith et al., 1981).

Os aumentos nas PLCG e PGL foram de 0,20 e 0,01 kg por dia ($\hat{Y} = 26,98 + 0,20CA$; $\hat{Y} = 0,87 + 0,01CA$), para cada unidade porcentual de inclusão do caroço de algodão na dieta, o que representa um aumento de 0,75 e 1,15% de PLCG e PGL, respectivamente.

O comportamento verificado neste trabalho, em relação a PLCG e PGL, difere dos relatados por Abel-Caines et al. (1997) e Harvatini et al. (2002), cujos valores de PLCG e PGL não foram influenciados pelo aumento do caroço de algodão na dieta. Porém foi similar ao observado por Smith et al. (1981) e Belibasakis & Tsirgogianni (1995) que relataram aumento linear nas PLCG e PGL.

Deve-se ressaltar que o conteúdo de EE das dietas experimentais, fornecidas aos animais por

Tabela 4. Produção e composição do leite, produção de gordura e eficiência alimentar, coeficientes de variação (CV), equações de regressão ajustadas (ER), e nível de probabilidade (P) referente aos efeitos linear (L) e quadrático (Q), em função dos conteúdos de caroço de algodão (CA).

Produção	Conteúdo de caroço de algodão (%)					CV (%)	ER ⁽²⁾	P	
	0,00	6,25	12,5	18,75	25,0			L	Q
Leite (kg dia ⁻¹) ⁽¹⁾	29,50	30,24	31,25	32,67	32,27	10,84	1	ns	ns
PLCG (kg dia ⁻¹)	26,70	28,12	30,22	30,74	31,68	8,67	2	0,01	ns
GL (%)	2,91	3,15	3,33	3,13	3,39	10,4	3	ns	ns
PGL (kg dia ⁻¹)	0,86	0,93	1,03	1,02	1,09	8,45	4	0,01	ns
EA	1,23	1,31	1,36	1,30	1,35	7,02	5	ns	ns

⁽¹⁾PLCG: produção de leite corrigido para 3,5% de gordura; GL: gordura do leite; PGL: produção de gordura do leite; EA: eficiência alimentar (kg PLCG kg CMS⁻¹). ⁽²⁾1: $\hat{Y} = 31,19$; 2: $\hat{Y} = 26,98 + 0,20CA$ e $r^2 = 0,96$; 3: $\hat{Y} = 3,18$; 4: $\hat{Y} = 0,87 + 0,01CA$ e $r^2 = 0,92$; 5: $\hat{Y} = 1,31$.
ns: Não-significativo.

Tabela 5. Suprimento das exigências, em porcentagem, de nutrientes para produção de 40 kg de leite por dia e para as produções observadas (National Research Council, 2001).

CA (%) ⁽¹⁾	Suprimento de nutrientes (%) ⁽²⁾									
	Produção de 40 kg por dia					Produção observada				
	MS	PB	NDT	Ca	P	MS	PB	NDT	Ca	P
0,00	87,8	103	88,5	143	91	107	124	114	223	143
6,25	87,6	99	92,0	143	100	103	117	115	223	157
12,5	90,3	99	96,0	143	110	103	114	116	223	171
18,75	99,5	105	104,0	213	127	113	112	125	246	200
25,00	96,3	99	105,0	213	136	108	107	125	246	214

⁽¹⁾CA(%): conteúdo de caroço de algodão na dieta. ⁽²⁾MS: matéria seca; PB: proteína bruta; NDT: nutrientes digestíveis totais.

Abel-Caines et al. (1997) e Harvatini et al. (2002), apresentava pequena amplitude entre o maior e menor teor de EE, de 0,1 e 0,58%, respectivamente. A amplitude dos teores de EE, observada por Smith et al. (1981) e Belibasakis & Tsirgogianni (1995), foi de 4,5 e 3% de EE, respectivamente, valores próximos do observado neste trabalho, que foi de 5,13% de EE, o que confirma que o aumento da porcentagem e produção de gordura do leite depende da proporção de ácidos graxos de cadeia longa fornecidos na dieta.

Com relação à eficiência alimentar, não foi verificada influência da inclusão do caroço de algodão na dieta, uma vez que a produção de leite corrigido para gordura aumentou linearmente, seguindo a mesma tendência do CMS.

Na Tabela 5, estão descritas as proporções atendidas dos diversos nutrientes em relação à produção de 40 kg de leite por dia e as produções observadas.

Em relação ao consumo de nutrientes, apenas o tratamento com 18,75% de caroço de algodão atenderia às exigências de manutenção e produção de 40 kg de leite por dia, de acordo com o planejamento deste trabalho. No entanto, todas as dietas atenderam as exigências para as produções observadas e apresentaram excedente no consumo de nutrientes em todos os tratamentos.

Conclusão

A inclusão do caroço de algodão até 25% da matéria seca, em substituição à silagem de sorgo e ao farelo de soja, em dieta à base de palma forrageira, para vacas da raça Holandesa em lactação, melhora o desempenho animal.

Referências

ABEL-CAINES, S.F.; GRANT, R.J.; HADDAD, S.G. Whole cottonseeds or a combination of soybeans and soybean hulls in the diets of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.80, p.1353-1357, 1997.

ALLEN, M.S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v.83, p.1598-1624, 2000.

BELIBASAKIS, N.G.; TSIRGOGIANNI, D. Effects of whole cottonseeds on milk yield, milk composition, and blood components of dairy cows in hot weather. *Animal Feed Science and Technology*, v.52, p.227-235, 1995.

CLARK, P.W.; ARMENTANO, L.E. Effectiveness of neutral detergent fiber in whole cottonseed and dried distillers grains compared with alfalfa haylage. *Journal of Dairy Science*, v.76, p.2644-2650, 1993.

FUNDAÇÃO DE INFORMAÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DE PERNAMBUCO. *Monografias municipais*. São Bento do Una, 1982. 80p.

GRANT, R.J. Interactions among forages and nonforage fiber sources. *Journal of Dairy Science*, v.80, p.1438-1446, 1997.

HALL, M.B.; HOOVER, W.H.; JENNINGS, J.P.; WEBSTER, T.K.M. A method for partitioning neutral detergent soluble carbohydrates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.79, p.2079-2086, 1999.

HARVATINE, D.I.; FIRKINS, J.L.; EASTRIDGE, M.L. Whole linted cottonseed as a forage substitute fed with ground or steam-flaked corn: digestibility and performance. *Journal of Dairy Science*, v.85, p.1976-1987, 2002.

IBGE. *Pesquisa pecuária municipal*. 2002. Disponível em: <<http://www.ibge.org.br>>. Acesso em: 30 nov. 2004.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, v.57, p.347-358, 1996.

LUBIS, D.; VAN HORN, H.H.; HARRIS, B.; BACHMAN, K.C.; EMANUELE, S.M. Responses of lactating dairy cows to protected fats or whole cottonseed in low or high forage diets. *Journal of Dairy Science*, v.73, p.3512-3525, 1990.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition (Washington, Estados Unidos). *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7th ed. Washington: National Academy Press, 2001. 381p.

SANTANA, O.P.; VIANA, S.P.; ESTIMA, A.L.; FARIAS, I. Palma versus silagem na alimentação de vacas leiteiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.1, p.31-40, 1972.

- SANTOS, D.C. dos; FARIAS, I.; LIRA, M.A.; TAVARES FILHO, J.J.; SANTOS, M.V.F. dos; ARRUDA, G.P. de. **A palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill. e *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) em Pernambuco: cultivo e utilização.** Recife: IPA, 1997. 23p. (IPA. Documentos, 25).
- SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A.; FARIAS, I.; BURITY, H.A.; NASCIMENTO, M.M.A. Estudo comparativo das cultivares de palma forrageira gigante, redonda (*Opuntia ficus-indica* Mill.) e miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) na produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.19, p.504-511, 1990.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 253p.
- SKLAN, D.; ASHKENAZI, R.; BRAUN, A.; DEVORIN, A.; TABORI, K. Fatty acids, calcium soaps of fatty acids and cottonseeds fed to high yielding cows. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.2463-2472, 1992.
- SMITH, N.E.; COLLAR, L.S.; BATH, D.L.; DUNKLEY, W.L.; FRANKE, A.A. Digestibility and effects of whole cottonseed fed to lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.64, p.2209-2215, 1981.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. 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.
- SOSA, Y.M.Y. **Efeito de diferentes formas de fornecimento de dieta à base de palma forrageira sobre o comportamento ingestivo de vacas holandesas no terço médio de lactação.** 2004. 47p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **SAEG: sistema de análise estatística e genética, versão 8.0.** Viçosa, 1998. 150p.
- VAN SOEST, P.J. Development of a comprehensive system of feed analysis and its applications to forages. **Journal of Animal Science**, v.26, p.119-128, 1967.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2nd ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VILLELA, S.D.J.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. da; LEÃO, M.I.; CECON, P.R.; PEREIRA, J.C. Caroço de algodão para vacas leiteiras. I. Consumo de nutrientes, produção e composição do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.25, p.298-308, 1996.
- WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 61., 1999, Ithaca. **Proceedings.** Ithaca: Cornell University Press, 1999. p.176-184.

Recebido em 6 de maio de 2005 e aprovado em 16 de março de 2006