

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

PALMA FORRAGEIRA PARA VACAS EM LACTAÇÃO

TALITA ALMEIDA DE PAULA

**RECIFE – PE
FEVEREIRO – 2019**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

PALMA FORRAGEIRA PARA VACAS EM LACTAÇÃO

TALITA ALMEIDA DE PAULA

Zootecnista

**RECIFE – PE
FEVEREIRO – 2019**

TALITA ALMEIDA DE PAULA

PALMA FORRAGEIRA PARA VACAS EM LACTAÇÃO

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Universidade Federal do Ceará e Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia. Área de concentração: Nutrição e produção de ruminantes.

Comitê de orientação:

Profa. Dra. Antônia Sherlânea Chaves Veras – orientadora

Prof. Dr. Marcelo de Andrade Ferreira – co-orientador

Pesquisador Dr. Sebastião Inocêncio Guido – co-orientador

Pesquisador Dr. Marco Antônio Sundfeld da Gama – co-orientador

RECIFE – PE
FEVEREIRO – 2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Centra, Recife-PE, Brasil

P324p Paula, Talita Almeida de
Palma forrageira para vacas em lactação / Talita Almeida de
Paula. – 2019.
68 f. : il.

Orientadora: Antonia Sherlânea Chaves Vêras.
Coorientadores: Marcelo de Andrade Ferreira, Sebastião
Inocêncio Guido, Marco Antônio Sundfeld da Gama.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife, BR-PE, 2019.
Inclui referências.

1. Ácidos graxos 2. Cactos 3. Cochonilha 4. Alimentos
funcionais 5. Leite – Produção I. Vêras, Antonia Sherlânea Chaves,
orient. II. Ferreira, Marcelo de Andrade, coorient. III. Guido,
Sebastião Inocêncio, coorient. IV. Gama, Marco Antônio Sundfeld
da, coorient. V. Título

CDD 636

TALITA ALMEIDA DE PAULA

PALMA FORRAGEIRA PARA VACAS EM LACTAÇÃO

Recife, 28 de fevereiro de 2019

Comissão examinadora:

Profa. Dra. Antonia Sherlânea Chaves Vêras
Universidade Federal Rural de Pernambuco
(Presidente)

Prof. Dr. João Paulo Ismério dos Santos Monnerat
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profa. Dra. Dulciene Karla de Andrade Silva
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Omer Cavalcanti de Almeida
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profa. Dra. Carolina Correa de Figueiredo Monteiro
Universidade Estadual de Alagoas

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

TALITA ALMEIDA DE PAULA – Filha de Jailton Lira de Paula e Marina Almeida de Paula, nasceu em Recife, Pernambuco, no dia 21 de setembro de 1987. cursou o ensino médio na Escola Agrotécnica Federal de Satuba, onde também concluiu o curso de Técnico em Agropecuária em dezembro de 2005. Em 2008 iniciou graduação em Zootecnia pela Universidade Federal de Alagoas, finalizando o curso em 2012. cursou o mestrado em Nutrição Animal pela Universidade Federal de Alagoas, tendo concluído em 2014. Atualmente é discente de doutorado da Universidade Federal Rural de Pernambuco, submetendo-se à defesa de tese para obtenção do título de doutora em Zootecnia em fevereiro de 2019, área de conhecimento em Zootecnia, com ênfase em nutrição e produção de ruminantes.

Até aqui nos ajudou o Senhor!

(I Samuel 7:12)

DEDICO

Aos meus pais, Jailton Lira e Marina Almeida, pelo amor, dedicação, incentivo e todos os ensinamentos.

A minha irmã, Mainah Almeida, pelo incentivo e amor, e por ser meu exemplo de dedicação e determinação.

Ao meu esposo, Marcos Elias, pelo companheirismo na vida e em toda minha jornada acadêmica, pela paciência, incentivo e motivação.

Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concedido a graça de trilhar este caminho tão sonhado e ter proporcionado sempre o melhor Dele para mim.

À minha família, em especial às pessoas mais importantes de minha vida: meus pais, Jailton e Marina, que sempre se dedicaram em dar suporte e proporcionar o melhor possível para mim; à minha irmã, Mainah, excelente administradora, um exemplo de profissional; e ao meu esposo Marcos, pelo companheirismo, dedicação e por nunca poupar esforços para me ajudar e aconselhar.

Aos meus tios Max Almeida e Mariane Almeida, pela acolhida em sua casa. À minha prima-irmã Mariana, pelos momentos de conversa e desabafos, sobretudo pelos momentos de descontração.

À Professora Doutora Antonia Sherlânea Chaves Vêras, pelo exemplo de ser humano, de humildade e de profissional a ser seguido. Por ser uma pessoa maravilhosa, amiga e conselheira, estando sempre disposta a auxiliar em quaisquer situações, aquela à qual tenho o compromisso pessoal de jamais decepcionar, como forma de agradecimento por toda dedicação em minha orientação. Estendendo os agradecimentos a seu esposo, Professor Vêras, por todo carinho e pela disponibilidade de seu lar, tanto para continuidade das tarefas do doutorado a qualquer momento como para nosso lazer!

Ao Professor Marcelo de Andrade Ferreira, pelo exemplo de dedicação e profissionalismo, pela paciência, auxílio prestado e pela constante disposição a ensinar e orientar, além de me confiar a realização das pesquisas. Ao professor Rubens Ramos Rocha Filho (Instituto Federal de Alagoas), por seu exemplo como professor, que despertou em mim o interesse pela Zootecnia e amor pelas vacas! E à professora Patrícia Guimarães Mendes Beelen (Universidade Federal de Alagoas), minha primeira orientadora no curso de Zootecnia, por acreditar em meu potencial muito antes de mim.

À UFRPE e ao Departamento de Zootecnia, por me proporcionarem a oportunidade de realizar mais essa etapa profissional. Aos professores do programa e visitantes, pelos ensinamentos, dedicação e engrandecimento profissional e pessoal.

Ao Instituto Agrônomo de Pernambuco, pela oportunidade, direcionado, especialmente a Leonardo Alencar e Dr. Sebastião Guido, pela confiança e disposição das instalações da estação São Bento do Una para execução do experimento e pelo apoio e presteza de todos os funcionários, em especial aos ordenhadores, seu Adilson e seu Zé

Félix, pela paciência e presteza. E, aos tratadores, Fábio “Galego” e João Marcos, pela dedicação e prontidão na labuta diária.

Às famílias Galdino e Martins de São Bento do Una, nas pessoas de seu Ivo, dona Selma e Íris, Elma, Leonardo, Lorena, Léo, Lucas e o pequeno Leandro, pela acolhida, afeto e disponibilidade em ajudar.

Aos parceiros, aos quais tive a honra de conhecer e que se tornaram amigos, tanto com auxílio durante a execução dos experimentos quanto por me fazerem rir e tornar esses momentos prazerosos: Leonardo Manoel, Dayane Almeida, Luciano Moraes, Abda Leandra, Telma Rodrigues, Magda Oliveira, Jeziel Ferreira e Alisson Almeida.

Ao professor Hugo Bonfá, pelo auxílio com a estatística e pela disponibilidade em ajudar. E aos professores Dulciene Karla Silva e Omer de Almeida, pelo suporte e providências de materiais para realização da coleta de líquido ruminal.

À Embrapa Gado de Leite, na pessoa do Dr. Marco Gama, pela parceria na realização das análises de ácidos graxos e todo auxílio, e do Dr. Cristiano Amancio, pela atuação na realização das análises estatísticas.

À CAPES, pela concessão de bolsa e auxílio.

Aos colegas e companheiros de curso, pelo companheirismo, em especial aos Sherlanetes, que, além de colegas, tornaram-se amigos. E à “Galera do Bem”, Rayane Gomes, Ana Barros, Thalita Araújo, Suellen Maria e Daurivane Souza, por toda ajuda e por serem minha família da Rural.

Aos colegas e amigos pela fundamental participação no desenvolvimento do trabalho, em especial, Luciana Neves, Lígia Barreto, Jonas Inácio, Carolina Monteiro, José Gomes, Juana Chagas, Maria Gabriela. Aos amigos e colegas, pelo companheirismo e/ou auxílio nas pesquisas, Jucelane Salvino, Jullyana Senna, Marina de Paula, Ximena Aguiar, Gláucia Moraes, Diego Santos, Juliane Viapiana, Sandra Paulino, Hugo Nascimento, Eduardo Cordeiro, Giorgio Mendes, Randerson Silva e Gleidiana Amélia.

A todos os professores que tive a honra de conhecer; obrigada pelos ensinamentos, orientações e motivações. Um agradecimento especial aos bons exemplos de dedicação e modelo a seguir. Espero um dia poder honrá-los!

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para que eu conclua mais essa etapa de formação profissional.

Muito obrigada!!!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	xii
LISTA DE FIGURAS	xiii
RESUMO GERAL	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	18
CAPÍTULO I.....	21
<i>Resumo</i>	22
<i>Abstract</i>	23
<i>Introdução</i>	24
<i>Material e Métodos</i>	25
Animais e instalação.....	25
Dietas experimentais	26
Consumo voluntário	26
Ensaio de digestibilidade	27
Análises químicas	27
Comportamento ingestivo	28
Amostras de sangue e urina	28
Amostras e análises da composição do leite.....	30
Análises estatísticas	30
<i>Resultados</i>	31
Consumo voluntário e digestibilidade	31
Comportamento alimentar	31
Balanço de nitrogênio e síntese de proteína microbiana.....	31
Produção e composição do leite	32
<i>Discussão</i>	32
<i>Conclusão</i>	38
<i>Referências</i>	39
CAPÍTULO II	43
<i>Resumo</i>	44
<i>Abstract</i>	45
<i>Introdução</i>	46
<i>Material e Métodos</i>	48
Animais e instalação.....	48
Dietas experimentais e manejo	48
Análises estatísticas	51
<i>Resultados e Discussão</i>	52
<i>Conclusões</i>	63
<i>Referências</i>	64
CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES.....	68

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I- Níveis de concentrado associados a um novo genótipo de palma (*Opuntia stricta* [Haw]. Haw.) na dieta de vacas leiteiras em lactação em região Semiárida

Tabela 1 Composição química dos ingredientes das dietas experimentais.....	26
Tabela 2 Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais.	27
Tabela 3 Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes	34
Tabela 4 Comportamento ingestivo e eficiências de alimentação e ruminação.....	345
Tabela 5 Produção e eficiência microbiana, parâmetros sanguíneos e balanço de nitrogênio.....	36
Tabela 6 Produção, eficiência de alimentação e composição do leite	37

CAPÍTULO II- Inclusão de Palma forrageira em dietas suplementadas com óleo vegetal como estratégia nutricional para melhoria da qualidade da gordura do leite de vacas leiteiras

Tabela 1 Composição química e perfil de ácidos graxos dos ingredientes.....	49
Tabela 2 Proporção dos ingredientes e composição das dietas experimentais	50
Tabela 3 Consumo de nutrientes, produção e composição do leite de vacas em resposta aos tratamentos	53
Tabela 4 Perfil de ácidos graxos saturados do leite (g/100g do total de ácidos graxos) de vacas alimentadas com as dietas experimentais	54
Tabela 5 Perfil de ácidos graxos octadecenóicos do leite (g/100g do total de ácidos graxos) de vacas alimentadas com as dietas experimentais	55
Tabela 6 Perfil de ácidos graxos monoinsaturados, poliinsaturados e ramificados no leite (g/100g de ácidos graxos totais) de vacas alimentadas com as dietas experimentais.....	60
Tabela 7 Somatório por classificação de ácidos graxos (g/100g de ácidos graxos totais) na gordura do leite de vacas alimentadas com as dietas experimentais	61
Tabela 8 Índices de atividade da enzima esteroil-CoA dessaturase-1 (SCD) na gordura do leite de vacas alimentadas com as dietas experimentais.....	62
Tabela 9 Concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH ₃) e proporção molar de ácidos acético, propiônico e butírico no líquido ruminal.....	63

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II- Inclusão de palma forrageira em dietas suplementadas com óleo vegetal como estratégia nutricional para melhoria da qualidade da gordura do leite de vacas leiteiras

Figura 1 Variação das concentrações de C18:0 (*A*), C18:1 trans-11 (*B*), CLA cis- 9 trans-11 (*C*) e C18:2 n-6 (*D*) em g/100g na gordura do leite (por tratamento) ao longo do período experimental [tempo (dias) = momento da coleta de amostras]; DB-período basal. 57

PALMA FORRAGEIRA PARA VACAS EM LACTAÇÃO

RESUMO GERAL

1 Dois experimentos foram realizados para avaliar o efeito da utilização de palma forrageira
2 na alimentação de vacas leiteiras da raça Holandês. O primeiro experimento foi realizado
3 para avaliar consumo e digestibilidade aparente de matéria seca (MS) e seus
4 componentes, comportamento ingestivo, síntese de proteína microbiana, balanço de
5 nitrogênio, parâmetros sanguíneos, produção e composição de leite de vacas da raça
6 Holandês alimentadas com uma dieta Controle, contendo palma *Nopalea* ou *Opuntia*
7 associada a diferentes níveis de concentrado (225; 275; 325 e 375 g/kg). Foram utilizadas
8 dez vacas com produção média de leite inicial de $19,58 \pm 2.14$ kg/dia, distribuídas em
9 dois Quadrados Latinos 5 x 5. As dietas com relação 775:225 (volumoso:concentrado),
10 independentemente da palma utilizada, promoveram respostas semelhantes quanto às
11 variáveis analisadas, exceto para digestibilidade da fibra em detergente neutro (de 563,70
12 e 467,80 g/kg MS; contendo palma *Nopalea* e *Opuntia*, respectivamente). Os tratamentos
13 com maior conteúdo de concentrado (325 e 375 g/kg) promoveram mais elevados
14 consumos de MS (20,31; 20,53 kg/dia, respectivamente) e produção de leite corrigida
15 para 3,5% de gordura (23,1 e 24,0 kg/dia, respectivamente). Conclui-se que a palma
16 *Opuntia* pode substituir a *Nopalea* em dietas com relação volumoso: concentrado de
17 775:225, para vacas da raça Holandês com produção diária de 20 kg de leite. Maior
18 participação de concentrado em dietas contendo palma *Opuntia* podem ser empregadas
19 para promover maiores rendimentos leiteiros. A segunda pesquisa teve como principal
20 objetivo avaliar o efeito da substituição parcial da silagem de sorgo (SS) por palma
21 forrageira (*Opuntia stricta* [Haw]. Haw.) em dietas suplementadas com óleo de soja (OS)
22 sobre o perfil de ácidos graxos (AG) do leite de vacas leiteiras. Doze vacas ($n=12$) da raça
23 Holandês com 150 ± 30 dias de lactação e produção média de leite de $18,2 \pm 4,3$ kg/dia
24 ao início do experimento foram utilizadas. O experimento foi conduzido em dois
25 períodos: 1) Basal: todos os animais receberam, por 21 dias, dieta composta por SS e
26 concentrado, sem adição de OS (dieta basal) e 2) Tratamento: Os animais foram divididos
27 em três grupos ($n=4$ /grupo), os quais receberam uma das seguintes dietas experimentais
28 por um período de 21 dias: a) SS e concentrado contendo OS, fornecidos na forma de
29 mistura completa (SS+OS); b) Substituição parcial de SS por palma forrageira e
30 concentrado contendo OS, fornecidos na forma de mistura completa (SS+P+OS), ou c)
31 Mesma dieta do tratamento 2, porém palma foi fornecida misturada ao concentrado, sendo
32 a SS fornecida após o consumo total de palma + OS [SS+(P+OS)]. Todas as dietas tinham
33 relação V/C de 70:30 (% da MS), e OS foi incluído a 2,7% da MS. As dietas contendo
34 palma resultaram em maior consumo de MS (16,48; 19,87 e 18,43 kg/dia) e de
35 carboidratos não fibrosos (4,49; 7,71 e 7,20 kg/dia, para as dietas SS+OS; SS+P+OS e
36 SS+(P+OS)), respectivamente. A dieta SS+P+OS promoveu maior produção de leite (PL)
37 e produção de leite corrigida para 3,5% de gordura (23,61 e 23,05 kg/dia),
38 respectivamente, quando comparada à dieta SS+OS (18,11 e 17,43 kg/dia) e SS+(P+OS)
39 (21,33 e 20,81 kg/dia). Os teores de gordura, proteína e lactose não diferiam entre
40 tratamentos. A inclusão de palma na dieta, independentemente da forma de fornecimento,
41 proporcionou elevação significativa dos teores de CLA *cis-9 trans-11*, CLA *trans-9*, *cis-*
42 *11*, C18:2 *n-6*, AG poliinsaturados totais, Σ AG *n-6*, Σ AG *n-3*, Σ AG *trans* totais e relação

43 AG *n*-6/AG *n*-3. Em alguns casos, os teores observados para a dieta SS+(P+OS) foram
44 superiores que a dieta SS+P+OS (C18:2 *n*-6; CLA *cis*-9 *trans*-11, Σ poli-insaturados).
45 Contudo, as dietas contendo palma proporcionaram redução (em maior ou menor grau)
46 dos teores de outros AG, ou grupos de AG, tais como C18:0, C18:1 *cis*-9, C20:0, C21:0,
47 AG saturados totais e Σ monoinsaturados *cis*. Menor atividade da enzima estearoil-CoA
48 - 1 (SCD) para os pares C12:0:C12:1 ocorreu em dietas contendo palma e para os pares
49 C18:0:C18:1 foi maior para a dieta SS+(P+OS), em comparação a SS+OS. Não foram
50 observadas diferenças quanto as variáveis ruminais avaliadas. A substituição parcial de
51 SS por palma em dietas de vacas leiteiras suplementadas com OS é uma estratégia
52 promissora para melhoria da qualidade nutricional e do potencial funcional da gordura do
53 leite, por meio do aumento expressivo dos teores de AG benéficos à saúde humana não
54 encontrados em quantidades significativas em outras fontes na dieta humana (CLA *cis*-9,
55 *trans*-11 e C18:1 *trans*-11). Essa estratégia pode, portanto, possibilitar a produção de leite
56 e produtos lácteos de elevado valor agregado em regiões com severas limitações
57 climáticas para produção de forragens tradicionais, tais como as observadas em regiões
58 semiáridas.

59

60 **Palavras-chave:** Ácidos graxos poli-insaturados; Biohidrogenação ruminal; *Cactacea*;
61 Cochonilha do carmim; Nutracêutico; *Opuntia*; Produção de leite.

62

ABSTRACT

63 Two experiments were carried out to evaluate the effect of the use of forage cactus
64 cladodes on feeding dairy Holsteins cows. The first experiment was carried out to
65 evaluate the intake and apparent digestibility of dry matter (DM) and its components,
66 ingestive behaviour, microbial protein synthesis, nitrogen balance, blood parameters,
67 milk production and composition of Holstein cows fed a Control diet, containing *Nopalea*
68 or *Opuntia* cactus associated with different levels of concentrate (225, 275, 325 e 375
69 g/kg). Ten cows with a initial milk yield of 19.58 ± 2.14 kg / day were used in a two
70 double Latin Square squares 5 x 5. The diets with 775:225 (roughage:concentrate),
71 regardless of the cactus cladodes used, promoted responses similar to the analyzed
72 variables, except for digestibility of neutral detergent fiber (563.70 and 467.80 g/kg DM,
73 containing cactus *Nopalea* and *Opuntia*, respectively). The treatments with higher
74 concentrate content (325 and 375 g/kg) promoted higher DM intakes (20.31, 20.53
75 kg/day, respectively) and milk production corrected to 3.5% fat (23.1 and 24.0 kg/day,
76 respectively). Therefore, the *Opuntia* cactus can substitute the *Nopalea* cladodes in diets
77 with roughage:concentrate of 775:225, for Holstein cows with daily production of 20 kg
78 of milk. Higher participation of concentrate in diets containing *Opuntia* cactus can be
79 employed to promote higher milk yields. The second study was carried out with the main
80 objective of evaluating the effect of the partial substitution of sorghum silage (SS) by
81 cactus cladodes (*Opuntia stricta* [Haw]. Haw.) in diets supplemented with soybean oil
82 (SO) on the fatty acids (FA) of dairy cows milk. Twelve cows ($n=12$) of the Holsteins
83 breed with 150 ± 30 days of lactation and average milk yield of 18.2 ± 4.3 kg/day at the
84 beginning of the experiment were used. The research was conducted in two periods: 1)
85 Basal: all animals received, for 21 days, a diet composed of SS and concentrate, without
86 addition of SO (basal diet) and 2) Treatment: The animals were divided into three groups
87 ($n=4$ /group), which received one of the following experimental diets for a period of 21
88 days: a) SS and concentrate containing SO, provided as a complete mixed (SS+SO); b)
89 Partial replacement of SS per cactus cladodes and concentrate containing SO, provided
90 as a complete mixture (SS+C+SO), or c) Same treatment diet b, but cactus was supplied
91 mixed to concentrate, SS being supplied after total intake of cactus + SO [SS+(C+SO)].
92 All diets contained R/C ratio of 700:300 (g/kg of DM), and SO was included at 2.7% of
93 DM. Diets containing cactus resulted in higher DM intake (16.48, 19.87 and 18.43
94 kg/day) and non-fibrous carbohydrates (4.49, 7.71 and 7.20 kg/day for SS+OS, SS+C+SO
95 and SS+(C+SO) diets, respectively). The SS+C+SO diet promoted higher milk production
96 and milk production corrected to 3.5% fat (23.61 and 23.05 kg/day), respectively, when
97 compared to the SS+SO diet (18.11 and 17.43 kg/day) and SS+(C+SO) (21.33 and 20.81
98 kg/day). Fat, protein and lactose contents did not differ between treatments. The inclusion
99 of cactus in the diet, regardless of the form of supply, provided a significant elevation of
100 the contents of CLA *cis-9 trans-11*, CLA *trans-9 cis-11*, C18:2 *n-6*, total polyunsaturated
101 FA, Σ *n-6*, *n-3*, Σ FA *trans* total and *n-6/n-3* FA ratio. In some cases, contents observed
102 for the SS+(C+SO) diet were higher than SS+C+SO diet (C18: 2 *n-6*; CLA *cis-9 trans-*
103 *11*, Σ polyunsaturated). However, the diets containing cactus promoted a reduction (to a
104 greater or lesser extent) of the contents of other FAs, or FA groups, such as C18:0, C18:1
105 *cis-9*, C20:0, C21:0 and Σ *cis* monounsaturated. Lower stearoyl-CoA-1 (SCD) activity
106 was observed for the C12:0: C12:1 pairs in response to the diets containing cactus and for
107 the C18:0:C18:1 pairs was higher for the SS+(C+SO) diet compared to SS+SO. No
108 differences were observed regarding the ruminal variables evaluated. Partial substitution

109 of SS per cactus in dairy cows diets supplemented with SO is a promising strategy to
110 improve the nutritional quality and functional potential of milk fat by increasing
111 significantly the contents of FAs, that are beneficial to human health and are not found in
112 significant quantities in other sources in the human diet (CLA *cis-9 trans-11* e C18:1
113 *trans-11*). This strategy may therefore enable the production of high added-value milk
114 and milk products in regions with severe climatic limitations to production of traditional
115 roughage, such as those observed in semiarid regions.

116

117 **Key words:** Carmine cochineal; Milk yield; Nutraceutical; *Opuntia*; Polyunsaturated
118 fatty acids; Ruminant biohydrogenation.

119

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

120 Dentre as atividades agropecuárias desenvolvidas em regiões semiáridas do
121 Brasil, a leiteira já está estabelecida ante às ocorrências cíclicas de estiagens. Segundo
122 estimativas de perdas econômicas em períodos secos, as agrícolas chegam a 72%,
123 enquanto que as pecuárias a 20%, denotando, assim, o estabelecimento da criação animal
124 como principal fonte de renda para a região. Suas propriedades leiteiras contribuem de
125 forma expressiva para a produção de leite do Nordeste.

126 Neste contexto, importantes bacias leiteiras foram estabelecidas e têm
127 fundamental importância socioeconômica. As propriedades geralmente são
128 caracterizadas por estrutura familiar, posto que são formadas principalmente por
129 propriedades de pequeno e médio portes e constituem a principal fonte de renda. Contudo,
130 a criação animal é fundamentalmente caracterizada por limitações, pertinentes à
131 capacidade de suporte animal, baixa produtividade, genética dos animais criados, falta de
132 aporte tecnológico e, além desses fatores, entraves imputados pelas características
133 climáticas, relacionadas principalmente à produção de volumosos.

134 Isso ocorre devido à alimentação dos animais ser primordialmente baseada no uso
135 de pastagens nativas, que têm produção significativamente reduzida com a ocorrência de
136 períodos de estiagem. Sendo assim, para obtenção de produção de forma eficiente e, para
137 que essa seja realizada continuamente, as propriedades são dependentes de obtenção de
138 insumos externos para alimentação dos animais por meio da aquisição de concentrados e
139 volumosos, o que reflete em custos produtivos mais elevados.

140 Diante desses fatos, a utilização de palma forrageira na região Semiárida deixa de
141 ser uma alternativa à produção animal e passa a ser de fundamental importância para
142 continuidade da atividade pecuária e se constitui como básica para permanência do
143 homem no campo. Além disso, o cultivo dessa forrageira tem relevante importância
144 social, econômica e ambiental, como possibilidade de geração de emprego e renda e
145 forma de preservação ambiental, por intermédio da conservação do solo, combate à
146 desertificação e a erosão, por intermédio de mecanismos de permeabilidade e
147 armazenamento de água no solo, atuando sobre a menor susceptibilidade de escoamento
148 e desgaste deste.

149 Pela perspectiva nutricional, dentre as principais vantagens e relevância do uso da
150 cultura na alimentação animal estão o elevado conteúdo de carboidratos não fibrosos,
151 aceitabilidade pelos ruminantes, alta digestibilidade e redução da necessidade de
152 suprimento de água de bebida, que nessas regiões tem sua disponibilidade limitada, tanto
153 quantitativa, como qualitativamente.

154 Contudo, palmais foram recentemente dizimados pela ocorrência da Cochonilha
155 do Carmim, praga que é inviavelmente controlada por defensivos químicos, mecânicos e
156 biológicos. Assim, diante da susceptibilidade de genótipos de palma forrageira mais
157 comumente utilizados na alimentação de vacas leiteiras em algumas áreas do Nordeste,
158 especificamente a Gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill.), fez-se necessário avaliar o
159 consumo de matéria seca e seus constituintes e o desempenho de animais alimentados
160 com clones que sejam resistentes à praga.

161 Dentre os genótipos resistentes e devido à sua expressiva superioridade
162 agrônômica, sobretudo relacionada à produtividade e maior resistência aos períodos de
163 estiagem mais prolongados, a palma Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*
164 [Haw]. Haw.) tem recebido destaque e despertado interesse de pesquisadores. Entretanto,
165 nos escassos trabalhos encontrados na literatura consultada, que avaliaram o desempenho
166 dos animais alimentados com genótipos de palma resistentes à praga, há inconsistências
167 quanto aos consumos e desempenhos de ruminantes alimentados com a Orelha de
168 Elefante Mexicana; algumas pesquisas resultaram em redução de consumo de matéria
169 seca e diminuição do desempenho animal. De modo geral, os resultados são relacionados
170 a menor aceitabilidade pelos animais, quando comparada à Miúda (*Nopalea*
171 *cochenillifera* (L.) Salm-Dyck), por exemplo.

172 No entanto, vale ressaltar que pesquisas voltadas ao emprego de palma na
173 alimentação animal devem ser direcionadas a encontrar mais opções de genótipos que
174 possam ficar à disposição do produtor e alertá-lo dos riscos de utilização de culturas de
175 forma exclusiva, ressaltando, assim, a importância da biodiversidade agrícola, para que a
176 ocorrência de novas, e até então desconhecidas pragas, tenham menor impacto sobre a
177 produção agropecuária.

178 Embora os resultados de muitas pesquisas já tenham demonstrado a eficiência do
179 emprego da palma na alimentação e manutenção dos bons índices produtivos de rebanhos
180 leiteiros, quando utilizada adequadamente, e devido à preocupação humana no consumo

181 de alimentos com melhor qualidade nutricional, ressalta-se a importância do estudo dos
182 efeitos da utilização de palma e a influência sobre a composição do leite, sobretudo o
183 perfil de ácidos graxos.

184 Diversos trabalhos têm avaliado o perfil de ácidos graxos do leite, com ênfase em
185 efeitos sobre a saúde humana, já que o leite tem em sua composição elevada constituição
186 de ácidos graxos saturados, que são relacionados com a ocorrência de doenças
187 coronarianas. Contudo, de forma antagônica, ácidos graxos insaturados são relacionados
188 a benefícios à saúde e também integram o leite e seus derivados. Todavia, são escassas
189 na literatura, pesquisas que avaliaram o perfil de ácidos graxos do leite de vacas
190 alimentadas com palma forrageira.

191 Assim sendo, a presente tese foi estruturada em dois capítulos que visaram avaliar
192 o desempenho de vacas em lactação, alimentadas com palma forrageira. Os capítulos
193 foram estruturados conforme as normas da Revista *The Journal of Agricultural Science*;
194 contudo, adaptados para atender às normas do Programa de Doutorado Integrado em
195 Zootecnia (Resolução N° 02/2007).

196 No Capítulo I objetivou-se avaliar o consumo e digestibilidade aparente de
197 matéria seca e seus componentes, comportamento ingestivo, síntese de proteína
198 microbiana, balanço de nitrogênio, parâmetros sanguíneos, produção e composição de
199 leite de vacas da raça Holandês alimentadas com palma forrageira associada a diferentes
200 níveis de concentrado.

201 No Capítulo II objetivou-se avaliar os efeitos da combinação de óleo de soja
202 compondo dietas contendo ou não palma forrageira, com diferentes formas de oferta,
203 sobre a composição e o perfil de ácidos graxos do leite de vacas da raça Holandês.

CAPÍTULO I

**Níveis de concentrado associados a um novo genótipo de palma
forrageira em dieta de vacas da raça Holandês**

Níveis de concentrado associados a um novo genótipo de palma forrageira em dieta de vacas da raça Holandês

204

205

RESUMO

206

207 O uso da palma forrageira na alimentação animal em áreas semiáridas já está bem
208 estabelecido. A palma *Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck (*Nopalea*) imprime
209 elevada aceitabilidade por vacas leiteiras e é resistente ao inseto cochonilha do carmim
210 (*Dactylopius opuntiae* Cockerell), um problema em regiões semiáridas. Contudo, em
211 áreas com estiagens mais prolongadas, essa palma possui menor produtividade quando
212 comparada à palma *Opuntia stricta* (Haw.) Haw (*Opuntia*), que é resistente ao inseto.
213 Assim, objetivou-se avaliar consumo e digestibilidade aparente de matéria seca (MS) e
214 seus componentes, comportamento ingestivo, síntese de proteína microbiana, balanço de
215 nitrogênio, parâmetros sanguíneos, produção e composição de leite de vacas da raça
216 Holandês alimentadas com uma dieta Controle, contendo palma *Nopalea* ou, dietas
217 contendo *Opuntia* associada à diferentes níveis de concentrado (225; 275; 325 e 375
218 g/kg). Dez vacas com produção de leite média inicial de $20 \pm 2,1$ kg/dia foram distribuídas
219 em Quadrado Latino duplo 5 x 5. Dietas contendo 775 g de volumoso/kg e 225 g
220 concentrado/kg promoveram respostas semelhantes quanto às variáveis analisadas,
221 exceto para digestibilidade da fibra em detergente neutro. Dietas contendo maiores
222 proporções de concentrado (325 e 375 g/kg) promoveram mais elevados consumos de
223 MS e produção de leite corrigida para 3,5% de gordura. A dieta contendo *Opuntia* com
224 relação volumoso: concentrado de 775:225 g/kg pode substituir a *Nopalea* em dietas para
225 vacas da raça Holandês, produzindo 20 kg de leite/dia. Para promover maior produção de
226 leite maiores proporções de concentrado podem ser adicionadas em dietas contendo
227 *Opuntia*.

228

229 **Palavras-chave:** *Cactacea*; Cochonilha do carmim; Diversificação agrícola; *Opuntia*;
230 Rendimento leiteiro.

231

232

233

234

235

236

237

ABSTRACT

238
239

240 The use of cactus cladodes in animal feed is well-established in semi-arid areas. The
241 cactus *Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck cladodes (*Nopalea*) have high
242 acceptability amongst dairy cows and are resistant to carmine cochineal insects
243 (*Dactylopius opuntiae* Cockerell), a problem in semi-arid regions, but in regions of
244 prolonged drought, it has lower productivity compared to the cactus *Opuntia stricta*
245 (Haw.) Haw cladodes (*Opuntia*), which is also resistant to the insect. The objective of the
246 current study was to evaluate the intake and apparent digestibility of dry matter (DM) and
247 its components, feeding behaviour, microbial protein synthesis, nitrogen balance, blood
248 parameters, performance and milk composition of Holstein cows fed a control diet,
249 containing either *Nopalea* or *Opuntia* associated with different concentrate levels (225,
250 275, 325 and 375 g/kg). Ten cows with an initial average milk production of 20 ± 2.1
251 kg/day were distributed into a double 5×5 Latin square design. Diets containing 775 g
252 roughage/kg and 225 g concentrate/kg promoted similar responses to the analysed
253 variables regardless of the cactus cladode used, except for digestibility of neutral
254 detergent fibre. Diets containing higher proportions of concentrate (325 and 375 g/kg)
255 promoted greater DM intake and 3.5% fat-corrected milk yield. The diet containing
256 *Opuntia* at 775:225 g/kg roughage:concentrate proportion is as effective as the control
257 diet for Holstein cows producing 20 kg of milk/day. To promote greater milk production,
258 higher proportions of concentrate should be added to diets using *Opuntia*.

259

260 **Keywords:** Agricultural diversification; *Cactacea*; Carmine cochineal; Dry land; milk
261 yield.

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277

278

279 **Introdução**

280 A palma forrageira está bem estabelecida como alimento para ruminantes em
281 regiões emiáridas no mundo. Segundo Shackleton et al. (2017), a família Cactaceae
282 possui 130 gêneros e 1922 espécies e tem sido disseminada no mundo para diferentes
283 finalidades, como plantas ornamentais, alimentação humana e animal; dessa forma,
284 contribuindo para oferta de produtos de origem animal, especialmente para populações
285 em zonas marginalizadas e auxilia na mitigação da estiagem e combate à desertificação.
286 Assim, pode ser considerada como oportunidade de geração de renda e conservação de
287 ecossistemas (BEN SALEM et. al., 2002; NEFZAOU I et al., 2014).

288 Os principais gêneros de palma utilizados em sistemas de produção de leite em
289 áreas semiáridas do Brasil são *Opuntia* e *Nopalea*, especialmente durante o período de
290 estiagem, momento em que a oferta de alimentos na região é escassa (SANTOS et al.,
291 2018). Embora a FAO (2017) tenha descrito a exploração brasileira de *Opuntia* como
292 forragem, um exemplo claro da adequação do uso tecnológico no atendimento das
293 necessidades econômicas do país; recentemente palmais têm sido infestados pelo inseto
294 cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell), o que tem motivado
295 pesquisadores a avaliar genótipos/cultivares mais resistentes à praga. Contudo, segundo
296 Silva et al. (2018), o conhecimento do valor nutricional da *Opuntia* ainda é limitado.

297 Santos et al. (2018) avaliaram características nutricionais de 13 genótipos de
298 palma forrageira (resistentes, semi-resistentes e susceptíveis à cochonilha do carmim) na
299 Estação Experimental de Arcoverde do Instituto Agrônomo de Pernambuco e
300 observaram que os genótipos resistentes mostraram características semelhantes aos
301 tradicionalmente fornecidos, e recomendaram estudos objetivando avaliar o desempenho
302 de animais alimentados com esses genótipos.

303 Em relação aos aspectos nutricionais e produtivos de palma *Nopalea*
304 *cochenillifera* Salm Dyck (*Nopalea*) e *Opuntia stricta* [Haw]. Haw (*Opuntia*), Silva et al.
305 (2017) não observaram diferença entre os consumos de matéria seca (MS) e
306 comportamento ingestivo de novilhas mestiças leiteiras.

307 Por outro lado, Rocha Filho (2012) observou redução do consumo de MS e da
308 produção leiteira de vacas mestiças alimentadas com *Opuntia* (12,11 kg/dia), em
309 comparação às com palma *Nopalea* (14,96 kg/dia), ambas contendo concentrado, e
310 atribuiu esses resultados à menor aceitabilidade da *Opuntia* pelos animais. Da mesma

311 forma, Silva et al. (2018) relataram diminuição de 1,4 kg/dia (-9,9%) de consumo de MS
312 por vacas mestiças, relacionando os resultados ao conteúdo de carboidratos das palmas
313 (639,0 e 547,3 g/kg MS) para *Nopalea* e *Opuntia*, respectivamente, como fator
314 responsável pela alteração da palatabilidade da dieta.

315 Diante dos achados acima e levando-se em consideração os aspectos agrônômicos,
316 como menor exigência de nutrientes do solo, maior tolerância a condições de estresse
317 hídrico e produtividade da *Opuntia* (37 ton de MS/ha/2 anos) comparativamente à
318 *Nopalea* (21 ton de MS/ha/ano) em locais com extensivos períodos de estiagem
319 (SANTOS et al., 2008), foi formulada a hipótese de que existe uma relação adequada de
320 palma *Opuntia*:concentrado, capaz de promover semelhante desempenho de vacas da raça
321 Holandês em relação à utilização de palma *Nopalea*.

322 Assim, objetivou-se avaliar o consumo e digestibilidade aparente de MS e seus
323 componentes, comportamento ingestivo, síntese de proteína microbiana, balanço de
324 nitrogênio, parâmetros sanguíneos, produção e composição de leite de vacas da raça
325 Holandês alimentadas com palma *Opuntia* associada a diferentes níveis de concentrado.

326

327 **Material e Métodos**

328 O experimento foi aprovado pelo Comitê de Ética na Utilização de Animais da
329 Universidade Federal Rural de Pernambuco (Licença nº 069/2016) e conduzido na
330 Estação Experimental do Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA), localizada no
331 Município de São Bento do Una, estado de Pernambuco, Brasil, caracterizado pelo clima
332 semiárido Bsh (KOOPEN, 1948).

333

334 *Animais e instalação*

335 Foram utilizadas 10 vacas da raça Holandês, com produção média de leite de 19,58
336 $\pm 2,14$ kg/dia, e peso corporal médio de 567,55 ± 69 kg, e média de 12 semana de lactação,
337 ao início do experimento, distribuídas em dois Quadrados Latinos simultâneos 5 x 5. A
338 pré-adaptação dos animais ao manejo e as instalações teve duração de 21 dias. O
339 experimento contou com um período total de 105 dias e foi dividido em cinco períodos
340 consecutivos de 21 dias cada, com os 14 primeiros dias para adaptação dos animais às
341 dietas experimentais, seguidos de sete dias para coletas de dados e amostras. O peso
342 corporal individual das vacas foi mensurado no início e ao final de cada período

343 experimental, após a ordenha. As vacas foram alojadas em baias individuais com área de
344 aproximadamente 24 m², providas de bebedouros e comedouros individuais.

345 *Dietas experimentais*

346 As cinco dietas experimentais consistiam de: palma *Nopalea cochenillifera* Salm-
347 Dyck (*Nopalea*) acrescida de 225 g/kg de concentrado (dieta Controle); e palma *Opuntia*
348 *stricta* [Haw]. Haw. (*Opuntia*) com 225, 275, 325 ou 375 g/kg de concentrado, na base
349 da MS. A dieta Controle, com relação volumoso: concentrado (V:C) de 775:225 g/kg, foi
350 formulada de acordo com o NRC (2001), para atender às exigências nutricionais de vacas
351 leiteiras produzindo 20 kg de leite/dia corrigido para 3,5% de gordura (NRC, 2001). A
352 ração foi fornecida *ad libitum* na forma de mistura completa, ofertada duas vezes por dia,
353 às 7h00 e 16h00, permitindo-se sobras entre 5 – 10 % (base da MS). Nas Tabelas 1 e 2
354 são apresentadas a composição química dos ingredientes, composição percentual e
355 química das dietas experimentais.

356

357 *Consumo voluntário*

358 Consumo voluntário foi avaliado do 15° ao 21° dias, registrando-se diariamente as
359 quantidades ofertadas e as sobras. Foram realizadas amostragens dos ingredientes das
360 dietas e sobras de cada animal, e confeccionadas amostras compostas por período e
361 animal ao final de cada período experimental, sendo armazenadas em sacos plásticos, em
362 freezer a -20°C. Ao final do experimento, as amostras foram secas a 60°C por 72h e
363 moídas em moinhos de faca, com peneiras de 2 mm para incubação ruminal e 1 mm para
364 posteriores análises químicas.

Tabela 1 Composição química dos ingredientes das dietas experimentais

Composição química (g/kg)	Cana-de-açúcar	Palma <i>Napolea</i>	Palma <i>Opuntia</i>	Farelo de soja	Milho moído
Matéria seca ¹	300	201	164	876	878
Matéria Orgânica ²	988	916	917	931	984
Proteína bruta ²	16,3	36,5	42	469	82,1
Fibra em detergente neutro ²	493	252	219	137	113
Fibra em detergente neutro indigestível ²	258	154	150	41,4	46,3
Carboidratos não fibrosos ²	472	612	642	297	730

¹base na matéria natural; ²base na matéria seca.

Tabela 2 Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais

Ingredientes (g/kg)	Níveis de concentrado (g/kg)				
	Controle	225	275	325	375
<i>Nopalea</i>	450	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Opuntia</i>	0,0	450	400	350	300
Cana-de-açúcar	325	325	325	325	325
Farelo de soja	193	179	169	159	149
Milho moído	0,0	14,1	74,1	134	194
Mistura mineral ^a	15,5	15,4	15,4	15,5	15,5
Sal comum	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Ureia+Sulfato de amônio (9:1) ^b	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5
Composição da dieta (g/kg)					
Matéria seca ^c	388	372	408	443	479
Matéria orgânica ^d	914	914	918	922	926
Proteína bruta ^d	143	140	138	136	134
Fibra em detergente neutro ^d	330	299	294	289	283
Fibra em detergente neutro indigestível ^d	161	159	154	149	144
Carboidratos não fibrosos ^d	486	506	515	523	532
Nutrientes digestíveis totais ^d	674	652	693	677	691

^aComposição: fosfato dicálcio; calcário; sal; flor de enxofre; sulfato de zinco; sulfato de cobre; sulfato de manganês; iodato de potássio; selenito de sódio; ^b9 partes de ureia 1 parte de sulfato de amônia; ^cbase na matéria natural; ^dbase na matéria seca.

365 *Ensaio de digestibilidade*

366 Para estimativa da digestibilidade aparente e concentração de nutrientes digestíveis
 367 totais (NDT), amostras *spot* de fezes foram coletadas diretamente da ampola retal dos
 368 animais entre o 16º e 20º dias de cada período experimental (TORRES et al., 2009).
 369 Posteriormente, as amostras foram compostas por período e animal e armazenadas em
 370 freezer a -20°C para análises químicas. A excreção fecal total foi estimada utilizando-se
 371 a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) como indicador interno. Foram avaliadas
 372 as amostras de volumosos, sobras, fezes (0,8g) e concentrados (1,0g), processadas em
 373 peneira de 2 mm, quanto ao teor de FDNi utilizando sacos de tecido não tecido (TNT,
 374 100 g/m²) em incubação *in situ* durante 288 h (VALENTE et al., 2015).

375

376 *Análises químicas*

377 As amostras de alimentos, sobras e fezes foram avaliadas quanto aos conteúdos de
 378 MS, matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB), de acordo com
 379 AOAC (2005), métodos 934.01, 942.05, 942.05, 990.13, respectivamente; extrato etéreo

380 (EE) foi determinado de acordo com AOCS (2004). A fibra de detergente neutro (FDN)
381 foi analisada de acordo com Van Soest et al. (1991) usando alfa-amilase, conforme
382 recomendado pela AOAC (2005), método 973.18. O nitrogênio insolúvel em detergente
383 neutro (NIDN) foi analisado usando o método de *Kjeldahl* (LICITRA et al., 1996) e os
384 carboidratos não-fibrosos (CNF) foram calculados de acordo com Hall (2001), sendo:
385 $CNF = 100 - (\%PB + \%FDN + \%EE + \%Cinzas)$, modificado para correção de cinzas e
386 proteína.

387

388 *Comportamento ingestivo*

389 Para avaliação do comportamento ingestivo das vacas (alimentação, ruminação e
390 ócio) dados foram coletados no 15º dia de cada período experimental. Observações foram
391 realizadas por 24 horas, a cada 10 minutos, utilizando-se o método de varredura
392 instantânea (*scan sampling*) proposto por Martin e Baterson (2007). As eficiências de
393 alimentação e ruminação (g MS/min) foram calculadas pela divisão do consumo de MS
394 pelo tempo total de alimentação (EAL, eficiência de alimentação) ou pelo de ruminação
395 (ERU, eficiência de ruminação).

396 *Amostras de sangue e urina*

397 Amostras de sangue foram coletadas no 21º dia de cada período experimental,
398 quatro horas após a alimentação matinal, por punção da veia coccígea de cada animal.
399 Após a coleta, as amostras de sangue foram imediatamente centrifugadas a 2,100 x g/min
400 durante 15 minutos. As amostras de plasma foram congeladas a -20° C para posterior
401 análise da concentração de ureia, glicose, betahidroxibutirato e ácidos graxos não
402 esterificados.

403 Simultaneamente as coletas de sangue, foram obtidas amostras *spot* de urina de cada
404 animal (CHIZZOTTI et al., 2008). A urina foi filtrada em gaze e uma alíquota de 10 ml
405 diluída imediatamente em 40 ml H₂SO₃ (0,036 N). As amostras foram armazenadas a -20
406 °C para posteriores análises de ureia, alantoína (AL), ácido úrico (AU), nitrogênio total e
407 creatinina.

408 Para determinação de AL no leite e na urina foi usado o método descrito por Chen
409 e Gomes (1992). A concentração de ureia na urina foi analisada via sistema enzimático-
410 calorimétrico do método da urease, usando kits comerciais (Labtest Diagnóstica® S.A).

411 A concentração de AU na urina foi analisada via método enzimático Trinder, usando kits
412 comerciais (Labtest Diagnóstica® S.A). A concentração de creatinina na urina pelo
413 método de “ponto final”, com utilização de picrato e acidificante, usando kits comerciais
414 (Labtest Diagnóstica® S.A).

415 O volume urinário total diário foi estimado pela relação da excreção urinária diária
416 de creatinina, utilizando os valores observados de concentração de creatinina na urina
417 conforme descrito por Valadares Filho e Valadares (2001). A excreção urinária diária de
418 creatinina baseou-se em 24,05 mg/kg de peso corporal (PC) (CHIZZOTTI et al., 2008).

419 O cálculo da excreção total de derivados de purina (PT) foi realizado pela soma das
420 quantidades de AL e AU excretadas na urina e da quantidade de AL excretada no leite.
421 As purinas absorvidas (PA, mmol/dia) foram calculadas a partir da excreção de PT (PT,
422 mmol/dia), por meio da equação $PA = (PT - 0,512 \times PC^{0,75})/0,85$, em que 0,85 é a
423 recuperação de purinas absorvidas como derivados de purinas (VERBIC et al., 1990) e
424 $0,512 \times PC^{0,75}$ a contribuição endógena para excreção de purinas obtida para vacas
425 leiteiras (GONZALEZ-RONQUILLO et al., 2003).

426 A síntese de compostos nitrogenados microbianos no rúmen (Nmic, g/dia) foi
427 calculada em função das PA (mmol/dia), utilizando-se a equação $Nmic = (70 \times PA)/(0,83$
428 $\times 0,116 \times 1000)$, em que 70 corresponde ao conteúdo de N nas purinas (mg N/mmol);
429 0,83 à digestibilidade das purinas microbianas e 0,116 à relação N-purina:N total nas
430 bactérias (CHEN; GOMES, 1992).

431

432 *Balanço de nitrogênio*

433

434 Nitrogênio no leite (NL) foi quantificado usando a proteína total do leite
435 (PTL/6,38). Para calcular o balanço de compostos nitrogenados (BN) foi determinado
436 pela diferença entre o total de nitrogênio ingerido (Ning) e o total de nitrogênio excretado
437 nas fezes (N-fezes), no leite (N-leite) e na urina (N-urina). Nitrogênio total nas fezes foi
438 analisado segundo técnica descrita por Silva e Queiroz (2002). O N-leite foi quantificado
439 utilizando-se a proteína total do leite (PTL/6,38) e o nitrogênio da urina foi estimado a
440 partir da equação de Jonker et al. (1999), $[N\text{-urina (g/dia)} = 12,54 * N\text{-leite (mg/dL)}]$.

441

442

443 *Amostras e análises da composição do leite*

444 As vacas foram ordenhadas duas vezes ao dia (6h00 e 17h00), e a produção de leite
 445 foi registrada do 15º ao 21º dias de cada período experimental. Amostras de leite foram
 446 coletadas no 18º e 19º dias de cada período de ordenha; após a última coleta foram
 447 realizadas amostras compostas para cada vaca por período experimental. Uma alíquota
 448 de 50 ml foi armazenada em recipiente plástico contendo conservante (Bronopol®),
 449 mantida entre 2 e 6°C, e enviada para o Laboratório PROGENE - Universidade Federal
 450 Rural de Pernambuco, para análises de proteína, gordura, lactose, sólidos totais e ureia,
 451 seguindo os métodos da ISO 9622/IDF 141C (1996). Outra alíquota de 10 ml de leite foi
 452 desproteïnada com 5 ml de ácido tricloroacético (25%), filtrada e armazenada a -15°C
 453 para posterior análise de AL. A produção de leite corrigida para gordura de 3,5% (PLCG)
 454 foi estimada pela equação $PLCG(3,5\%) = [(0,432 + 0,1625 * \% \text{ de gordura do leite}) * PL \text{ kg/dia}]$ (SKLAN et al., 1992).
 455

456 *Análises estatísticas*

457 Os dados foram submetidos a análises de variância e regressão utilizando-se o
 458 PROC MIXED do Programa SAS (2009) (version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC,
 459 USA), adotando 5% como nível de significância para o erro tipo I, de acordo com o
 460 modelo:

461

$$462 \quad Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + Q_j + P_k + (A/Q)_{lj} + \tau \times Q_{ij} + \varepsilon_{ijkl}.$$

463

464 Em que: Y_{ijkl} = observação $ijkl$; μ = média geral; τ_i = efeito fixo do tratamento i ;
 465 Q_j = efeito fixo do quadrado j ; P_k = efeito fixo do período k ; $(A/Q)_{lj}$ = efeito aleatório do
 466 animal l dentro do quadrado j ; $\tau \times Q_{ij}$ = efeito fixo da interação tratamento i e quadrado
 467 j ; ε_{ijkl} = erro aleatório com a média 0 e variância σ^2 .

468 O teste de Dunnett foi usado para comparar cada média dos tratamentos (níveis
 469 de concentrado) com a média da dieta Controle. A comparação entre os níveis de
 470 concentrado com *Opuntia* foi conduzida pela soma da decomposição dos quadrados em
 471 contrastes ortogonais para os efeitos lineares e quadráticos, com 5% de probabilidade,
 472 com subsequente ajustamento das equações de regressão.

473

474 **Resultados**

475

476 *Consumo voluntário e digestibilidade*

477 Consumo e digestibilidade (Tabela 3) foram similares entre a dieta Controle e a
478 contendo 225 g/kg de concentrado com palma *Opuntia*. Por outro lado, maiores consumos
479 de MS foram observados quando vacas foram alimentadas com dietas contendo 325 e 375
480 g/kg de concentrado, bem como maiores consumos NDT para aquelas alimentadas com
481 dietas contendo 375 g/kg e maiores consumos CNF para aquelas que foram alimentadas
482 para qualquer incremento de concentrado ($P = 0,050$); contudo, não houve diferenças nos
483 consumos de PB e FDN. Comparada à dieta Controle, menor digestibilidade de FDN foi
484 observada apenas para a dieta contendo 225 g/kg de concentrado e menor de PB para as
485 dietas com 325 e 375 g/kg concentrado ($P < 0,05$). Com respeito à dieta contendo palma
486 *Opuntia* e diferentes níveis de concentrado houve aumento linear nos consumos de MS,
487 MO, CNF e NDT ($P = 0,021$; $0,016$; $0,003$; $0,042$, respectivamente; Tabela 3), embora
488 consumos de PB e FDN não foram influenciados ($P > 0,05$). Também houve redução
489 linear para digestibilidade aparente da PB (Tabela 3).

490 *Comportamento alimentar*

491 Não foram observadas diferenças para os tempos despendidos em alimentação,
492 ruminação e ócio, expressos em min/dia ($P > 0,05$). Em relação aos parâmetros de
493 comportamento ingestivo, apenas ERU foi influenciada, mostrando um aumento linear
494 com incremento de concentrado ($P = 0,025$; Tabela 4).

495 *Balanço de nitrogênio e síntese de proteína microbiana*

496 Valores de síntese de proteína microbiana, eficiência microbiana, parâmetros
497 sanguíneos e balanço de nitrogênio foram similares entre as vacas alimentadas com dieta
498 Controle e *Opuntia* mais concentrado (Tabela 5). O aumento de concentrado não
499 influenciou a produção de proteína microbiana, eficiência e balanço de nitrogênio. Para
500 os parâmetros de sangue não foi observada influência da elevação dos níveis de
501 concentrado ($P > 0,05$; Tabela 5).

502

503 *Produção e composição do leite*

504 A dieta contendo 225 g/kg de concentrado promoveu similar produção e
505 composição do leite comparada com a dieta Controle ($P > 0,05$), embora maiores
506 produções ocorreram com o aumento de concentrado (Tabela 6). As diferentes dietas
507 promoveram composição semelhante para proteína, lactose, sólidos totais e caseína;
508 contudo, redução de NUL foi observada com o aumento do conteúdo de concentrado (P
509 = 0,03; Tabela 6). Em relação a EAL da MS não houve diferença entre as dietas. De modo
510 contrário, dietas contendo 325 e 375 g/kg de concentrado promoveram maior eficiência
511 no consumo de concentrado ($P = 0,010$).

512 A produção de leite e leite corrigido para 3,5% de gordura aumentaram com os
513 níveis de concentrado, embora NUL e eficiência de uso de concentrado reduziram
514 linearmente com o aumento do nível de concentrado ($P = 0,006; 0,010$, respectivamente).

515

516 **Discussão**

517 A dieta Controle proporcionou consumo de MS e PL conforme o esperado,
518 baseado em estudo prévio com palma forrageira (FERREIRA et al., 2009a). O NRC
519 (2001) recomenda consumos de 18,50 kg/dia de MS, 2,65 kg/dia de PB e 11,10 kg/dia de
520 NDT para promover PL de 20 kg/dia de vacas com as características fisiológicas
521 utilizadas nesse experimento.

522 As dietas contendo mesmo teor de concentrado (225 g/kg) possibilitaram
523 consumos médios de 18,60, 2,75 e 12,39 kg/dia de MS, PB e NDT, respectivamente. O
524 consumo excessivo de NDT promoveu variação positiva de peso média de 0,46
525 kg/dia/animal. Resultados contrários foram relatados por Rocha Filho (2012) que
526 observou redução do consumo de MS e PL de vacas mestiças e Silva et al. (2018), que
527 observaram redução de consumo de MS. Os autores atribuíram os resultados,
528 respectivamente: a menor aceitabilidade das dietas contendo *Opuntia*, devido aos
529 conteúdos de açúcares (137 e 115 g/kg de MS) e amido (252 e 135 g/kg de MS); e menor
530 palatabilidade, em consequência do conteúdo de carboidratos não fibrosos (639,0 e 547,3
531 g/kg de MS; para *Nopalea* e *Opuntia*, respectivamente). Vale ressaltar que nas referidas
532 pesquisas foram utilizadas vacas mestiças de menor produção leiteira (14 e 12 kg/dia,
533 respectivamente) em comparação ao atual estudo.

534 Fatores como proporção de palma nas dietas, qualidade do volumoso utilizado,
535 quantidade de concentrado e composição química da palma podem ter sido determinantes
536 na aceitabilidade dos animais às dietas. A realização de estudos como o fracionamento de
537 carboidratos dos dois genótipos de palma poderá elucidar essas questões.

538 Dietas contendo palma parecem ser mais eficientes para vacas com produção
539 inferior a 25 kg leite/dia; fato que pode estar relacionado com a limitação de consumo de
540 MS pelo conteúdo de água da palma. De acordo com Estrada et al. (2004), o conteúdo de
541 água na forragem limita claramente o consumo voluntário de alimento, ao mesmo tempo
542 em que reduz a taxa inicial e média de consumo de MS. Estudos futuros que avaliem os
543 efeitos de consumo de MS de palma *Opuntia* por vacas da raça Holandês com produção
544 de leite maiores que 25 kg/dia podem esclarecer essas questões.

545 Alimentos concentrados e finamente moídos reduzem o tempo de ruminação (Van
546 Soest, 1994) e promovem sua maior eficiência (DULPHY et al., 1980). A redução do
547 tempo de ruminação por grama de alimento geralmente acarreta aumento de consumo e
548 presença de partículas alimentares nas fezes (VAN SOEST, 1994). Vale ressaltar que no
549 decorrer do experimento tais partículas não foram mensuradas, mas foi possível sua
550 visualização; o que pode ser ratificado pela elevação da ingestão de MS e concomitante
551 redução da digestibilidade da PB, nas dietas contendo maiores teores de concentrado.
552 Alteração quanto a digestibilidade da PB pode ter corrido em função dos ingredientes
553 utilizados para compor as dietas.

554

Tabela 3 Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes

Consumo (kg/dia)	Níveis de concentrado (g/kg)					EPM	P-valor	
	Controle	225	275	325	375		Linear	Quadrático
MS	18,42	18,88	19,32	20,31*	20,53*	0,508	0,021	0,774
MO	16,25	16,63	17,17	18,09*	18,30*	0,467	0,016	0,639
PB	2,75	2,74	2,72	2,79	2,75	0,198	0,873	0,981
FDN	5,18	5,00	5,14	5,32	5,24	0,182	0,199	0,441
CNF	8,68	9,27	9,63*	10,29*	10,57*	0,214	0,003	0,784
NDT	12,43	12,36	13,49	13,70	14,15*	0,598	0,042	0,465
Digestibilidade (g/kg)								
MS	679	676	726	687	689	2,544	0,987	0,256
MO	715	691	727	696	691	2,625	0,733	0,324
PB	762	750	733	684*	673*	4,387	0,023	0,861
FDN	564	468*	524	523	564	2,662	0,055	0,763
CNF	820	819	856	831	835	2,577	0,673	0,243

MS = matéria seca; MO= matéria orgânica; PB= proteína bruta; FDN= fibra em detergente neutro; CT= carboidratos totais; CNF= carboidratos não fibrosos; NDT= nutrientes digestíveis totais; EPM= erro padrão da média; L= efeito linear; Q= efeito quadrático; *valores diferem estatisticamente do Controle pelo teste de Dunnett (P<0,05).

555

556

557

558

559

560

561

562

563

564

Análogo comportamento da atividade nictemeral relacionada com os tempos de alimentação, ruminação e ócio de vacas mestiças foi observado por Silva et al. (2018), ao testarem dietas contendo palma *Opuntia* ou *Nopalea*, ressaltando-se que as dietas avaliadas foram compostas por iguais conteúdos de concentrado (220 g/kg) e semelhantes teores de FDN. De forma contrária, Albright (1993) relatou comportamento quadrático para os tempos despendidos em ruminação e mastigação, quando vacas foram alimentadas com dietas contendo variação de 4% no conteúdo de FDN (26, 30 e 34%). Na presente pesquisa, a variação máxima de FDN entre as dietas foi de 4,6%; no entanto, não foram observadas diferenças nem alterações nas variáveis comportamentais.

Tabela 4 Comportamento ingestivo e eficiências de alimentação e ruminação

Item (min/dia)	Níveis de concentrado (g/kg)					EPM	P-valor	
	Controle	225	275	325	375		Linear	Quadrático
Alimentação	301	294	291	297	293	9,510	0,960	0,970
Ruminação	490	503	500	500	471	17,890	0,224	0,433
Ócio	649	643	649	643	676	26,460	0,329	0,510
Eficiência (g de MS/min)								
Alimentação	65	67	67,5	72,7	71,9	3,651	0,153	0,828
Ruminação	38	37,7	39,5	41,4	44,5	2,035	0,025	0,670

EAL= eficiência de alimentação/ consumo de matéria seca; ERU= eficiência de ruminação/ consumo de matéria seca; EPM= erro padrão da média; L= efeito linear; Q= efeito quadrático.

*valores diferem estatisticamente do Controle pelo teste de Dunnett (P<0,05).

565 As concentrações de ureia no sangue e leite são reflexos de sincronização entre
566 fontes de energia e proteína no rúmen; seus valores podem ser indicativos de excesso ou
567 déficit de nutrientes na dieta. No leite, valores maiores que 17 mg/dL indicam consumo
568 excessivo de N ou déficit de energia e proteína degradável no rúmen. Por outro lado,
569 valores menores que 10 mg/dL são indicativos de suprimento deficiente de proteína
570 (VASCONCELOS et al., 2010; ACHARYA et al., 2015). Para todas as dietas, as
571 concentrações de NUL se encontraram em valores normais; contudo, menores
572 concentrações foram observadas para as dietas contendo maiores participações de
573 concentrado; assim, maior sincronização entre fontes de energia:proteína pode ter
574 ocorrido nessas dietas.

575 Todavia, respostas semelhantes para produção e eficiência de síntese microbiana,
576 parâmetros sanguíneos e BN podem ser consideradas indicativos de que as exigências de
577 nutrientes das vacas foram apropriadamente atendidas (NRC, 2001) sem haver
578 necessidade de mobilização de reservas corporais para manutenção da produção e
579 composição do leite. Adicionalmente, tais valores se encontram dentro da faixa de
580 normalidade para vacas leiteiras de acordo com González et al. (2011).

581 Devido à elevada composição de CNF e digestibilidade de palma forrageira dietas
582 contendo este ingrediente carecem de menor participação de concentrado para obtenção
583 de melhor desempenho animal (FERREIRA et al. 2009b), o que pode ser confirmado
584 pelos achados de Almeida et al. (2018), que ao testarem dietas contendo ou não palma
585 forrageira observaram que a obtenção de PL semelhante (12 kg/dia) só foi possível com
586 inclusão de 2,2 vezes de concentrado à dieta que não continha palma.

587

Tabela 5 Produção e eficiência microbiana, parâmetros sanguíneos e balanço de nitrogênio

Item	Níveis de concentrado (g/kg)					EPM	P-valor	
	Controle	225	275	325	375		L	Q
PMIC (g/dia)	1742	1663	1662	1810	2025	284,870	0,850	0,231
EMic. (g PB/kg NDT)	140	134	123	132	143	19,580	0,894	0,896
Parâmetros sanguíneos (mg/dl)								
Glicose ¹	45,3	48,1	44,1	46,3	46,2	2,484	0,770	0,455
β-OH-butilato ¹	0,80	0,77	0,74	0,86	0,75	0,050	0,789	0,442
Ácidos graxos livres ¹	0,53	0,32	0,66	0,52	0,49	0,084	0,319	0,064
Nitrogênio ureico ¹	19,38	21,01	18,01	19,06	18,33	3,064	0,189	0,315
Balanço de nitrogênio								
Tot. N ing.(g/dia)	440,33	439,16	434,56	446,63	440,63	31,789	0,877	0,977
Excreção fecal								
Tot. N (g/dia)	115,73	104,12	107,75	141,10	141,67	12,869	0,023	0,875
Tot. N, % do ing	29,18	25,00	26,73	31,59	32,67	3,534	0,067	0,903
Excreção urina								
Tot. N (g/dia)	80,31	75,90	58,98	61,03	70,45	9,159	0,647	0,112
Tot. N, % do ing.	18,01	17,25	13,50	13,56	15,76	1,905	0,505	0,092
Excreção leite								
Tot.N (g/dia)	110,36	114,50	119,35	117,39	122,05	2,273	0,045	0,956
Tot. N, % do ing.	26,43	26,99	28,53	26,87	27,95	1,833	0,844	0,868
Balanço N								
N retido (g/dia)	366,74	369,93	365,79	374,59	364,28	36,81	0,948	0,911
N retido, % N ing.	80,30	82,02	82,26	82,55	81,95	2,912	0,994	0,848
Ef (g N leite/g N ing)	0,26	0,27	0,27	0,28	0,28	0,012	0,345	1,000

PMIC = síntese de produção microbiana; EMic = eficiência microbiana; β-OH-butilato = betahidroxibutilato; Tot.= total; ing=ingerido; Ef= eficiência de nitrogênio; NUP= nitrogênio ureico no plasma; EPM= erro padrão da média; L= efeito linear; Q= efeito quadrático.

*valores diferem estatisticamente do Controle pelo teste de Dunnett (P < 0,05).

588 No presente estudo, quando a eficiência do uso de concentrado foi quantificada,
 589 observou-se que para produção diária de 1 litro de leite foi necessário consumo de 4,9;
 590 4,9; 4,1; 3,3 e 2,9 para dietas contendo 225 (palmas *Nopalea* ou *Opuntia*); 275; 325 e 375
 591 g/kg de concentrado, respectivamente. Sendo assim, obtenção de rendimento leiteiro de
 592 forma mais eficiente ocorreu por meio da maior participação de palma forrageira.

593 De acordo com Dixon e Stockdale (1999), o sistema digestivo de ruminantes cria
 594 oportunidades de maximizar a eficiência de utilização de alimentos, que é geralmente
 595 aumentada quando grãos são incorporados às dietas com forragens. Para as vacas leiteiras
 596 em lactação é mais importante maximizar a síntese de proteína microbiana no rúmen. Isto

597 pode ser afirmado por reduções nas concentrações de NUL à medida que o concentrado
598 é aumentado na dieta (Tabela 6).

Tabela 6 Produção, eficiência de alimentação e composição do leite

Item	Níveis de concentrado (g/kg)					EPM	P-valor	
	Controle	225	275	325	375		L	Q
Produção de leite (kg/dia)	19,6	20,2	21,5*	21,4*	22,2*	0,368	0,006	0,366
PLC 3,5% (kg/dia)	21,6	22,0	23,2*	22,9*	24,0*	1,399	0,027	0,930
Eficiência								
Ef de alimentação (PLC/CMS)	1,2	1,2	1,2	1,1	1,2	0,031	0,523	0,965
Ef de concentrado (PLC/CCNT)	4,9	4,9	4,1	3,3*	2,9*	0,452	0,010	0,577
Composição								
Gordura (g/100g)	4,2	4,1	4,0	4,0	4,0	0,124	0,637	0,363
Proteína (g/100g)	3,6	3,6	3,6	3,5	3,5	0,056	0,120	0,320
Lactose (g/100g)	4,5	4,4	4,5	4,5	4,5	0,033	0,052	0,843
Sólidos totais (g/100g)	13,2	13,1	13,0	12,9	13,0	0,141	0,499	0,246
Caseína (g/100g)	2,8	2,8	2,7	2,7	2,7	0,066	0,332	0,764
Nitrogênio ureico (ml/dL)	17,2	15,2	14,7*	14,4*	13,2*	0,722	0,052	0,582

PLC= produção de leite corrigido para gordura; CCNT= consumo de concentrado; Ef= eficiência; EPM= erro padrão da média; L= efeito linear; Q= efeito quadrático.

*valores diferem estatisticamente do controle pelo teste de Dunnett ($P < 0,05$).

599 Adicionalmente, segundo Monteiro et al. (2014) e Dubeux Júnior et al. (2015), a
600 substituição parcial de alimentos concentrados por palma reduz significativamente os
601 custos de produção animal em áreas semiáridas. O preço desses ingredientes e do leite
602 podem orientar o produtor a decidir qual dieta deve ser empregada, bem como a escolha
603 do genótipo da palma forrageira a ser utilizada para alimentar seu rebanho; ressaltando-
604 se que fatores agrônômicos podem ser levados em consideração na tomada da decisão.

605 Segunda Santos et al. (2008) e Lira et al. (2011), respectivamente, as
606 produtividades da *Opuntia* são 37 e 46 toneladas de MS/ha/2anos, e *Nopalea* são 21 e 22
607 toneladas de MS/ha/2anos. Adicionalmente, de acordo com Silva et al. (2014), palma
608 *Opuntia* possui maior resistência à ocorrência de estiagem mais prolongada, conservando
609 água de forma mais eficiente. No entanto, a escolha exclusiva de uma cultura em
610 detrimento a outra pode tornar o sistema mais susceptível à ocorrência de novas pragas.

611

612 **Conclusão**

613 Dessa forma, os resultados obtidos nesta pesquisa indicam que palma *Opuntia*
614 mostra-se eficaz em substituir a *Nopalea* em dietas para vacas da raça Holandês devido
615 aos semelhantes desempenho produtivo e conservação do status metabólico dos animais.

616 Maiores produções leiteiras ocorreram com maior inclusão de concentrados às
617 dietas. Dentre as duas palmas avaliadas, a *Opuntia* é a melhor opção devido às suas
618 características agrônômicas, considerando, sobretudo sua produtividade.

619

620

621

622

623

624

625

626

627

628

629

630

631

632

633

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 634 ACHARYA, I.P.; SCHINGOTHE, D.J.; KALSCHEUR, K.F.; CASPER, D.P. Response
635 of lactating dairy cows to dietary protein from canola meal or distillers grains on dry
636 matter intake, milk production, milk composition, and amino acid status. **Canadian**
637 **Journal of Animal Science**, **95**, 267-279, 2015.
- 638
- 639 ALBRIGHT, J. L. Feeding behavior of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, **76**, 485-
640 498, 1993.
- 641
- 642 ALMEIDA, G.A.P. et al. Sugarcane bagasse as exclusive roughage for dairy cows in
643 smallholder livestock system. **Asian-Australasian Journal Animal Science**, **31**, 379-
644 385, 2018.
- 645
- 646 AOCS. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists'**
647 **Society**. Champaign: IL, USA: AOCS, 2004.
- 648
- 649 _____. **Official Methods of Analysis**. Arlington, VA, USA: AOAC, 2005.
- 650
- 651 BEN SALEM, H.; NEFZAOU, A.; BEN SALEM, L. Supplementing spineless cactus
652 (*Opuntia ficus-indica f. inermis*) based diets with urea-treated straw or oldman saltbush
653 (*Atriplex nummularia*) effects on intake, digestion and sheep growth. **Journal of**
654 **Agricultural Science**, Cambridge **138**, 85-92, 2002.
- 655
- 656 CHEN, X. B.; GOMES, M.J. **Estimation of microbial protein supply to sheep and**
657 **cattle based on urinary excretion of purine derivatives**: an overview of technical
658 details. Occasional publication. (International Feed Research Unit, Rowett Research
659 Institute: Aberdeen, UK), 1992.
- 660
- 661 CHIZZOTTI, M.L. et al. Determination of creatinine excretion and evaluation of spot
662 urine sampling in Holstein cattle. **Livestock Science** **113**, 218-225, 2008.
- 663
- 664 DIXON, R.M; STOCKDALE, C.R. Associative effects between forages and grains:
665 consequences for feed utilization. **Australian Journal of Agricultural Research**, **50**,
666 757-73, 1999.
- 667
- 668 DUBEUX JÚNIOR J.C.B. et al. Forage potential of cacti on drylands. **Acta**
669 **Horticulturae** **1067**, 181-186, 2015.
- 670
- 671 DULPHY, J.P.; REMOND, B.; THERIEZ, M. Ingestive behaviour and related activities
672 in ruminants. In: RUCKEBUSH, Y., THIVEND, P. (Eds.). **Digestive physiology and**
673 **metabolism in ruminants**. Lancaster: MTP, 1980.
- 674
- 675 ESTRADA, J.I.C.; DELAGARDE R.; FAVERDIN, P.; PEYRAUD, J.L. Dry matter
676 intake and eating rate of grass by dairy cows is restricted by internal, but not external
677 water. **Animal Feed Science and Technology** **114**, 59-74, 2004.
- 678

- 679 FAO. **Crop Ecology, Cultivation And Uses Of Cactus Pear**. Food and Agriculture
680 Organization of the United Nations and the International Center for Agricultural Research
681 in the Dry Areas. Rome, 2017.
682
- 683 FERREIRA, M.A. et al. Avaliação de indicadores em estudos com ruminantes:
684 digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia** 38, 1568-1573, 2009a.
685
- 686 FERREIRA, M.A.; SILVA, M.F.; BISPO, S.V. AZEVEDO, M. Estratégia na
687 suplementação de vacas leiteiras no semiárido do Brasil. **Revista Brasileira de**
688 **Zootecnia** 38, 322-329, 2009b.
689
- 690 GONZÁLEZ, F.D. et al. Relationship among blood indicators of lipomobilization and
691 hepatic function during early lactation in high-yielding dairy cows. **Journal of**
692 **Veterinary Science** 12, 251-255, 2011.
693
- 694 HALL, M.B. (2001) Challenges with non-fibre carbohydrate methods. **Journal of**
695 **Animal Science** 81, 3226-3232, 2001.
696
- 697 INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION (IDF). **Whole milk**. Determination of milk
698 fat, protein and lactose content. In Guide for the operation of mid infra-red instruments.
699 (IDF: Brussels), 1996.
700
- 701 JONKER, J.S.; KOHN, R.A.; ERDMAN, R.A. Using milk urea nitrogen to predict
702 nitrogen excretion and utilization efficiency in lactating dairy cows. **Journal of Dairy**
703 **Science**, 81, 2681-2692, 1998.
704
- 705 KOOPEN, W. **Climatologia, com um estudo de los clima de la Tierra**. Fondo de
706 Cultura Economica. México, 1948, 474 p.
707
- 708 LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures
709 for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology** 57,
710 347-358, 1996.
711
- 712 LIRA, M.A.; SANTOS, D.C.; SILVA, M.C. Genética e melhoramento da palma
713 forrageira. In II Congresso Brasileiro de palma e outras cactáceas, **Anais**, Garanhuns,
714 Brasil, 2011. (Universidade Federal Rural de Pernambuco: Garanhuns, Brazil).
715
- 716 MARTIN, P.; BATERSON, P. **Measuring behaviour: An introductory guide**. 3rd ed.
717 Cambridge, Cambridge, UK, 2007.
718
- 719 MONTEIRO, C.C.F. Replacement of wheat bran with spineless cactus (*Opuntia ficus*
720 *indica* Mill cv Gigante) and urea in the diets of Holstein x Gyr heifers. **Tropical Animal**
721 **Health and Production** 46, 1149-1154, 2014.
722
- 723 NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of dairy cattle**.
724 (NRC: Washington, DC), 2001.
725

- 726 NEFZAOU, A.; LOUHAICHI, M.; BEN SALEM. Cactus as a tool to mitigate drought
727 and to combat desertification. **Journal Arid Land Studies**, 24, 121-124, 2014.
728
- 729 ROCHA FILHO, R.R. **Palma gigante e genótipos resistentes à cochonilha do carmim**
730 **em dietas para ruminantes**. PhD Thesis, Universidade Federal Rural de Pernambuco,
731 Brazil, 2012.
732
- 733 SANTOS, D.C. Características agronômicas de clones de palma resistentes a cochonilha
734 do carmim em Pernambuco In: Congresso Nordestino de Produção Animal, 2008,
735 Aracaju. **Anais do V Congresso Nordestino de Produção Animal**. Aracaju: SNPA.
736
- 737 SANTOS, R.D. et al. Divergence in nutrient concentration, in vitro degradation and gas
738 production potential of spineless cactus genotypes selected for insect resistance. **The**
739 **Journal of Agricultural Science**, 156, 450-456, 2018.
740
- 741 SAS Institute. SAS/STAT: user's guide. Version 9.2.' (SAS Institute: Cary, NC), 2009.
742
- 743 SHACKLETON, R.T.; WITT, A.B.R.; PIORIS, F.M.; VAN WILGEN, B.W.
744 Distribution and socio-ecological impacts of the invasive alien cactus *Opuntia stricta* in
745 eastern Africa. **Biol Invasions**, 19, 2427-2441, 2017.
746
- 747 SILVA, T.G.F et al. Indicadores de eficiência do uso da água e de nutrientes de clones de
748 palma forrageira em condições de sequeiro no Semiárido brasileiro. *Revista Bragantia*,
749 73, 184-191, 2014.
750
- 751 SILVA, E.T.D.S. et al. Acceptability by Girolando heifers and nutritional value of erect
752 prickly pear stored for different periods. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 52, 761-
753 767, 2017.
754
- 755 SILVA, R.C. et al. Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw.) spineless
756 cactus as an option in crossbred dairy cattle diet. **South African Journal of Animal**
757 **Science**, 48, 516-525, 2018.
758
- 759 SKLAN D. et al. Fatty acids, calcium soaps of fatty acids and cottonseeds fed to high
760 yielding cows. **Journal of Dairy Science**, 75, 2463-2472, 1992.
761
- 762 TORRES, L.C.L. et al. Substituição da palma-gigante por palma-miúda em dietas para
763 bovinos em crescimento e avaliação de indicadores internos. **Revista Brasileira de**
764 **Zootecnia**, 11, 2264-2269, 2009.
765
- 766 VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.D.F. Recentes avanços em proteína na
767 nutrição de vacas leiteiras. In: II Simleite: Simpósio internacional: novos conceitos em
768 nutrição. **Anais**. Lavras, Brazil. 229-247, 2001.
769
- 770 VALENTE, T.N.P.; DETMANN, E.; SAMPAIO, C.B. Review: Recent advances in
771 evaluation of bags made from different textiles used in situ ruminal degradation.
772 **Canadian Journal of Animal Science**, 95, 493-498, 2015.
773

- 774 VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A Methods for dietary fibre, neutral
775 detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of**
776 **Dairy Science**, 74, 3583-3597, 1991.
777
- 778 VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2th ed. Ithaca, NY, USA:
779 Cornell University Press, 1994.
780
- 781 VASCONCELOS, A.M. Parâmetros ruminais, balanço de compostos nitrogenados e
782 produção microbiana de vacas leiteiras alimentadas com soja e seus subprodutos. **Revista**
783 **Brasileira de Zootecnia**, 39, 425-433, 2010.
784
- 785 VERBIC, J. et al. Excretion of purine derivatives by ruminants. Effect of microbial
786 nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. **Journal of Agricultural**
787 **Science** 114, 243-248, 1990.

CAPÍTULO II

Palma forrageira pode modificar o perfil de ácidos graxos no leite de vacas da raça Holandês?

Palma forrageira pode modificar o perfil de ácidos graxos no leite de vacas da raça Holandês?

788

RESUMO

789

790

791

792

793

794

795

796

797

798

799

800

801

802

803

804

805

806

807

808

809

810

811

812

813

814

815

816

817

818

819

820

821

822

823

824

825

826

827

828

829

830

831

832

O principal objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da substituição parcial da silagem de sorgo (SS) por palma forrageira (*Opuntia stricta* [Haw]. Haw.) em dietas suplementadas com óleo de soja (OS) sobre o perfil de ácidos graxos (AG) do leite de vacas leiteiras. Doze vacas ($n=12$) da raça Holandês com 150 ± 30 dias de lactação e produção média de leite de $18,2 \pm 4,3$ kg/dia, ao início do experimento, foram utilizadas. O experimento foi conduzido em dois períodos: 1) Basal: todos os animais receberam, por 21 dias, dieta composta por SS e concentrado, sem adição de OS (dieta basal) e 2) Tratamento: os animais foram divididos em três grupos ($n=4$ /grupo), os quais receberam uma das seguintes dietas experimentais por um período de 21 dias: a) SS e concentrado contendo OS, fornecidos na forma de mistura completa (SS+OS); b) Substituição parcial de SS por palma forrageira e concentrado contendo OS, fornecidos na forma de mistura completa (SS+P+OS), ou c) Mesma dieta do tratamento b, porém palma foi fornecida misturada ao concentrado, sendo a SS fornecida após o consumo total de palma + OS [SS+(P+OS)]. Todas as dietas continham relação V/C de 700:300 (g/kg da MS), e OS foi incluído a 2,7% da MS. As dietas contendo palma resultaram em maior consumo de MS (16,48; 19,87 e 18,43 kg/dia) e de carboidratos não fibrosos (4,49; 7,71 e 7,20 kg/dia), para as dietas SS+OS; SS+P+OS e SS+(P+OS), respectivamente. A dieta SS+P+OS promoveu maior produção de leite (PL) e produção de leite corrigida para 3,5% de gordura (23,61 e 23,05 kg/dia), respectivamente, quando comparada à dieta SS+OS (18,11 e 17,43 kg/dia) e SS+(P+OS) (21,33 e 20,81 kg/dia). Os teores de gordura, proteína e lactose não diferiam entre tratamentos. A inclusão de palma na dieta, independentemente da forma de fornecimento, proporcionou elevação significativa (até 205; 234; 158; 86; e 114%) dos teores de C18:1 *trans*-11; CLA *cis*-9 *trans*-11; CLA *trans*-9 *cis*-11; C18:2 *n*-6; e AG poliinsaturados totais, respectivamente; além de Σ AG *n*-6, Σ AG *n*-3, Σ AG *trans* totais e relação AG *n*-6/AG *n*-3. Em alguns casos, os teores observados para a dieta SS+(P+OS) foram superiores que a dieta SS+P+OS (C18:2 *n*-6; CLA *cis*-9 *trans*-11, Σ poliinsaturados). Contudo, as dietas contendo palma proporcionaram redução (em maior ou menor grau) dos teores de outros AG, ou grupos de AG, tais como C18:0, C18:1 *cis*-9, C20:0, C21:0, AG saturados totais e Σ monoinsaturados *cis*. Menor atividade da enzima esteroil-CoA-1 (SCD) para os pares C12:0:C12:1 ocorreu em dietas contendo palma e para os pares C18:0:C18:1 foi maior para a dieta SS+(P+OS), em comparação a SS+OS. Não foram observadas diferenças quanto as variáveis ruminais avaliadas. A substituição parcial de palma forrageira em dietas de vacas leiteiras suplementadas com OS é uma estratégia promissora para melhoria da qualidade nutricional e do potencial funcional da gordura do leite, por meio do aumento expressivo dos teores de AG benéficos à saúde humana não encontrados em quantidades significativas em outras fontes na dieta humana (CLA *cis*-9 *trans*-11 e C18:1 *trans*-11). Essa estratégia pode, portanto, possibilitar a produção de leite e produtos lácteos de elevado valor agregado em regiões com severas limitações climáticas para produção de forragens tradicionais, tais como as observadas em regiões semiáridas. Assim, palma forrageira pode modificar o perfil de ácidos graxos no leite de vacas da raça Holandês.

Palavras-chave: Ácidos graxos poliinsaturados; Ácido linoleico conjugado; Biohidrogenação ruminal; Gordura do leite; Nutracêutico.

ABSTRACT

833

834

835 The main objective of the present study was to evaluate the effect of the partial
836 substitution of sorghum silage (SS) by cactus cladodes (*Opuntia stricta* [Haw] How) in
837 diets supplemented with soybean oil (SO) on the fatty acid (FA) profile of dairy cows
838 milk. Twelve cows ($n = 12$) of the Holstein breed with 150 ± 30 days of lactation and
839 average milk yield of 18.2 ± 4.3 kg/day at the beginning of the experiment were used.
840 The experiment was conducted in two periods: 1) Basal: all animals received a diet
841 composed of SS and concentrate for 21 days, without addition of OS (basal diet) and 2)
842 Treatment: The animals were divided into three groups ($n = 4$ /group), which received one
843 of the following experimental diets for a period of 21 days: a) SS and concentrate
844 containing OS, provided as total mixed rations (SS+SO); b) Partial replacement of SS per
845 cactus cladodes and concentrate containing SO, provided as a total mixed rations
846 (SS+C+SO), or c) Same treatment diet 2, but cactus was mixed with concentrate and SS
847 being supplied after total intake of cactus + OS [SS+(C+SO)]. All diets had R/C ratio of
848 70:30 (% of DM), and SO was included at 2.7% of DM. The diets containing cactus
849 resulted in a higher intake of DM (16.48, 19.87 and 18.43 kg/day) and non-fibrous
850 carbohydrates (4.49, 7.71 and 7.20 kg/day) for diets SS+SO, SS+C+SS and SS+(C+SO),
851 respectively. The SS+C+SO diet promoted higher milk production and milk production
852 corrected to 3.5% fat (23.61 and 23.05 kg/day), respectively, when compared to the
853 SS+SO diet (18.11 and 17.43 kg/day) and SS+(C+SO) (21.33 and 20.81 kg/day). There
854 were no differences to contents of fat, protein and lactose between treatments. The
855 inclusion of cactus in the diet, regardless of the form of supply, provided a significant
856 elevation (until 205; 234; 158; 86; e 114%) of the levels of C18:1 *trans*-11, CLA *cis*-9
857 *trans*-11, CLA *trans*-9 *cis*-11, C18:2 *n*-6, total polyunsaturated FA, C18:2 *n*-6, Σ FA *n*-3,
858 Σ FA *trans*, total and FA *n*-6/AG *n*-3 ratio. In some cases, the contents observed for
859 SS+(C+SO) diet were higher than the SS+C+SO diet (C18: 2 *n*-6; CLA *cis*-9 *trans*-11,
860 polyunsaturated). However, diets containing cactus provided a reduction (with greater or
861 lesser extent) of the contents of others FAs, or FA groups, such as C18:0, C18:1 *cis*-9,
862 C20:0, C21:0, total saturated FA and Σ monounsaturated *cis*. Lower activity of the
863 stearoyl-CoA-1 (SCD) enzyme for the C12:0:C12:1 pair occurred in diets containing
864 cactus and for the C18:0:C18:1 pairs was higher for the SS+(C+SO) diet, in comparison
865 to SS+SO. No differences were observed on the ruminal variables evaluated. The partial
866 substitution for SS per cactus cladodes in diets of dairy cows supplemented with SO is a
867 promising strategy to improve the nutritional quality and functional potential of milk fat
868 by increasing significantly the levels of FA that are beneficial to human health, not found
869 in significant quantities in other sources in the human diet (CLA *cis*-9, *trans*-11 e C18:1
870 *trans*-11). This strategy may, therefore, enable the production of high added-value milk
871 and milk products in regions with severe climatic limitations to produce traditional
872 roughage, such as those observed in semi-arid regions.

873

874 **Keywords:** Conjugated linoleic acid; Milk fat; Polyunsaturated fatty acids; Ruminal
875 biohydrogenation; Nutraceutical.

876

877

878

879

880

881 **Introdução**

882 Ruminantes contribuem para a produção de alimentos de alta qualidade (BAYAT
883 et al., 2018). Apesar do leite e derivados lácteos serem fontes importantes de nutrientes,
884 possuem elevado conteúdo de ácidos graxos (AG) saturados (KLIEM; SHINGFIELD,
885 2016); por este motivo, várias pesquisas têm sido realizadas recentemente, com o intuito
886 de melhorar a qualidade nutricional do leite, por intermédio da elevação de AG que sejam
887 benéficos para o consumo humano (BUCCIONI et al., 2015). Alterações na composição
888 dos AG do leite constituem uma oportunidade de reduzir o consumo de AG saturados
889 sem perder os benefícios de outros nutrientes presentes no leite. Há um crescente interesse
890 na melhoria da composição do AG do leite por meio da manipulação da nutrição de vacas
891 leiteiras (DEWHURST et al., 2006).

892 Por suas propriedades anticarcinogênica, antiaterogênica, antidiabetogênica, anti-
893 inflamatória, entre outros atributos beneficentes à saúde humana, os ácidos linoleicos
894 conjugados (CLA) são alvo de diversas pesquisas e têm em alimentos de origem de
895 ruminantes suas principais fontes (BAUMAN et al., 1999; WAHLE et al., 2004). Além
896 disso, elevado teor de AG poliinsaturados na gordura do leite é indicativo de alta
897 qualidade nutricional (KHIAOSA-ARD et al., 2015). A nutrição constitui uma maneira
898 natural e econômica para os pecuaristas modularem rapidamente a composição de AG
899 (CHILLIARD et al., 2007). O fornecimento de lipídios insaturados, como óleos vegetais,
900 tem sido uma prática utilizada para essa finalidade (CHILLIARD et al., 2001). Segundo
901 Chilliard et al. (2007), maiores mudanças podem ser obtidas alterando-se os volumosos
902 nas dietas de ruminantes.

903 De acordo com Khiaosa-Ard et al. (2015), há correlação positiva entre o consumo
904 de AG poliinsaturados e seu conteúdo na composição da gordura do leite, fato explicado
905 pelo seu escape da biohidrogenação ruminal. A extensão da biohidrogenação é reduzida
906 pelo abaixamento do pH ruminal, em decorrência de mais elevadas taxas de passagem,
907 resultando em formação de isômeros bioativos de CLA (RAMIREZ et al., 2016). Siqueira
908 et al. (2017), ao avaliarem dietas para bovinos, contendo ou não palma forrageira,
909 observaram ligeira redução no pH ruminal com utilização de palma forrageira. Esse
910 ingrediente é frequentemente utilizado na composição de dietas para ruminantes em
911 regiões semiáridas, devido a seu potencial produtivo e conservação de água em períodos
912 de baixa precipitação pluviométrica (BEN SALEM et al., 2002; NEFZAOUY et al., 2014).

913 Freitas (2017), ao quantificar o perfil de ácido graxos do leite de vacas mestiças,
914 alimentadas com uma dieta contendo palma forrageira, comparada a dietas com bagaço
915 de cana-de-açúcar, sem uso de palma, observou valores de ácido esteárico (C18:0) de
916 4,650; 10,259; 10,659; 9,659 e 8,841 para as dietas contendo palma e as contendo 300;
917 380; 460 e 540 g/kg de bagaço de cana-de-açúcar, respectivamente. A menor
918 concentração de C18:0 foi relacionada à alta taxa de passagem proporcionada pela palma,
919 devido à elevada composição de carboidratos não fibrosos (CNF). Adicionalmente, a
920 dieta contendo palma resultou em maiores concentrações de AG 18:3 *n*-3; 18:1 *trans*-11;
921 CLA *cis*-9 *trans*-11, e de C16:0; este último justificado pelo pesquisador, em virtude da
922 não ocorrência de inibição da síntese *de novo* na glândula mamária.

923 De forma semelhante, Almeida (2018), ao avaliar a composição de AG do leite de
924 vacas da raça Holandês, alimentadas com, ou sem, palma forrageira (*Opuntia stricta*
925 [Haw]. Haw.), observou menor concentração de C18:0. Além disso, dietas contendo
926 palma resultaram na elevação de C16:0, C18:2 *n*-6 e nos somatórios *n*-6.

927 Nesse contexto, inferiu-se que a palma pode atuar sobre a biohidrogenação ruminal,
928 mecanismo que é capaz de afetar a taxa de escape dos ácidos linoleico e α -linolênico e no
929 acúmulo do ácido vacênico, importantes precursores de CLA, todos considerados
930 benéficos à saúde humana.

931 Diante do exposto, hipotetizou-se que a inclusão da palma forrageira à dieta inibe
932 a última etapa da biohidrogenação ruminal ou, alternativamente, promove maior taxa de
933 passagem da digesta no rúmen, resultando em maior aporte de C18:2 *n*-6, C18:3 *n*-3 e de
934 intermediários da biohidrogenação para a glândula mamária, com conseqüente elevação
935 dos teores de AG poliinsaturados e de CLA no leite.

936 Uma vez que não foram encontrados na literatura consultada trabalhos que
937 avaliaram a composição do leite de vacas alimentadas com dietas contendo palma
938 forrageira e óleo vegetal, objetivou-se avaliar o efeito da substituição parcial da silagem
939 de sorgo (SS) por palma forrageira (*Opuntia stricta* [Haw]. Haw.) em dietas
940 suplementadas com óleo de soja (OS), sobre consumo de matéria seca (MS) e seus
941 constituintes, produção, composição e perfil de AG da gordura do leite, bem como
942 concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e produção de AG de cadeia curta, no
943 rúmen de vacas da raça Holandês.

944

945 **Material e Métodos**

946 O experimento foi aprovado pelo Comitê de Ética na Utilização de Animais da
947 Universidade Federal Rural de Pernambuco, sob Licença nº nº 069/2016, e conduzido na
948 Estação Experimental do Instituto Agrônômico de Pernambuco, localizada no Município
949 de São Bento do Una, Pernambuco - Brasil, caracterizado pelo clima semiárido BSh
950 (KÖPPEN, 1948).

951 *Animais e instalação*

952 Foram utilizadas 12 vacas da raça Holandês, com produção de leite média inicial
953 de $18,2 \pm 4,3$ kg/dia, peso corporal de $571,83 \pm 92,39$ kg e com 150 ± 30 dias de lactação,
954 distribuídas em três tratamentos. As vacas foram alojadas em baias individuais com área
955 aproximada de 24 m^2 , providas de bebedouros e comedouros individuais.

956

957 *Dietas experimentais e manejo*

958 As dietas foram formuladas de acordo com o NRC (2001) para atender às
959 exigências nutricionais de vacas leiteiras produzindo 20 kg de leite/dia corrigido para
960 3,5% de gordura (NRC, 2001).

961 O experimento foi dividido em dois períodos: 1) Basal: todos os animais ($n = 12$)
962 receberam, por 21 dias, uma dieta composta por SS e concentrado, sem adição de OS; e
963 2) Tratamento: os animais foram divididos em três grupos ($n=4/\text{grupo}$), os quais
964 receberam uma das seguintes dietas experimentais durante 21 dias: a) SS e concentrado
965 contendo OS (SS+OS); b) Substituição parcial de SS por palma forrageira (*Opuntia*
966 *stricta* [Haw]. Haw.) + concentrado contendo OS (SS+P+OS); ambas fornecidas na forma
967 de dieta completa, ou c) Mesma dieta descrita para o tratamento b, mas neste caso a SS
968 foi fornecida após o consumo integral da palma mais concentrado [SS+(P+OS)]. Assim
969 como no período basal, todas as dietas experimentais apresentaram relação V/C de
970 700:300 (g/kg, base da MS) e o OS foi incluído a 2,7% da MS. As rações foram fornecidas
971 *ad libitum* duas vezes por dia, às 7h00 e às 16h00.

972 A composição química e o perfil de AG dos ingredientes das dietas experimentais
973 são apresentados na Tabela 1 e a composição percentual e química, na Tabela 2.

974 A oferta de alimentos e as sobras foram registradas diariamente para cálculo do
 975 consumo diário, sendo permitidas sobras de até 10% (base da MS). O período basal foi
 976 estabelecido após adaptação dos animais, por 15 dias, às instalações e ao manejo.

Tabela. 1 Composição química e perfil de ácidos graxos dos ingredientes

Composição química (g/kg)	Silagem de sorgo	Palma forrageira	Farelo de soja	Milho moído	Óleo de soja
Matéria seca ¹	306,00	149,20	886,10	900,50	998,80
Matéria orgânica ²	910,20	912,40	929,40	982,88	-
Proteína bruta ²	80,50	44,30	487,50	79,59	-
Extrato etéreo ²	18,90	9,80	18,90	52,50	998,80
Fibra em detergente neutro ²	586,40	257,06	133,10	115,4	-
Carboidratos não fibrosos ²	220,5	601,24	291,80	700,08	-
Ácidos graxos (g/100g AG totais)					
C14:0	0,63	1,72	0,19	0,17	0,07
C16:0	20,43	27,75	17,91	17,05	10,84
C18:0	1,92	3,23	3,89	5,16	3,32
C18:1 <i>n-9</i>	23,34	6,39	17,41	28,44	21,25
C18:2 <i>n-6</i>	29,60	31,72	55,02	20,91	55,11
C18:3 <i>n-3</i>	3,40	16,54	4,12	1,60	4,79
C20:0	0,72	0,76	0,32	0,63	0,35
C22:0	0,29	0,58	0,50	0,22	0,43
C24:0	0,54	0,68	0,30	0,36	0,15

¹base na matéria natural; ²base na matéria seca.

977 *Análises laboratoriais*

978 As amostras de alimentos e sobras foram avaliadas quanto aos conteúdos de MS,
 979 matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB), de acordo com
 980 AOAC (2005), métodos 934.01, 942.05, 942.05, 990.13, respectivamente; extrato etéreo
 981 (EE) foi determinado de acordo com AOCS (2004). A fibra de detergente neutro (FDN)
 982 foi analisada conforme Van Soest et al. (1991), utilizando-se alfa-amilase, seguindo
 983 recomendações da AOAC (2005), método 973.18. O nitrogênio insolúvel em detergente
 984 neutro (NIDN) foi analisado usando o método de *Kjeldahl* (LICITRA et al., 1996) e os
 985 carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados de acordo com Hall (2001). Nitrogênio
 986 no leite (NL) foi quantificado usando a proteína total do leite (PTL/6,38).

987 As vacas foram ordenhadas duas vezes ao dia (6h00 e 17h00). Registros da
 988 produção de leite foram realizados diariamente durante todo o período experimental.
 989 Amostras de leite para determinação dos teores de sólidos, caseína, nitrogênio ureico e

990 perfil de AG foram coletadas no final do período basal e a cada sete dias durante o período
991 denominado tratamento.

992 Amostras de leite de 50 ml foram acondicionadas em frasco plástico com
993 conservante (Bronopol®), mantidas entre 2 e 6°C e encaminhadas para avaliação dos
994 teores de lactose, gordura, proteína, sólidos totais, caseína e ureia, segundo métodos
995 descritos pelo International Dairy Federation (1996). Produção de leite corrigida para
996 3,5% de gordura (PLCG) foi estimada segundo proposto por Sklan et al. (1992), sendo
997 $PLCG = [(0,432 + 0,1625 \times \% \text{ gordura do leite}) \times PL \text{ em kg/dia}]$.

998

999 **Tabela. 2** Proporção dos ingredientes e composição das dietas experimentais

Ingredientes (g/kg MS)	Dietas experimentais			
	SS+CC	SS+OS	SS+P+OS	SS+(P+OS)
Silagem	700	700	360	360
Palma	0	0	340	340
Farelo de soja	130	133	130	130
Milho moído	143	113	112	112
Óleo de soja	0	27	27	27
Mistura mineral ³	14	14	14	14
Sal	5	5	5	5
Ureia e sulfato de amônio (9:1)	8	8	12	12
Composição da dieta (g/kg)				
Matéria seca ¹	485	489	435	435
Matéria orgânica ²	899	872	869	869
Proteína bruta ²	152	151	148	148
Extrato etéreo ²	23	48	45	45
Fibra em detergente neutro ²	444	441	329	329
Carboidratos não fibrosos ²	292	272	400	400
Ácidos graxos (g/100g de Ácidos graxos totais)				
C14:0	0,49	0,49	0,86	0,86
C16:0	19,07	18,90	21,32	21,32
C18:0	2,59	2,53	2,96	2,96
C18:1 <i>n-9</i>	22,67	22,44	16,60	16,60
C18:2 <i>n-6</i>	30,86	31,89	32,42	32,42
C18:3 <i>n-3</i>	3,14	3,24	7,69	7,69
C20:0	0,64	0,63	0,64	0,64
C22:0	0,30	0,31	0,40	0,40
C24:0	0,47	0,46	0,51	0,51

¹base na matéria natural; ²base na matéria seca; ³Composição: fosfato dicálcio; calcário; sal; flor de enxofre; sulfato de zinco; sulfato de cobre; sulfato de manganês; iodato de potássio; selenito de sódio; (produto comercial); CC- concentrado sem óleo; SS- silagem de sorgo; OS-óleo de soja.

1001 Uma segunda alíquota de leite, de 15 ml, sem adição de conservantes; e amostras
1002 de ingredientes dietéticos e sobras foram congeladas (-18°C) e destinadas à determinação
1003 dos AG. As análises foram realizadas por cromatografia gasosa no Laboratório de
1004 Cromatografia da Embrapa Gado de Leite, como descrito por Ribeiro et al. (2014). Para
1005 a determinação do perfil de AG nos ingredientes e sobras foi utilizado cromatógrafo
1006 modelo 6890N equipado com coluna capilar (25 m x 0,20 mm x 0,33 µm) de
1007 polietilenoglicol (HP-FFAP, Agilent Technologies Inc., EUA) e detector de ionização de
1008 chama (FID). O perfil de AG do leite foi determinado utilizando-se cromatógrafo modelo
1009 7820A (Agilent Technologies Inc., EUA) equipado com coluna capilar de sílica fundida
1010 (CP-Sil 88, 100 m x 0,25 mm x 0,2 µm, Varian Inc., EUA) e detector de ionização de
1011 chama (FID).

1012 Os índices de atividade da enzima esteroil-CoA-1 (SCD) foram calculados para
1013 cinco pares de AG, expressando cada produto como a proporção do precursor mais
1014 produto: (SCD12 = C12:1 *cis*-9/12:0 + C12:1 *cis*-9; SCD14 = C14:1 *cis*-9/14:0 + C14:1
1015 *cis*-9; SCD16 = C16:1 *cis*-9/16:0 + C16:1 *cis*-9; SCD18 = C18:1 *cis*-9/18:0 + C18:1 *cis*-
1016 9; e SCDRA= CLA *cis*-9 *trans*-11/C18:1 *trans*-11 + CLA *cis*-9 *trans*-11) (KELSEY et
1017 al., 2003).

1018 Com base no perfil de AG do leite foi calculada a relação entre AG ômega 6 e
1019 ômega 3 ($n-6/n-3$), conforme descrito por Ribeiro et al. (2014), índice utilizado como
1020 indicador da qualidade nutricional da gordura do leite.

1021 Para avaliação dos parâmetros ruminais, amostras de líquido ruminal foram
1022 coletadas no 21º dia do período tratamento com auxílio de sonda esofágica, utilizando-se
1023 bomba à vácuo e kitassato, quatro horas após a oferta matinal de alimentos.
1024 Imediatamente após a coleta, as amostras foram filtradas em camada dupla de gaze. Duas
1025 alíquotas de 10 ml foram pipetadas e adicionados 1 ml de ácido sulfúrico a 50%, para
1026 quantificação de N-NH₃; ou 2 ml de ácido metafosfórico a 20%, para análise de ácidos
1027 graxos de cadeia curta, utilizando-se cromatógrafo a gás (modelo 7820A, Agilent
1028 Technologies, Inc., Santa Clara, USA). As amostras foram imediatamente armazenadas
1029 em freezer a -20°C.

1030 *Análises estatísticas*

1031 Os dados coletados no 21º dia do período basal foram utilizados para comparação
1032 dos tratamentos via Análise de Covariância (ANCOVA), utilizando-se como covariável

1033 para cada uma das variáveis. A inclusão dos valores basais como covariável visou à
1034 remoção do erro experimental, de um possível efeito de diferenças pré-existentes entre os
1035 animais, comparando-se às médias de tratamentos ajustadas para o valor médio da
1036 covariável.

1037 Nos casos em que a covariável foi não significativa, bem como para as variáveis
1038 mensuradas para o líquido ruminal, procedeu-se à comparação dos tratamentos via
1039 Análise de Variância (ANOVA). Em todos os casos, as médias foram comparadas pelo
1040 Teste de Tukey, com nível de significância de 0,05. Todas as análises foram realizadas
1041 utilizando-se o procedimento GLM do pacote estatístico SAS, versão 9.2.

1042

1043 **Resultados e Discussão**

1044 As dietas contendo palma, independentemente da forma de fornecimento (mistura
1045 completa ou misturada ao concentrado), promoveram maiores consumos de MS e seus
1046 constituintes, quando comparadas à dieta SS+OS, exceto para MO, PB e EE, em relação
1047 à dieta SS+(P+OS) (Tabela 3). Maiores consumos podem ser atribuídos ao menor
1048 conteúdo de FDN, mais elevados de CNF e elevação da taxa de passagem, características
1049 típicas de dietas contendo palma forrageira (SIQUEIRA et al., 2017). Como consequência
1050 dos mais elevados consumos de MS e seus constituintes, maiores PL e PLCG, foram
1051 observadas para a dieta SS+P+OS, em comparação a dieta SS+OS.

1052 Em decorrência da idêntica composição das dietas contendo palma forrageira não
1053 foram observadas diferenças quanto aos consumos, produção e composição do leite. De
1054 forma semelhante, Pessoa et al. (2004) não observaram diferença nos consumos e
1055 produção de leite de vacas submetidas a diferentes formas de fornecimento de palma na
1056 dieta (mistura completa ou ingredientes separados). Contudo, os autores observaram
1057 alterações relacionadas às produção de leite corrigida para gordura e composição do leite.

1058 Semelhanças quanto à composição de sólidos do leite entre as dietas (Tabela 3)
1059 podem ter ocorrido em função da não alteração de produção de acetato, propionato e
1060 butirato no rúmen (Tabela 9).

1061

Tabela. 3 Consumo de nutrientes, produção e composição do leite de vacas alimentadas com as dietas experimentais

Consumo, kg/dia	Dietas experimentais				Contraste		
	SS+OS	SS+P+OS	SS+(P+OS)	EPM	1 x 2	1 x 3	2 x 3
Matéria seca ¹	16,48	19,87	18,43	0,4772	0,0026	0,0487	0,1462
Matéria orgânica ²	14,40	17,12	15,84	0,4237	0,0047	0,0985	0,1446
Proteína bruta ²	2,25	2,64	2,45	0,0655	0,0082	0,1460	0,1788
Extrato etéreo ²	0,80	0,89	0,84	0,0239	0,0599	0,6143	0,2468
Fibra em detergente neutro ²	7,36	6,60	6,12	0,1896	0,0502	0,0042	0,2333
Fibra em detergente ácido ²	4,72	4,14	3,83	0,1200	0,0221	0,0022	0,2388
Carboidratos totais ²	11,86	14,43	13,33	0,3574	0,0024	0,0467	0,1397
Carboidratos não fibrosos ²	4,49	7,71	7,20	0,1972	<0,0001	<0,0001	0,1384
Produção de leite, kg/dia							
Produção de leite	18,11	23,61	21,33	0,8547	0,0047	0,0669	0,2030
Leite corrigida 3,5% gordura	17,43	23,05	20,81	1,2205	0,0271	0,1906	0,4344
Composição do leite							
Gordura, g/100g	3,54	3,35	3,09	0,1515	0,6294	0,2007	0,4697
Proteína, g/100g	2,70	2,83	2,93	0,1023	0,6423	0,3467	0,7690
Lactose, g/100g	4,47	4,55	4,57	0,0426	0,4585	0,2583	0,9110
Sólidos totais, g/100g	11,63	11,73	11,65	0,1832	0,9151	0,9955	0,9570
Caseína, g/100g	1,99	2,07	2,19	0,0875	0,8329	0,3700	0,6272
Nitrogênio ureico, mg/dl	16,63	12,53	11,18	2,4780	0,4987	0,3125	0,9221

¹base da matéria natural, ²base da matéria seca; EPM- erro padrão da média; SS- silagem de sorgo; P- palma forrageira; OS-concentrado contendo óleo de soja.

1062 A gordura do leite bovino é composta geralmente por 70% de AG saturados, 25%
 1063 de monoinsaturados e 5% de poliinsaturados (GARNSWORTHY et al., 2010; BILAL et
 1064 al., 2014). De acordo com Bauman et al. (1999), elevada composição de AG saturados se
 1065 deve a duas importantes transformações que ocorrem no rúmen, quando lipídeos são
 1066 consumidos. A primeira é a hidrólise das ligações éster catalisadas por lipases
 1067 microbianas, passo essencial para que ocorra a segunda transformação: a biohidrogenação
 1068 dos AG insaturados, sendo o resultado final a sua saturação.

1069 As dietas não promoveram diferenças quanto a composição de AG de cadeia curta
 1070 (C4:0-C10:0) e média (C12:0-C16; Tabela 4), indicando que não houve inibição da
 1071 ocorrência de síntese *de novo* na glândula mamária. De acordo com Palmquist et al.
 1072 (1993), a gordura do leite é sintetizada a partir dos AG absorvidos do sangue ou pela
 1073 síntese *de novo* que ocorre na glândula mamária e forma AG com cadeias de até 16
 1074 carbonos. Tem como precursores o acetato e betahidroxibutirato, oriundos da
 1075 fermentação ruminal, e pode ser inibida com a elevação de excreção de AG de cadeia
 1076 longa para a glândula mamária (CHILLIARD et al., 2000).

1077 Foram observados valores de C16:0 (22,4868; 21,4483 e 21,7043 para as dietas
 1078 (SS+OS; SS+P+OS e SS+(P+OS), respectivamente; Tabela 4), inferiores aos reportados
 1079 por diferentes pesquisadores ao avaliarem a composição do leite de vacas alimentadas
 1080 com palma, mas sem adição de óleo (SILVA, 2017; FREITAS, 2017; MONTEIRO, 2018;
 1081 ALMEIDA, 2018), respectivamente, de 39,48; de 38,96; de 40,23 e 34,59 g/100g de AG
 1082 totais. A utilização de óleo nas dietas do presente trabalho favoreceu a menor síntese de
 1083 C16:0, cujo elevado consumo por humanos é relacionado ao aumento de risco de
 1084 ocorrência de doenças cardiovasculares (MOURTHÉ et al., 2015).

1085 No leite, metade da síntese de C16:0 é de origem alimentar e o restante é
 1086 proveniente da corrente sanguínea (CHILLIARD et al., 2007). Assim, ressalta-se a
 1087 relevância da utilização de palma forrageira associada a óleo de soja na alimentação de
 1088 vacas leiteiras, o que refletiu em menor somatório de AG saturados (Tabela 7).

Tabela. 4 Perfil de ácidos graxos saturados do leite (g/100g do total de ácidos graxos) de vacas alimentadas com as dietas experimentais

Item	Dietas experimentais				Contraste		
	SS+OS	SS+P+OS	SS+(P+OS)	EPM	1 x 2	1 x 3	2 x 3
C4:0	3,6130	3,5313	3,1580	0,1925	0,9518	0,2677	0,3949
C5:0	0,0175	0,0125	0,0140	0,0019	0,2137	0,4387	0,8492
C6:0	1,8365	1,7280	1,6265	0,1035	0,7460	0,3646	0,7730
C7:0	0,0100	0,0130	0,0100	0,0028	0,7335	1,0000	0,7335
C8:0	0,9600	0,9330	0,9245	0,0661	0,9553	0,9243	0,9955
C9:0	0,0115	0,0118	0,0115	0,0017	0,9943	1,0000	0,9943
C10:0	1,7380	1,7323	1,7315	0,1060	0,9992	0,9990	1,0000
C11:0	0,0453	0,04425	0,0478	0,0062	0,9928	0,9558	0,9156
C12:0	1,8670	1,9600	2,0003	0,1030	0,8032	0,6450	0,9590
C14:0	7,6232	8,0263	8,0387	0,3340	0,7075	0,6554	0,9996
C15:0	0,8563	0,7910	0,7433	0,0306	0,3316	0,0659	0,5350
C16:0	22,4868	21,4483	21,7043	0,6896	0,5577	0,7110	0,9629
C17:0	0,5448	0,5303	0,4863	0,0232	0,8988	0,2284	0,4084
C18:0	15,4065	11,3558	10,1980	0,5863	0,0022	0,0004	0,3827
C20:0	0,2185	0,1663	0,1590	0,0061	0,0005	0,0002	0,6906
C21:0	0,0368	0,0280	0,0293	0,0012	0,0013	0,0037	0,7390
C22:0	0,0835	0,0738	0,0648	0,0053	0,4273	0,0775	0,4798
C23:0	0,0273	0,0200	0,01525	0,0019	0,0537	0,0036	0,2242
C24:0	0,0470	0,0385	0,0327	0,0045	0,4097	0,1160	0,6498

EPM- erro padrão da média; SS- silagem de sorgo; CO- concentrado com óleo de soja; P- palma; OS-óleo de soja.

1089 As concentrações de ácido esteárico (C18:0) foram menores para as dietas
 1090 SS+P+OS e SS+(P+OS), e maiores concentrações foram observadas para a dieta SS+OS

1091 (Figura 1, A). Assim, pode-se inferir que a substituição parcial da SS por palma forrageira
 1092 resulta em maior escape de intermediários da biohidrogenação no rúmen, o que pode ser
 1093 promovido pela maior taxa de passagem quando dietas contendo palma são consumidas.

1094 Nesse contexto, segundo Brauman et al. (1999), ácidos octadecenóicos
 1095 insaturados consumidos podem, por meio da biohidrogenação completa, ser precursores
 1096 de C18:0 no rúmen. De modo contrário, interrupções nas rotas convencionais de
 1097 biohidrogenação podem resultar na formação de diferentes produtos intermediários,
 1098 assim como na saída do ambiente ruminal, proporcionando maior absorção no intestino e
 1099 incorporação ao produto.

Tabela. 5 Perfil de ácidos graxos octadecenóicos do leite (g/100g do total de ácidos graxos) de vacas alimentadas com as dietas experimentais

Item	Dietas experimentais			EPM	Contraste		
	SS+OS	SS+P+OS	SS+(P+OS)		1 x 2	1 x 3	2 x 3
C18:0 <i>iso</i>	0,0558	0,0680	0,0683	0,0036	0,0928	0,0861	0,9987
C18:1 <i>trans</i> -4	0,0408	0,0560	0,0498	0,0062	0,2421	0,6283	0,7121
C18:1 <i>trans</i> -5	0,0293	0,0385	0,0430	0,0023	0,0426	0,0050	0,3770
C18:1 <i>trans</i> -6 e <i>trans</i> -8	0,5100	0,6593	0,6368	0,0521	0,2294	0,3299	0,9611
C18:1 <i>trans</i> -9	0,3495	0,4330	0,4368	0,0200	0,0388	0,0316	0,9904
C18:1 <i>trans</i> -10	0,6139	1,2833	0,6737	0,3672	0,4465	0,9926	0,4889
C18:1 <i>trans</i> -11	2,2003	6,0988	6,6625	0,4391	0,0004	0,0001	0,6492
C18:1 <i>trans</i> -12	0,6523	0,8898	0,9985	0,0295	0,0008	<0,0001	0,0664
C18:1 <i>trans</i> -13 e <i>trans</i> -14	0,4878	0,7275	0,6040	0,0971	0,2414	0,6851	0,6541
C18:1 <i>trans</i> -16	0,6650	0,5768	0,5535	0,0627	0,5974	0,4513	0,9629
C18:1 <i>cis</i> -9	24,248	20,2025	20,0923	0,6795	0,0058	0,0049	0,9928
C18:1 <i>cis</i> -11	0,7798	0,8870	0,8265	0,0327	0,1044	0,5894	0,4265
C18:1 <i>cis</i> -12	0,6368	0,8108	0,7383	0,0457	0,0587	0,3069	0,5261
C18:1 <i>cis</i> -13	0,1153	0,1753	0,1955	0,0181	0,1335	0,0296	0,6099
C18:1 <i>cis</i> -15 + 19:0	0,1715	0,1953	0,1533	0,0199	0,6861	0,7974	0,3383
C18:2 <i>trans</i> -9 <i>trans</i> -12	0,0283	0,0310	0,0370	0,0042	0,8876	0,3401	0,5825
C18:2 <i>trans</i> -9 <i>cis</i> -12	0,0393	0,0550	0,0718	0,0047	0,0941	0,0021	0,0745
C18:2 <i>cis</i> -9 <i>trans</i> -12	0,0685	0,0728	0,0750	0,0084	0,9319	0,8494	0,9803
C18:2 <i>n</i> -6	1,8100	2,8952	3,3681	0,0911	0,0001	<0,0001	0,0325
CLA <i>cis</i> -9 <i>trans</i> -11	1,0235	2,7010	3,4150	0,1816	0,0003	<0,0001	0,0510
CLA <i>trans</i> -9 <i>cis</i> -11	0,0293	0,0680	0,0755	0,0050	0,0011	0,0003	0,5653
CLA <i>trans</i> -10 <i>cis</i> -12	0,0113	0,0303	0,0250	0,0053	0,0772	0,2181	0,7727
18:3 <i>n</i> -6	0,0335	0,0298	0,0380	0,0037	0,7645	0,6828	0,3108
18:3 <i>n</i> -3	0,3480	0,4066	0,4666	0,0183	0,1541	0,0038	0,1403

EPM- erro padrão da média; SS- silagem de sorgo; P- palma forrageira; OS- concentrado contendo óleo de soja.

1100 Ácido vacênico (C18:1 *trans*-11), CLA *trans*-9 *cis*-11 (BAUMAN et al., 2003;
1101 LOCK; BAUMAN et al., 2004) e CLA *cis*-9 *trans*-11 são alguns intermediários da
1102 biohidrogenação de octadecenóicos. Devido a esses AG não serem sintetizados pelo
1103 tecido animal ou serem formados predominantemente na glândula mamária, pela ação da
1104 enzima SCD sobre intermediários da biohidrogenação (SHINGFIELG et al., 2013),
1105 acúmulos no leite sugerem que ocorreu maior escape de seus precursores do rúmen.
1106 Ademais, apesar das dietas contendo palma terem proporcionado mais elevadas
1107 concentrações desses AG no leite, comparativamente à dieta SS+OS (Figuras 1), a
1108 SS+P+OS não resultou em elevação da atividade SCD (Tabela 8), denotando, assim, que
1109 em comparação à dieta SS+OS, a fonte principal de insaturação dos AG não foi endógena.

1110 Em relação ao C18:1 *trans*-11, observam-se que em comparação ao período basal,
1111 sua concentração nas dietas contendo palma foi maior que para a dieta SS+OS, no período
1112 denominado tratamento (Figura 1, **B**).

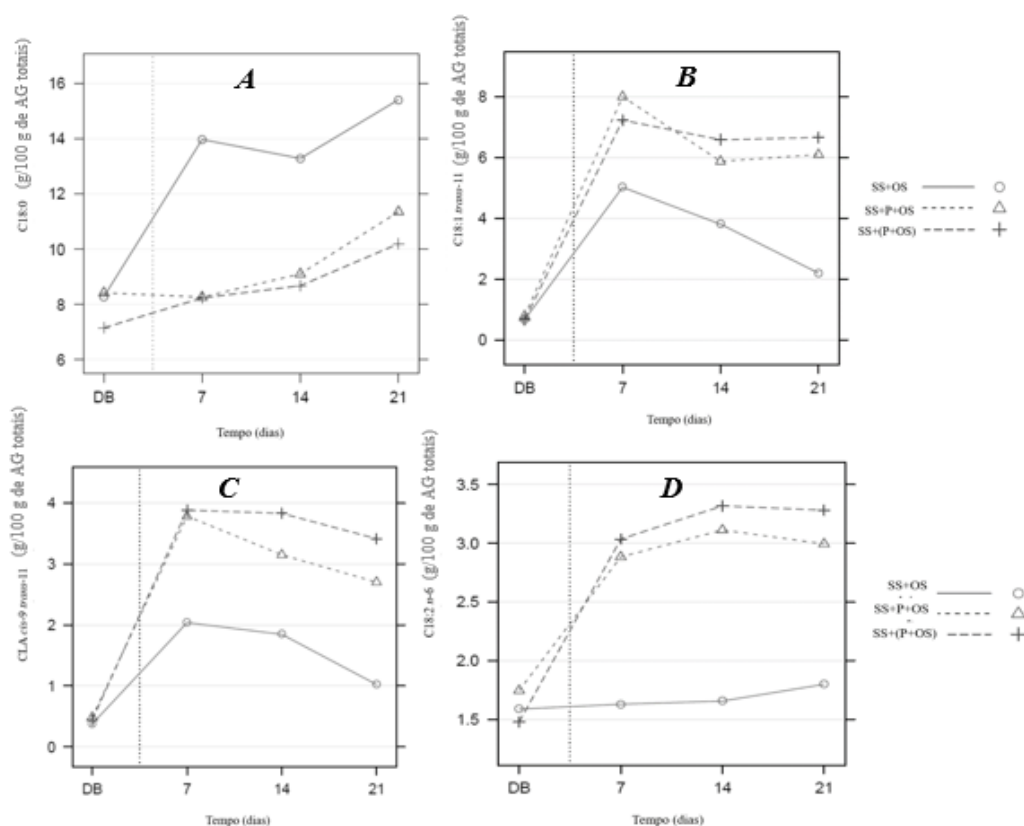
1113 Eifert et al. (2006a) avaliaram a composição do leite de vacas alimentadas com
1114 diferentes fontes de carboidratos associadas ao óleo de soja: farelo de milho, farelo de
1115 trigo ou polpa cítrica. Concluíram que a utilização de quaisquer fontes de carboidratos no
1116 concentrado promoveu poucas alterações no perfil de AG do leite. Entretanto, os
1117 resultados indicaram que a polpa cítrica (caracterizada pelo elevado conteúdo de pectina,
1118 assim como a palma forrageira) mantém a rota de biohidrogenação favorável ao acúmulo
1119 de C18:1 *trans*-11, principal ácido graxo C18:1 *trans* no rúmen; portanto, acarretando em
1120 aumento de fornecimento de substrato para a síntese endógena de C18:2 *cis*-9 *trans*-11.

1121 Pesquisadores têm demonstrado particular interesse no aumento do conteúdo de
1122 AG benéficos à saúde humana, habitualmente integrantes nas dietas, a exemplo do CLA
1123 (CHILLIARD et al., 2007). Produtos lácteos são a principal fonte de CLA na dieta.
1124 Algumas propriedades que têm sido associadas aos CLAs são: anticarcinogênicas,
1125 antioxidantes, maior eficiência do sistema imune e efeitos inibitórios de doenças
1126 cardiovasculares e diabetes (BESSA et al., 2000; BLANKSON et al., 2000).

1127 Na Figura 1 (C) observa-se que a relação entre a concentração de CLA *cis*-9 *trans*-
1128 11 e o tempo, em dias, foi maior para as dietas contendo palma em comparação a SS+OS,
1129 denotando que a substituição parcial da SS por palma forrageira permite maior acúmulo
1130 desse AG, muito importante promotor da saúde humana. Bauman et al. (1999) definiram

1131 o CLA como um composto fascinante, de interesse para as comunidades científicas
1132 médica, animal e de nutrição humana.

1133 Diante dos resultados de suas pesquisas, Wahle et al. (2004) sugeriram que o
1134 consumo de CLA e AG insaturados, em concentrações nutricionais ou nutracêuticas,
1135 poderia ser utilizado como agente associativo quimioterápico, como uma possível forma
1136 de diminuição na dosagem de medicamentos e consequente redução nos efeitos colaterais
1137 clássicos. Intervenções nutricionais com CLAs antes de quimioterapia poderiam ser mais
1138 eficazes que a administração simultânea do nutriente e do agente quimioterápico.



1139

Figura 1 Variação das concentrações de C18:0 (A), C18:1 *trans*-11 (B), CLA cis-9 *trans*-11 (C) e C18:2 n-6 (D) em g/100g na gordura do leite (por tratamento) ao longo do período experimental [tempo (dias) = momento da coleta de amostras]; DB- período basal.

1140 Assim, fica evidente a importância do interesse em elevar o conteúdo desses AG
1141 na dieta humana. Na composição do leite, a participação de CLA é dependente de fatores
1142 como a dieta consumida, mais precisamente sobre o padrão de fermentação no rúmen,
1143 por intermédio de modificações da população bacteriana, podendo resultar em maior
1144 formação de isômeros de CLA e do ácido C18:1 *trans*-11 (CHURCH, 1993;
1145 CHOUINARD et al., 1998).

1146 Embora as dietas não tenham diferido quanto a formação de AG de cadeia curta
1147 no rúmen (Tabela 9), maiores concentrações de CLA *cis-9 trans-11* (1,0235; 2,7010 e
1148 3,4150 para SS+OS; SS+P+OS e SS+(P+OS)), respectivamente, e de CLA *trans-9 cis-11*
1149 (0,0293; 0,0680 e 0,0755 para SS+OS; SS+P+OS e SS+(P+OS); Tabela 5),
1150 respectivamente; foram observadas no leite de vacas alimentadas com dietas contendo
1151 palma.

1152 No presente estudo não foram observadas alterações do CLA *trans-10 cis-12* para
1153 as diferentes dietas (Tabela 5), fato que pode estar relacionado com a semelhante
1154 composição de gordura do leite (Tabela 3). Segundo Bauman et al. (1999), redução da
1155 síntese de gordura do leite é relacionada com elevações dos teores de CLA *trans-10 cis-*
1156 *12* na glândula mamária, isômero definido como um inibidor da síntese da gordura do
1157 leite. Resultados de diferentes pesquisas têm mostrado que a utilização de óleos, de
1158 origem animal ou vegetal, em dietas de vacas tem estreita relação entre elevação dos
1159 teores de CLA e redução da composição da gordura do leite.

1160 Pirondini et al. (2015) observaram valores máximos para o isômero *cis-9 trans-*
1161 *11* de 0,75 e 0,74 g/100g de AG totais para dietas com relação 517:483 g/kg (V:C),
1162 contendo baixo amido+óleo de peixe ou alto amido+óleo de peixe, respectivamente; a
1163 dieta contendo elevada participação de amido não reduziu o teor de gordura do leite
1164 (4,55%), embora dieta contendo baixo amido resultou em 3,90% de gordura no leite.
1165 Bayat et al. (2018) avaliaram dietas com relação 600:400 g/kg (V:C), sem adição de
1166 lipídios ou com inclusão de 50 g/kg MS de óleos de colza, girassol ou linhaça; observaram
1167 maior somatório total de CLA de 1,68 g/100g em resposta à dieta contendo óleo de
1168 girassol; contudo, observaram redução de 16% na concentração de gordura do leite,
1169 ressaltando que em ambas as pesquisas a redução do teor de gordura foi relacionada à
1170 elevação de CLA *trans-10 cis-12*, diferentemente do observado no presente estudo.

1171 Ribeiro et al. (2018), ao avaliarem o perfil de AG de leite de vacas mestiças
1172 alimentadas com dietas contendo relação V:C de 520:480 g/kg e volumoso finamente
1173 picado (*Pennisetum purpureum*, Schum.), contendo 0,0; 1,5; 3,0 ou 4,5% de óleo de soja,
1174 observaram elevação dos valores de CLA *cis-9 trans-11* do leite (0,98; 1,82; 2,98 e 3,73
1175 g/100g, respectivamente). Contudo, também observaram expressiva redução do teor de
1176 gordura no leite de 3,50; 3,45; 3,22; 3,07, respectivamente.

1177 A composição de AG *trans* em derivados lácteos tem sido intensamente estudada
1178 nos últimos anos. O interesse se deve a controvérsias quanto aos seus efeitos sobre a saúde
1179 humana e ao efeito sobre a inibição da síntese de gordura na glândula mamária
1180 (CHILLIARD et al., 2000). De acordo com Lock e Bauman (2004), os efeitos negativos
1181 de consumo de gordura com configuração *trans* são relacionados a fontes advindas de
1182 hidrogenados industriais e contrários às de origem animal, a qual são atribuídos efeitos
1183 benéficos, como menor ocorrência de doenças coronarianas. Ademais, o consumo de
1184 C18:1 *trans*-11 pode resultar na elevação de formação de CLA *cis*-9 *trans*-11, pois a
1185 enzima SCD também é ativa em tecido humano.

1186 A relação entre C18:2 *n*-6 e os tempos de coleta das diferentes dietas mostram
1187 concentrações mais elevadas no leite de vacas alimentadas com dietas em que a SS foi
1188 substituída parcialmente por palma forrageira, em comparação ao leite de vacas
1189 alimentadas sem palma (Figura 1, *D*).

1190 Na Tabela 6 são apresentadas as relações *n*-6/*n*-3 [5,1995; 6,8334; 6,854 para as
1191 dietas SS+OS; SS+P+OS e SS+(P+OS)], respectivamente. Essa relação denota a
1192 possibilidade da conversão do ácido α -linolênico a ácido docosahexaenoico (DHA). Para
1193 dieta humana total, a relação de consumo ideal de *n*-6/*n*-3 tem sido estabelecida em
1194 valores de 4, 5 ou inferiores (SIMOPOLOS, 2008; TONIAL et al., 2010), como forma de
1195 redução de algumas adversidades, como a maior ocorrência de diabetes tipo 2,
1196 hiperglicemia, infarto e problemas na coagulação sanguínea (SIMOPOLOS, 1999;
1197 SIMOPOLOS, 2008). Gama et al. (2008) observaram elevação nos conteúdos de DHA e
1198 eicosapentaenoico (EPA), ambos da série ômega-3, no leite de vacas suplementadas com
1199 óleo de peixe.

1200 Mais estudos poderiam ser realizados com o intuito de aprofundar a avaliação da
1201 taxa de transferência para o leite de *n*-3 por intermédio da oferta dietética de palma
1202 forrageira e fontes de *n*-3 para vacas leiteiras e consequente melhoria da relação *n*-6/*n*-3.

1203 O perfil de AG ramificados e de cadeia ímpar no leite (Tabela 6), e os somatórios
1204 dessas cadeias no leite (Tabela 8) indicam que não houve alterações na população
1205 microbiana ruminal. Segundo Vlaeminck et al. (2006), a avaliação da composição de AG
1206 no leite pode ser uma ferramenta útil de identificação de mudanças da população
1207 microbiana, pois a principal origem de AG de cadeia ramificada e ímpar é oriunda da
1208 incorporação dos lipídios das membranas bacterianas ruminais, devido à limitação de sua

1209 síntese na glândula mamária. Bactérias celulolíticas são ricas em AG *iso* e bactérias
1210 amilolíticas em cadeias lineares e pobres em ramificadas.

Tabela. 6 Perfil de ácidos graxos monoinsaturados, poliinsaturados e ramificados no leite (g/100g de ácidos graxos totais) de vacas alimentadas com as dietas experimentais

Item	Dietas experimentais				Contraste		
	SS+OS	SS+P+OS	SS+(P+OS)	EPM	1 x 2	1 x 3	2 x 3
10:1 <i>cis</i> -9	0,1415	0,1290	0,1360	0,0117	0,7363	0,9409	0,9063
12:1 <i>cis</i> -9 + 13:0	0,1005	0,0947	0,0913	0,0042	0,6059	0,3349	0,8468
14:0 <i>iso</i>	0,1340	0,1079	0,0966	0,0053	0,0193	0,0028	0,3192
14:1 <i>cis</i> -9	0,5503	0,5985	0,7233	0,0657	0,8639	0,2047	0,4083
15:0 <i>iso</i>	0,2830	0,2310	0,2265	0,0092	0,0080	0,0049	0,9370
15:0 <i>anteiso</i>	0,5218	0,4798	0,4410	0,0200	0,3422	0,0453	0,3951
16:0 <i>iso</i>	0,2379	0,2189	0,2255	0,0078	0,2711	0,5190	0,8287
16:1 <i>trans</i> -12	0,185	0,1748	0,1705	0,0074	0,6086	0,3896	0,9144
16:1 <i>cis</i> -9 + 17:0 <i>iso</i>	0,4513	0,7200	0,8133	0,0172	<0,0001	<0,0001	0,0101
16:1 <i>cis</i> -9 + 17:0 <i>anteiso</i>	1,2558	1,2405	1,2893	0,0912	0,9923	0,9637	0,9249
17:1 <i>cis</i> -9	0,1887	0,1645	0,1614	0,0091	0,2518	0,1247	0,9684
20:1 <i>cis</i> -11	0,0705	0,0825	0,0945	0,0036	0,0975	0,0028	0,0975
20:2 <i>cis</i> -11 <i>cis</i> -14	0,0310	0,0418	0,0398	0,0026	0,0400	0,0934	0,8510
20:3 <i>n</i> -6	0,0623	0,0840	0,0845	0,0050	0,0307	0,0275	0,9972
20:4 <i>n</i> -6	0,1250	0,1218	0,1408	0,0078	0,9535	0,3679	0,2493
20:5 <i>n</i> -3	0,0153	0,0178	0,0163	0,0019	0,6365	0,9273	0,8453
22:5 <i>n</i> -3	0,0333	0,0390	0,03825	0,0032	0,4404	0,5305	0,9848
Σ <i>n</i> -6	2,0321	3,1286	3,6333	0,0877	<0,0001	<0,0001	0,0212
Σ <i>n</i> -3	0,3915	0,4730	0,5168	0,0189	0,0333	0,0029	0,2795
<i>n</i> -6/ <i>n</i> -3	5,1995	6,8334	6,854	0,8670	0,0004	0,0004	0,9968

EPM- erro padrão da média; SS- silagem de sorgo; P- palma forrageira; OS-concentrado contendo óleo de soja.

1211 Pelo panorama da nutrição humana, a redução no conteúdo de AG saturados e a
1212 elevação dos poliinsaturados no leite são situações desejadas, o que permite inferir que
1213 dietas contendo palma e óleo de soja para vacas leiteiras promovem esse benefício
1214 (Tabela 7).

1215 A menor concentração de ácido oleico para as dietas contendo palma (C18:1 *cis*-
1216 9; Tabela 5) resultou em maior conteúdo de AG monoinsaturados *cis* na dieta SS+OS, em
1217 comparação às demais (Tabela 7). Embora elevação nas concentrações de AG
1218 monoinsaturados *cis* seja uma alteração desejável para composição do leite, geralmente
1219 está relacionada com a redução de AG saturados; isso não foi observado para a dieta
1220 SS+OS. A formação de AG monoinsaturados com configuração *cis* ocorre comumente
1221 em dietas contendo óleo vegetal e em função da atuação da enzima SCD sobre o precursor

1222 C18:0 na glândula mamária, resultando em síntese de C18:1 *cis*-9 (BAYAT et al., 2018).
 1223 Como observado na Tabela 4, a dieta SS+OS resultou em elevação de C18:0,
 1224 possivelmente contribuindo para o maior fornecimento de substrato para formação de
 1225 C18:1 *cis*-9 (Tabela 5).

Tabela. 7 Somatório por classificação de ácidos graxos (g/100g de ácidos graxos totais) na gordura do leite de vacas alimentadas com as dietas experimentais

Variáveis	Dietas experimentais			EPM	Contraste		
	SS+OS	SS+P+OS	SS+(P+OS)		1 x 2	1 x 3	2 x 3
Saturados	58,7763	53,3698	52,1188	0,7320	0,0014	0,0003	0,4778
Monoinsaturados	34,2745	36,3630	36,1818	0,8063	0,2140	0,2671	0,9862
Monoinsaturados- <i>cis</i>	28,2538	24,5796	24,5023	0,7519	0,0179	0,016	0,9971
Monoinsaturados- <i>trans</i>	6,0210	11,784	11,6795	0,6898	0,0006	0,0007	0,9937
Poliinsaturados	3,6425	6,7023	7,7998	0,2202	<0,0001	<0,0001	0,0161
<i>Trans</i>	7,2210	14,7423	15,378	0,7175	0,0001	<0,0001	0,8096
<i>Trans</i> , exceto VA-RA	3,9973	5,9423	5,3008	0,6159	0,1185	0,3372	0,7489
Lineares	1,9773	1,8893	1,7498	0,0580	0,5533	0,0515	0,2571
Ramificadas	3,0244	3,0808	3,1232	0,0868	0,8882	0,7377	0,9301
Ímpar e ramificada	4,9792	4,9623	4,9028	0,1117	0,9937	0,8831	0,9188

EPM- erro padrão da média; SS- silagem de sorgo; P- palma forrageira; OS-concentrado contendo óleo de soja.

1226 A inclusão de palma na dieta, independentemente da forma de fornecimento,
 1227 proporcionou elevação significativa, embora com diferentes magnitudes, dos teores de
 1228 CLA *cis*-9 *trans*-11, CLA *trans*-9 *cis*-11, C18:1 *trans*-5, C18:1 *trans*-9, C18:1 *trans*-11,
 1229 C18:1 *trans*-12, C18:2 *n*-6, AG poliinsaturados totais, Σ AG *n*-6, Σ AG *n*-3, *trans* totais,
 1230 e relação de AG *n*-6/*n*-3 na gordura do leite dos animais. Por outro lado, resultaram em
 1231 redução (em maior ou menor grau) dos teores de outros AG ou grupos de AG, tais como
 1232 C18:0, C20:0, C21:0 (Tabela 4), C18:1 *cis*-9 (Tabela 5), AG saturados totais, Σ
 1233 monoinsaturados *cis* (Tabela 7).

1234 Quando comparadas às dietas contendo palma, a SS+(P+OS) promoveu maior
 1235 composição dos AG C18:2 *n*-6; CLA *cis*-9 *trans*-11 (Tabela 5), C16:1 *cis*-9 +C17:0 *iso*
 1236 (Tabela 6) e poliinsaturados totais (Tabela 7); provavelmente devido ao maior tempo de
 1237 permanência do concentrado contendo OS (fonte de insaturação) e da palma no rúmen,
 1238 sem a presença da SS. Maiores concentrações de AG insaturados no leite indicam que
 1239 ocorreu redução da extensão da biohidrogenação ruminal dos AG poliinsaturados
 1240 dietéticos, devido ao possível aumento da taxa de passagem da digesta ruminal quando a
 1241 palma forrageira foi ofertada aos animais.

1242 Contudo, apesar da elevação de consumo desses AG proporcionar benefícios
 1243 indiscutíveis à saúde humana, a indução da elevação de diferentes AG no leite com
 1244 utilização de óleo na dieta de vacas pode proporcionar efeitos adversos sobre a
 1245 remuneração do produtor e o rendimento industrial de derivados lácteos. Por outro lado,
 1246 um leite de qualidade diferenciada pode constituir em um novo nicho de mercado,
 1247 considerando-se o interesse do consumidor em alimentos com elevada qualidade
 1248 nutricional e nutracêutica. Um exemplo desse nicho mercadológico já existe na
 1249 Argentina, onde o leite de vacas alimentadas com pastagens proporciona um produto
 1250 enriquecido de CLA.

1251 Foi observada maior atividade da SCD12 para a dieta SS+OS em comparação às
 1252 dietas contendo palma (Tabela 8), embora, segundo Chilliard et al. (2000), há baixa
 1253 atividade da enzima SCD em cadeias menores que 18 carbonos. Diferenças da atividade
 1254 da enzima SCD indicam a fonte de insaturação dos AG. Menores valores apontam que a
 1255 origem não é proveniente da atividade da dessaturase endógena, e sim gerados no rúmen.
 1256 De modo contrário, maiores valores de SCD18 indicam que houve atividade mais elevada
 1257 da enzima para os pares C18:1 *cis*-9:C18:0, para a dieta SS+(P+OS), comparativamente
 1258 a SS+OS.

Tabela. 8 Índices de atividade da enzima esteroil-CoA dessaturase-1 (SCD) na gordura do leite de vacas alimentadas com as dietas experimentais

Item	Dietas experimentais			EPM	Contraste		
	SS+OS	SS+P+OS	SS+(P+OS)		1 x 2	1 x 3	2 x 3
SCD12	0,0526	0,0458	0,0429	0,0017	0,0428	0,0108	0,4419
SCD14	0,0668	0,0710	0,0818	0,0067	0,8966	0,3023	0,5193
SCD16	0,0545	0,0536	0,0552	0,0033	0,9827	0,9871	0,9229
SCD18	0,6118	0,6405	0,6630	0,0089	0,1082	0,0069	0,2255
SCDRA	0,3186	0,3073	0,3405	0,0133	0,8167	0,5043	0,2325

EPM- erro padrão da média; SS- silagem de sorgo; P- palma forrageira; OS-concentrado contendo óleo de soja.

1259 De acordo com Rabello et al. (1996), a suplementação de ruminantes com lipídeos
 1260 pode acarretar em mudanças no ambiente ruminal, com conseqüente redução de N-NH₃.
 1261 Satter e Slyter (1974) estabeleceram concentração de 5 mg/dl de N-NH₃ como mínimo
 1262 necessário para a adequada fermentação microbiana no rúmen. As médias observadas
 1263 para quaisquer dietas foram superiores a essas (Tabela 9). Algumas conseqüências de
 1264 baixos valores de N-NH₃ estão relacionadas com a redução da digestibilidade da fibra
 1265 (SATTER; SLYTER, 1974). Embora a digestibilidade não tenha sido avaliada no

1266 presente estudo, é possível inferir que a população microbiana responsável pela digestão
1267 de nutrientes não foi afetada.

Tabela. 9 Concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e proporção molar de ácidos acético, propiônico e butírico no líquido ruminal de vacas alimentadas com as dietas experimentais

Item	Dietas experimentais			EPM	Contraste		
	SS+OS	SS+P+OS	SS+(P+OS)		1 x 2	1 x 3	2 x 3
Acetato, µmol/ml	37,00	37,06	45,67	7,626	1,0000	0,7099	0,7133
Propionato, µmol/ml	9,50	11,11	13,95	2,454	0,8895	0,4383	0,7008
Butirato, µmol/ml	6,79	7,87	9,45	1,9285	0,9183	0,6090	0,8333
N-NH ₃ , mg/dl	11,55	11,73	14,88	1,4872	0,9962	0,3021	0,3368

EPM- erro padrão da média; SS- silagem de sorgo; P- palma forrageira; OS-concentrado contendo óleo de soja.

1268 Melhoria da qualidade do leite e seus derivados com utilização de palma forrageira
1269 associada a óleo de soja na dieta de vacas pode ser obtida pela redução de extensão da
1270 biohidrogenação ruminal, e maior escape de AG essenciais que foram incorporados à
1271 gordura do leite.

1272

1273 Conclusões

1274 Palma forrageira associada a óleo de soja na dieta de vacas leiteiras promove
1275 maiores consumo e produção leiteira sem alterar a macro composição do leite e os
1276 parâmetros ruminais.

1277 A substituição parcial da SS por palma forrageira em dietas de vacas leiteiras
1278 suplementadas com OS se mostrou uma estratégia promissora para melhoria da qualidade
1279 nutricional e do potencial funcional da gordura do leite por meio do aumento expressivo
1280 dos teores de AG benéficos à saúde humana não encontrados em quantidades
1281 significativas em outras fontes na dieta humana, como o CLA *cis-9 trans-11* e o C18:1
1282 *trans-11*. Essa estratégia pode, portanto, possibilitar a produção de leite e produtos lácteos
1283 com elevado valor agregado em regiões com severas limitações climáticas para produção
1284 de forragens tradicionais, tais como as observadas em regiões semiáridas. Assim, palma
1285 forrageira pode modificar o perfil de ácidos graxos no leite de vacas da raça Holandês.

1286

1287

1288

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1289 ALMEIDA, G.A.P. **Fontes alternativas de alimentos para vacas em lactação**. Tese de
1290 doutorado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil, 2018.
- 1291
- 1292 AOAC. **Official Methods of Analysis**. Arlington, VA, USA: AOAC, 2005.
- 1293
- 1294 AOCS. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists'**
1295 **Society**. Champaign: IL, USA: AOCS, 2004.
- 1296
- 1297 BAYAT, A.R. et al. Plant oil supplements reduce methane emissions and improve milk
1298 fatty acid composition in dairy cows fed grass silage-based diets without affecting milk
1299 yield. **Journal of Dairy Science**, 101, 1136–1151, 2018.
- 1300
- 1301 BAUMAN, D.E.; EVERETT, R.W.; WEILAND, W.H.; COLLIER, R.J. Production
1302 responses to bovine somatotropin in Northeast dairy herds. **Journal of Dairy Science** 82,
1303 2564–2573, 1999.
- 1304
- 1305 BAUMAN, D.E.; GRIINARI, J.M. Nutritional regulation of milk fat synthesis. **Annual**
1306 **Review of Nutrition** 23, 203–227, 2003.
- 1307
- 1308 BEN SALEM, H.; NEFZAOU, A.; BEN SALEM, L. Supplementing spineless cactus
1309 (*Opuntia ficus-indica f. inermis*) based diets with urea-treated straw or oldman saltbush
1310 (*Atriplex nummularia*) effects on intake, digestion and sheep growth. **Journal of**
1311 **Agricultural Science, Cambridge** 138, 85-92, 2002.
- 1312
- 1313 BESSA, R.J.B.; SANTOS-SILVA, J.; RIBEIRO, J.M.R.; PORTUGAL, A.V. Reticulo-
1314 rumen biohydrogenation and the enrichment of ruminant edible products with linoleic
1315 acid conjugated isomers. **Livestock Production Science**, 63: 201-211, 2000.
- 1316
- 1317 BILAL, G.; CUE, R.I.; MUSTAFA, A.F.; HAYES, J.F. Short communication: Genetic
1318 parameters of individual fatty acids in milk of Canadian Holsteins. **Journal of Dairy**
1319 **Science** 97,1150–1156, 2014.
- 1320
- 1321 BLANKSON, H. et al. Conjugated linoleic acid reduces body fat mass in overweight and
1322 obese humans. **Journal of Nutrition**, 130, 2943-2948, 2000.
- 1323
- 1324 BUCCIONI, A. et al. Milk fatty acid composition, rumen microbial population, and
1325 animal performances in response to diets rich in linoleic acid supplemented with chestnut
1326 or quebracho tannins in dairy ewes. **Journal of Dairy Science**, 98, 1145–1156, 2015.
- 1327
- 1328 CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; MANSBRIDGE, R.M.; DOREAU, M. Ruminant milk
1329 fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, *trans* and conjugated fatty
1330 acids. **Annales de Zootechnie**, 49, 181-205, 2000.
- 1331
- 1332 CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; DOREAU, M. Effect of different types of forages,
1333 animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially

- 1334 conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. **Livestock Production Science**, 70, n.1-2, p.31-48, 2001.
- 1335
- 1336
- 1337 CHILLIARD, Y. et al. Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and
- 1338 goat milk fat. *European Journal of Lipid Science and Technology*. **109**:828– 855, 2007.
- 1339
- 1340 CHOUINARD, P.Y.; GIRARD, V.; BRISSON, G.H. Fatty acid profile and physical
- 1341 properties of milk fat from cows fed calcium salts of fatty acids with varying unsaturation.
- 1342 **Journal of Dairy Science**, Savoy, 81, n.2, p.471-481, 1998.
- 1343
- 1344 CHURCH, D.C. **The ruminant animal**: Digestive, physiology and nutrition. Englewood
- 1345 Cliffs: Simon e Schuster, p.543, 1993.
- 1346
- 1347 DEWHURST, R.J.; SHINGFIELD, K.J.; LEE, M.R.F.; SCOLLAN, N.D. Increasing the
- 1348 concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows
- 1349 in high-forage systems. **Animal Feed Science and Technology** 131, 168–206, 2006.
- 1350
- 1351 EIFERT, E.D. et al. Perfil de ácidos graxos e conteúdo de ácido linoleico conjugado no
- 1352 leite de vacas alimentadas com a combinação de óleo de soja e fontes de carboidratos na
- 1353 dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia** 35, 1829–1837, 2006a.
- 1354
- 1355 EIFERT, E.C. et al. Perfil de ácidos graxos do leite de vacas alimentadas com óleo de
- 1356 soja e monensina no início da lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 35, 219–228,
- 1357 2006b.
- 1358
- 1359 FREITAS, W.R. **Bagaço de cana-de-açúcar como volumoso exclusivo para vacas em**
- 1360 **lactação**. Tese de doutorado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil, 2017.
- 1361
- 1362 GAMA, M.A.S. et al. Diet-induced milk fat depression: association with changes in milk
- 1363 fatty acid composition and fluidity of milk fat. **Livestock Science** 115, 319–331, 2008.
- 1364
- 1365 GARNSWORTHY, P.C.; FENG, S.; LOCK, A.L.; ROYAL, M.D. Short
- 1366 communication: heritability of milk fatty acid composition and stearoyl-CoA desaturase
- 1367 indices in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, 93, 1743–1748, 2010.
- 1368
- 1369 HALL, M.B. Challenges with non-fibre carbohydrate methods. **Journal of Animal**
- 1370 **Science** 81, 3226-3232, 2001.
- 1371
- 1372 HOLANDA, M.A.C.; HOLANDA, M.C.; MENDONÇA JÚNIOR, A. Suplementação
- 1373 dietética de lipídios na concentração de ácido linoleico conjugado na gordura do leite.
- 1374 **Acta Veterinaria Brasilica** 5, 221–229, 2011.
- 1375
- 1376 INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION (IDF). **Whole milk**. Determination of
- 1377 milkfat, protein and lactose content. In Guide for the operation of mid infra-red
- 1378 instruments. (IDF: Brussels), 1996.
- 1379

- 1380 KESLEY, J.A.; CORL, B.A.; COLLIER, R.J.; BAUMAN, D.E. The effect of breed,
1381 parity, and stage of lactation on conjugated linoleic acid (CLA) in milk fat from dairy
1382 cows. **Journal of Dairy Science**, 86, 2588-2597, 2003.
1383
- 1384 KHIAOSA-ARD, R.; KREUZER, M.; LEIBER, F. Apparent recovery of C18
1385 polyunsaturated fatty acids from feed in cow milk: A meta-analysis of the importance of
1386 dietary fatty acids and feeding regimens in diets without fat supplementation. **Journal of**
1387 **dairy science**, 98, n. 9, 6399–414, 2015.
1388
- 1389 KLIEM, K.E.; SHINGFIELD, K.J. Manipulation of milk fatty acid composition in
1390 lactating cows: Opportunities and challenges. **European Journal of Lipid Science and**
1391 **Technology**, 118, 1661–1683, 2016.
1392
- 1393 KÖPPEN, W. **Climatologia**: conunstudio de los climas de latierra. México: Fondo de
1394 Cultura Economica, 1948. 478p.
1395
- 1396 LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures
1397 for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology** 57,
1398 347–358, 1996.
1399
- 1400 LOCK, A.L.; BAUMAN, D.E. Modifying milk fat composition of dairy cows to enhance
1401 milk fatty acids beneficial to human health. **Lipids**, 39, 1197–1206, 2004.
1402
- 1403 MOURTHÉ, M.H.F. et al. Perfil de ácidos graxos do leite de vacas Holandês x Gir em
1404 pastagem de capim-Marandu suplementado com quantidades crescentes de grão de soja
1405 tostado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 67, n.4, p.1150-
1406 1158, 2015.
1407
- 1408 NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of dairy cattle**.
1409 (NRC: Washington, DC), 2001.
1410
- 1411 NEFZAOU, A.; LOUHAICHI, M.; BEN SALEM, H. Cactus as a tool to mitigate
1412 drought and to combat desertification. **Journal Arid Land Studies** 24, 121-124, 2014.
1413
- 1414 PALMQUIST, D.L.; BEAULIEU, A.D.; BARBANO, D.M. Feed and Animal Factors
1415 Influencing Milk Fat Composition. **Journal of Dairy Science**, 76, n. 6, 1753–1771, 1993.
1416
- 1417 PESSOA, R.A.S.F. et al. Desempenho de vacas leiteiras submetidas a diferentes
1418 estratégias alimentares. **Revista Archivos de Zootecnia**, 53, n.203, p.309-320, 2004.
1419
- 1420 PIRONDINI, M. et al. Effect of dietary starch concentration and fish oil supplementation
1421 on milk yield and composition, diet digestibility, and methane emissions in lactating dairy
1422 cows. **Journal of Dairy Science**, 98, 357 -372, 2015.
1423
- 1424 RABELLO, T.G.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA J.F. COELHO DA. Grão de soja
1425 moído na alimentação de vacas em lactação. I. Consumos, produção e composição do
1426 leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 25, 345-356, 1996.
1427

- 1428 RIBEIRO, C.G.S. et al. Desempenho produtivo e perfil de ácidos graxos do leite de vacas
1429 que receberam níveis crescentes de óleo de girassol em dietas à base de capim-elefante.
1430 **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 66, 5, 1513-1521, 2014.
1431
- 1432 RIBEIRO, C.G.S. et al. Ruminal fermentation and degradation, kinetic flow of the digesta
1433 and milk fatty acid composition of cows fed chopped elephantgrass supplemented with
1434 soybean oil. **Semina: Ciências Agrárias**, 39, 4, 1775-1794, 2018.
1435
- 1436 SAS INSTITUTE. SAS/STAT: user's guide. Version 9.2.' (SAS Institute: Cary, NC),
1437 2009.
1438
- 1439 SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial
1440 protein production in vitro. **British Journal of Nutrition**, 32, 199-208, 1974.
1441
- 1442 SHINGFIELD, K.J.; BONNET, M.; SCOLLAN, N.D. Recent developments in altering
1443 the fatty acid composition of ruminant-derived foods. **Animal**, v.7, p.132-162, 2013.
1444
- 1445 SIMOPOULOS, A.P. Essential fatty acids in health and chronic disease. **The American**
1446 **Journal of Clinical Nutrition**, 70 (suppl): 560S–569S, 1999.
1447
- 1448 SIMOPOULOS, A.P. (2008) The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in
1449 cardiovascular disease and other chronic diseases. **Experimental Biology and Medicine**
1450 (Maywood).; 233(6), 674-88.
1451
- 1452 SIQUEIRA, M.C.B. et al. Optimizing the use of spineless cactus in the diets of cattle:
1453 Total and partial digestibility, fiber dynamics and ruminal parameters. **Animal Feed**
1454 **Science and Technology**, 226, 56-64, 2017.
1455
- 1456 SKLAN, D. et al. Fatty acids, calcium soaps of fatty acids and cottonseeds fed to high
1457 yielding cows. **Journal of Dairy Science**, 75, 2463–2472, 1999.
1458
- 1459 TONIAL, I.B. et al. Caracterização físico-química e perfil lipídico do salmão (*Salmo salar*
1460 L.). **Alim. E Nutrição**, 21, 93-98, 2010.
1461
- 1462 VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral
1463 detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of**
1464 **Dairy Science**, 74, 3583–3597, 1991.
1465
- 1466 VASTA, V. et al. $\Delta 9$ desaturase protein expression and fatty acid composition of
1467 longissimus dorsi muscle in lambs fed green herbage or concentrate with or without added
1468 tannins. **Meat Science**, 82, 357–364, 2009.
1469
- 1470 VLAEMINCK B. et al. Factors affecting odd- and branched-chain fatty acids in milk: A
1471 review. **Animal Feed Science and Technology**, 131, 389–417, 2006.
1472
- 1473 WAHLE, K.W.; HEYS, S.D.; ROTONDO D. Conjugated linoleic acids: are they
1474 beneficial or detrimental to health? **Progress in Lipid Research**. 43, 553 – 87, 2004.
1475

CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

1476

1477

1478

1479

1480

1481

1482

1483

1484

1485

1486

1487

1488

1489

1490

1491

1492

1493

1494

1495

1496

1497

Os resultados obtidos pela execução da primeira pesquisa mostram que palma *Opuntia* pode ser mais uma alternativa de cultivar a ser empregada na dieta de vacas leiteiras da raça Holandês em áreas semiáridas, destacando-se sua superioridade, quando comparada à palma *Nopalea*, em relação à produtividade, e levando-se em consideração também, aspectos agronômicos, como menor exigência de solo e maior resistência aos períodos de estiagem mais prolongados, embora seja necessário destacar que o cultivo de uma cultivar está relacionado com riscos de quaisquer monocultivos de culturas agrícolas. O estabelecimento da utilização do nível de concentrado da dieta pode ser empregado de acordo com os objetivos de produção.

Em relação aos resultados da segunda pesquisa, pode-se constatar que palma forrageira se mostrou potencialmente eficaz em alterar o perfil dos ácidos graxos do leite. Sendo assim, esse ingrediente pode ser utilizado como uma ferramenta importante na manipulação de produtos destinados ao consumo humano, proporcionando alimentos nutracêuticos. Diante disso, esse alimento, que é socioeconomicamente fundamental para a manutenção e estabelecimento da criação racional de ruminantes em áreas semiáridas do Brasil, pode ser utilizado como um ingrediente capaz de elevar a qualidade nutricional dos produtos destinados ao consumo humano pela elevação do conteúdo de isômeros de ácido linoleico conjugado (CLA) e seus precursores, ácidos graxos benéficos à saúde humana.