

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**SUBSTITUIÇÃO DE SILAGEM DE MILHO POR PALMA ORELHA DE  
ELEFANTE MEXICANA PARA VACAS EM LACTAÇÃO**

**GLÁUCIA SABRINE DE OLIVEIRA MORAES**

**RECIFE - PE  
JULHO - 2019**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**SUBSTITUIÇÃO DE SILAGEM DE MILHO POR PALMA ORELHA DE  
ELEFANTE MEXICANA PARA VACAS EM LACTAÇÃO**

**GLÁUCIA SABRINE DE OLIVEIRA MORAES**

**Zootecnista**

**RECIFE – PE  
JULHO – 2019**

**GLÁUCIA SABRINE DE OLIVEIRA MORAES**

**SUBSTITUIÇÃO DE SILAGEM DE MILHO POR PALMA  
ORELHA DE ELEFANTE MEXICANA PARA VACAS EM  
LACTAÇÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Área de concentração: Nutrição e produção de ruminantes.

Comitê de orientação:

Prof. Dr. Marcelo de Andrade Ferreira - orientador

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Adriana Guim – co-orientadora

Pesquisador Dr. José Nildo Tabosa– co-orientador

**RECIFE – PE  
JULHO – 2019**

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

M827s Moraes, Gláucia Sabine de Oliveira.  
Substituição de silagem de milho por Palma orelha de elefante mexicana para vacas em lactação / Gláucia Sabine de Oliveira Moraes. – Recife, 2019.  
67 f.: il.

Orientador(a): Marcelo de Andrade Ferreira.  
Coorientador(a): Adriana Guim, José Nildo Tabosa.  
Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Integrado em Zootecnia, Recife, BR-PE, 2019.  
Inclui referências.

1. Ácido linoleico conjugado 2. Carboidratos-não-fibrosos  
3. Cochonilha do carmim 4. Semiárido 5. Síntese de leite  
6. Sustentabilidade I. Ferreira, Marcelo de Andrade, orient. II. Guim, Adriana, coorient. III. Tabosa, José Nildo, coorient. IV. Título

CDD 636

**GLÁUCIA SABRINE DE OLIVEIRA MORAES**

**SUBSTITUIÇÃO DE SILAGEM DE MILHO POR PALMA  
ORELHA DE ELEFANTE MEXICANA PARA VACAS EM  
LACTAÇÃO**

Tese defendida em 26 de julho de 2019

Orientador:

---

Prof. Dr.<sup>a</sup> Marcelo de Andrade Ferreira  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Comissão examinadora:

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carolina Corrêa de Figueiredo Monteiro  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Prof. Dr. Luciano Patto Novaes  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Antonia Sherlânea Chaves Vêras  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Prof. Dr. Airon Aparecido Silva de Melo  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

GLÁUCIA SABRINE DE OLIVEIRA MORAES - Filha de Edlene de Oliveira Moraes e Ailton Ângelo Moraes nasceu na cidade de Garanhuns – PE – em 17 de março de 1989. No segundo semestre de 2008 ingressou no curso de Zootecnia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Unidade Acadêmica de Garanhuns – UAG, concluindo o curso de Bacharel em Zootecnia em 2013. Em agosto de 2013 iniciou o curso de pós-graduação – Mestrado em Ciência Animal e Pastagens pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, na área de concentração em Produção de Ruminantes, concluindo em agosto de 2015. Ainda em agosto do mesmo ano iniciou as atividades no programa de Doutorado Integrado em Zootecnia pela UFRPE, área de concentração em produção e nutrição de ruminantes. Em julho de 2019 submeteu-se à banca de defesa da tese para obtenção do título de doutor em Zootecnia.

“O Senhor cumprirá o seu propósito para comigo!  
Teu amor, Senhor, permanece para sempre;  
Não abandoneis as obras das tuas mãos”.

Salmos 138:8

## **DEDICO**

Aos meus pais, Edlene Moraes e Ailton Moraes, e aos meus irmãos Rodrigo Moraes e Lucas Moraes, por todo amor, carinho e dedicação. Amo vocês!



## AGRADECIMENTOS

A DEUS pelo dom da vida, pela perseverança nessa jornada, pois sem Ele nada seria possível;

Aos meus pais e irmãos, pelo carinho e amor infinito. Agradeço profundamente por sempre terem acreditado em mim e serem meus verdadeiros amigos;

Ao Prof. Dr. Marcelo de Andrade Ferreira, pela dedicada orientação, ensinamentos, estímulo e amizade;

À UFRPE e Departamento de Zootecnia, por me proporcionar a oportunidade de realizar mais uma etapa de crescimento profissional;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos, e ao CNPq, pelo financiamento do projeto;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFRPE/DZ, pelos valiosos ensinamentos;

Ao IPA, direcionado a Leonardo Alencar, pela confiança e por abrir as portas da estação experimental de São Bento do Una para execução do experimento, e pelo apoio junto com todos os funcionários.

Ao Dr. Marco Gama e à Embrapa Gado Leite, pela parceria e realização das análises de ácidos graxos;

Ao laboratório CENAPESQ, pelo auxílio na realização de análises;

À Marina Almeida, pela disponibilidade e ajuda no início do experimento;

Ao meu PAI, por ter me ajudado e, sobretudo, me tolerado durante todo período do experimento;

Aos amigos e parceiros da “*Firma*” – GEPAF – pelo apoio e amizade;

Aos colegas da pós-graduação, pela amizade e que, de alguma forma, me ajudaram;

À minha amiga Juliana Ferreira, pelos momentos de confidências;

Ao “*Grupo da Pinga*” (Juliana, Diego, Darlan, Joelson, Robert, Ana...), pela amizade e pelos momentos de descontração;

A todos àqueles de que não me lembro o nome, mas que contribuíram de alguma forma para este resultado.

***A todos, obrigada!!!***

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	xi
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xii
<b>RESUMO GERAL</b> .....	xiii
<b>ABSTRACT</b> .....	xiv
<b>CONSIDERAÇÕES INICIAIS</b> .....	15
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	
<b>Palma forrageira [<i>Opuntia stricta</i> (Haw.) Haw] e silagem de milho: como maximizar o desempenho de vacas leiteiras criadas em regiões semiáridas?</b> .....	19
<b>RESUMO</b> .....	20
<b>ABSTRACT</b> .....	21
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	22
<b>RESULTADOS</b> .....	27
<b>DISCUSSÃO</b> .....	30
<b>CONCLUSÕES</b> .....	35
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	35
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	
<b>Efeitos da palma forrageira [<i>Opuntia stricta</i> (Haw.) Haw] sobre o perfil de ácidos graxos no leite de vacas da raça Holandesa</b> .....	43
<b>RESUMO</b> .....	44
<b>ABSTRACT</b> .....	45
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	46
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	47
<b>RESULTADOS</b> .....	50
<b>DISCUSSÃO</b> .....	53
<b>CONCLUSÕES</b> .....	58
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	59
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES</b> .....	66

## LISTA DE TABELAS

### **Capítulo 1: Palma forrageira [*Opuntia stricta* (Haw.) Haw] e silagem de milho: como maximizar o desempenho de vacas leiteiras criadas em regiões semiáridas?**

	<b>Páginas</b>
<b>Tabela 1.</b> Composição química dos ingredientes .....	24
<b>Tabela 2.</b> Composição percentual das dietas experimentais .....	24
<b>Tabela 3.</b> Consumo e digestibilidade de nutrientes em vacas holandesas .....	28
<b>Tabela 4.</b> Volume urinário, nitrogênio ureico e síntese e eficiência de proteína microbiana em vacas holandesas .....	29
<b>Tabela 5.</b> Comportamento ingestivo e eficiência de alimentação e ruminação em vacas holandesas.....	29
<b>Tabela 6.</b> Produção e composição do leite de vacas holandesas .....	30

### **Capítulo 2: Efeitos da palma forrageira [*Opuntia stricta* (Haw.) Haw] sobre o perfil de ácidos graxos no leite de vacas da raça Holandesas**

	<b>Páginas</b>
<b>Tabela 1.</b> Composição química e perfil de ácidos graxos dos ingredientes .....	48
<b>Tabela 2.</b> Composição percentual das dietas experimentais .....	49
<b>Tabela 3.</b> Perfil de ácidos graxos saturados do leite de vacas Holandesas .....	51
<b>Tabela 4.</b> Perfil de ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados da gordura do leite e índices de atividade da enzima esteroil-CoA dessaturase – 1 (SCD-1).....	52
<b>Tabela 5.</b> Somatório por classificação de ácidos graxos do leite.....	53
<b>Tabela 6.</b> Índices de qualidades nutricional da gordura do leite de vacas Holandesas..	53

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 2: Efeitos da palma forrageira [*Opuntia stricta* (Haw.) Haw] sobre o perfil de ácidos graxos no leite de vacas da raça Holandesas

#### Páginas

**Figura 1.** Ácido graxo C16:0 e C18:0 em g/100g de AG totais no leite de vacas..... 54

**Figura 2.** Ácidos graxos C18:0 e C18:1 em g/ 100g de AG totais no leite de vacas..... 54

# SUBSTITUIÇÃO DE SILAGEM DE MILHO POR PALMA ORELHA DE ELEFANTE MEXICANA PARA VACAS EM LACTAÇÃO

## RESUMO GERAL

Objetivou-se avaliar o efeito da substituição da silagem de milho por palma forrageira [*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.] (0; 18,5; 37,0 e 55,5%, com base na MS) sobre o consumo e digestibilidade dos nutrientes, síntese e eficiência de proteína microbiana, produção, composição e perfil de ácidos graxos de leite. Doze vacas Holandesas ( $20 \pm 2,7$  kg / dia de leite,  $530 \pm 35$  kg de peso corporal, 12 semanas de lactação) foram distribuídas em três quadrados latinos ( $4 \times 4$ ). O experimento foi constituído de quatro períodos, com duração de 21 dias cada, sendo os 14 primeiros para adaptação às dietas e os sete para coleta de dados e amostras. Houve aumento no consumo de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), carboidratos não-fibrosos (CNF) e energia líquida para lactação ( $EL_l$ ) com a substituição. O consumo de proteína bruta e a digestibilidade da MS, MO, PB, CNF e fibra em detergente neutro (FDN) não foram alterados pela substituição. O tempo gasto na alimentação e ruminação diminuiu linearmente com a substituição. O tempo de ócio e a eficiência de alimentação e ruminação relacionada à MS aumentaram linearmente. Já a eficiência de alimentação e ruminação relacionada à FDN permaneceram inalteradas. A produção de leite e a produção de leite corrigida pela gordura (PLCG) para 3,5% de gordura aumentaram linearmente com a substituição. Os teores de gordura, proteína, lactose e sólidos totais de leite permaneceram inalterados. Houve diminuição linear na excreção de nitrogênio ureico na urina e na concentração de nitrogênio ureico no leite. Houve aumento linear dos ácidos graxos saturados C5:0, C8:0, C9:0, C10:0, C11:0, C12:0, C14:0, C15:0, C16:0, C17:0. Já os ácidos C18:0, C20:0, C21:0, C22:0 e C24:0 diminuíram linearmente com a substituição. O ácido oleico (C18:1 cis9) diminuiu linearmente, enquanto o ácido CLA trans10 cis12 apresentou efeito quadrático. Os isômeros CLA (cis9 trans11 e trans9 cis11) não foram alterados pela substituição, assim como os índices de atividade da enzima estearoil-CoA dessaturase-1 (SCD-1). O somatório da concentração de ácidos graxos de cadeia longa (AGCL) e monoinsaturados (AGMI) diminuíram linearmente com a substituição, enquanto o somatório dos ácidos graxos saturados (AGS), polinsaturados (AGPI) e ômega-6 aumentaram linearmente. O somatório dos ácidos graxos de cadeia curta, cadeia média, CLA e ômega-3 não foram alterados pela substituição da silagem de milho pela palma forrageira. Os índices de qualidade nutricional da gordura do leite aterogenicidade (IA), trombogenicidade (IT) e a razão  $\omega$ -6:  $\omega$ -3 aumentaram linearmente com a substituição da silagem de milho pela palma forrageira. Já o índice hipo:hipercolesteronêmico (h/H) diminuiu. Recomenda-se uma dieta composta por 366,0 g/kg de MS de palma orelha de elefante mexicana 290,0 g/kg MS de silagem de milho e 344,0 g/kg de MS de concentrado para vacas leiteiras com produção média de 23 kg/dia.

**Palavras-chave:** Ácido linoleico conjugado. Carboidratos-não-fibrosos. Cochonilha do carmim. Semiárido. Produção de leite. Sustentabilidade. Volumoso.

# THE REPLACEMENT OF CORN SILAGE BY *Opuntia stricta* (Haw) Haw ON DIETS FOR DAIRY COWS

## ABSTRACT

This study aimed to investigate the effect of replacing corn silage with cactus *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. cladodes (cactus *Opuntia*) (0, 18.5, 37.0, and 55.5%, on a DM basis) in the diets for lactating dairy cows. Twelve Holstein cows ( $20 \pm 2.7$  kg/day milk,  $530 \pm 35$  kg of body weight, 12 week in milking) were distributed in three ( $4 \times 4$ ) Latin squares. The experiment consisted of four periods, each lasting 21 days, the first 14 days for adaptation to diets and seven to and data samples collection. There was an increase in the intake of dry matter (DM), organic matter (OM), non-fibrous carbohydrates (CNF) and net energy for lactation (N<sub>L</sub>) with replacement. Crude protein intake and digestibility of DM, OM, PB, CNF and neutral detergent fiber (NDF) were not altered by replacement. The spent time in feeding and ruminating diminished linearly with the replacement of corn silage by cactus cladodes. The idleness and efficiency of feed and rumination related to DM increased linearly. Considering the efficiency of feed and rumination related to NDF were not altered. Fat corrected milk yield (FCMY) at 3.5% increased linearly with replacement. The levels of fat, protein, lactose and total milk solids remained unchanged. There was a linear decrease in the excretion of urea nitrogen in the urine and in the concentration of urea nitrogen in milk. There was linearly increased the concentration of the saturated fatty acids C5:0, C8:0, C9:0, C10:0, C11:0, C12:0, C14:0, C15:0, C16:0, C17:0. The acids C18:0, C20:0, C21:0, C22:0 and C24:0 were linearly decrease. The oleic acid (C18:1 cis9) decreased linearly, whereas CLA trans10 cis12 acid showed quadratic effect. The CLA isomers (cis9 trans11 and trans9 cis11) were not altered by substitution, as were stearoyl-CoA desaturase-1 (SCD-1) enzyme activity indexes. The sum of the concentration of long chain fatty acids and monounsaturated fatty acids (MUFAs) decreased linearly with substitution. While the total of saturated fatty acids (SFAs), polyunsaturated fatty acids (PUFAs) and  $\omega$ -6 increased linearly. The total of the short chain, medium chain, CLA and  $\omega$ -3 fatty acids were not altered by the substitution of corn silage for the cactus cladodes. The nutritional quality indexes of milk fat (AI), thrombogenicity (TI) and the  $\omega$ -6: $\omega$ -3 ratio increased linearly with the replacement of corn silage by cactus cladodes. The hypo: hypercholesteronic (h / H) index decreased. We recommend a diet composed of 366.0 g/kg DM of cactus *Opuntia* 290.0 g/kg DM of corn silage and 344.0 g/kg DM of concentrate for dairy cows with average yield of 23kg / day.

**Keywords:** Conjugated linoleic acid. Carmine cochineal. Forage. Non-fiber carbohydrates. Semi-arid. Milk yield. Sustainability.

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A atividade pecuária para o Semiárido possui grande importância socioeconômica, primeiro por ser uma questão intrínseca na vida da população, e segundo, por ser a principal atividade financeira da região. Vale ressaltar que a estrutura fundiária é caracterizada por envolver grande número de pequenos e médios produtores, o que caracteriza uma atividade de agricultura familiar.

O estado de Pernambuco é o segundo maior produtor de leite do Nordeste, sendo a mesorregião do Agreste a principal bacia leiteira do estado, sendo responsável por aproximadamente 70% da produção total.

As estiagens periódicas de maior ou menor intensidade afetam diretamente a potencialidade pecuária da região, devido à menor quantidade e qualidade de forragens. A falta de planejamento e recurso adequado para a época de estiagem são os principais entraves do sistema produtivo. Além disso, o baixo nível de escolaridade dos produtores, sucessão familiar comprometida, baixa produtividade dos fatores de produção (terra, trabalho e capital), baixo acesso a crédito e conhecimento sobre tecnologias de produção e gestão representam importantes restrições socioeconômicas para o agravamento das consequências das secas. Percebe-se, então, a fragilidade da economia regional.

Uma prática muito comum entre os produtores durante o período de estiagem é o aumento na quantidade de alimento concentrado, o que eleva os custos de produção. Dessa forma, manter na propriedade forragens adaptadas à região semiárida pode garantir aos sistemas de produção menor risco e maior resistência às irregularidades climáticas. Na literatura há várias culturas forrageiras que podem ser utilizadas na alimentação de vacas leiteiras, parcial ou totalmente, que visam manter ou maximizar a produção de leite.

Em muitos países, como por exemplo a Alemanha, França, Estados Unidos e Brasil, a silagem de milho é tradicionalmente utilizada nas rações para vacas leiteiras, devido ao seu alto valor nutricional, sendo em sua maioria, utilizada como volumoso exclusivo. Desenvolvimentos, tanto no melhoramento genético da planta como em práticas agrônômicas, permitiram altos rendimentos da cultura. Apesar de existir recomendações da cultura de milho para o semiárido, a produção de milho tem sido altamente afetada pelas mudanças climáticas da região. Logo, manter essa cultura na propriedade em regiões semiáridas e em condições de sequeiro é muito arriscado.

A palma forrageira (*Opuntia sp*) é amplamente utilizada na alimentação de ruminantes em áreas secas, por ser bem adaptada às condições de clima e solo, alta eficiência no uso da água, rápida disseminação e elevado rendimento de biomassa. Além disso, a palma forrageira contém altos níveis de carboidratos solúveis, cinzas, Ca e K. Contudo, a palma forrageira possui baixos teores de proteína bruta (3 a 5%) e fibra em detergente neutro (25 a 30%), sendo necessária a associação com outros ingredientes com alto teor de fibra fisicamente efetiva e proteína, como silagens e ureia, respectivamente. A quantidade de água da palma forrageira (80-90%) é um grande diferencial para criação de ruminantes em regiões de clima seco, por auxiliar, via dieta, no atendimento das necessidades hídricas.

Nos anos de 2000 a 2011, a pecuária leiteira no Nordeste apresentou crescimento expressivo no setor (cerca de 50%), no que diz respeito ao aumento do número de animais, bem como ao aumento na produção de leite. Vale destacar que o estado de Pernambuco foi o que mais contribuiu para esse resultado. As propriedades da bacia leiteira do estado utilizavam a palma forrageira, em sistema de sequeiro, como principal alimento volumoso para os rebanhos. Durante esse período de 11 anos, esse sistema de produção funcionou bem, devido às condições climáticas regulares. Porém, diante à escassez de chuvas, a partir do ano seguinte, os sistemas se mostraram vulneráveis.

A estiagem que iniciou em 2012, considerada a mais severa das últimas décadas, causou sérios prejuízos socioeconômicos nas propriedades rurais nas áreas semiáridas brasileiras. Milhares de hectares de palma foram dizimados por infestações da cochonilha do carmim (*Dactylopius sp.*), que encontrou condições favoráveis à propagação durante a estiagem prolongada no Nordeste brasileiro. Além disso, a oferta de forragem aos rebanhos foi comprometida não só pela estiagem prolongada, mas também pelo baixo nível de estoque de alimentos volumosos nas propriedades. Diante desse cenário, surgiu na região um novo negócio no setor agropecuário: a produção comercial de forragem! Nesse negócio, além de outras plantas forrageiras, o milho produzido e ensilado nos perímetros irrigados é comercializado nas feiras livres agropecuárias a preços exorbitantes (silagem de milho R\$ 1,46 kg de MS). Vale ressaltar que apesar do alto custo de volumosos, durante os cinco anos da estiagem, os pecuaristas da região conseguiram recuperar a produção de leite.



Com a finalidade de contornar o problema da cochonilha, o Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), em parceria com a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), identificaram clones de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim. Dentre eles tem-se a palma Orelha de Elefante Mexicana - OEM (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw). Além disso, destaca-se com relação ao desempenho agronômico, tem-se mostrado menos exigente em fertilidade do solo, mais tolerante às condições de estresse hídrico e também tem apresentado maior produção de matéria seca por unidade de área quando comparada a outros genótipos.

Devido a essas vantagens, a palma Orelha de Elefante Mexicana vem sendo cada vez mais difundida entre os produtores de bovinos leiteiros de todo Nordeste, a começar pelo estado de Pernambuco. Vale ressaltar que o retorno do plantio da palma forrageira para propriedades no semiárido é de suma importância por garantir um ingrediente dietético de boa qualidade (rico em energia) durante toda época do ano.

Apesar desses atributos, a palma OEM ainda foi pouco avaliada em dietas de vacas leiteiras, sendo necessárias mais pesquisas para o real conhecimento de seus efeitos nutricionais (associada a outros volumosos) sobre a produção e composição do leite, com destaque para a qualidade da gordura do leite de vacas Holandesas criadas em condições semiáridas.

Nos últimos anos, com o aumento populacional, houve um aumento no consumo de leite de vaca, em que o consumo anual *per capita* em países desenvolvidos é de aproximadamente 300 litros, enquanto a média mundial é de 111 litros. Além da demanda por quantidade, os consumidores requerem produtos mais saudáveis. Atualmente, apesar do baixo consumo *per capita* de leite no Brasil (50 – 60 L/habitante/ano), o mercado consumidor de produtos lácteos pressiona os produtores a fornecerem produtos mais saudáveis à saúde humana, como alimentos com menores concentrações de gorduras saturadas, bem como o aumento de compostos relacionados a melhorias à saúde humana, como o ácido linoleico conjugado (CLA) e os ácidos da série ômega 3. Portanto, a qualidade da gordura do leite tem ganhado elevada importância no âmbito da pesquisa, visto que a descoberta desses nutrientes possui ação preventiva contra doenças cardiovasculares e o câncer.

Dentre os fatores que influenciam na manipulação da gordura do leite, a composição da dieta é considerada principal fator. A relação volumoso:concentrado, o

tipo de carboidrato e adição de óleo na dieta de vacas são algumas das estratégias para se manipular a gordura do leite.

Para a pesquisa regional, tornou-se desafiador reduzir o uso de volumosos convencionais conservados para vacas leiteiras, notadamente a silagem de milho, por outra fonte de alimentação disponível na região, a palma OEM. Além disso, alimentos conservados no semiárido são frequentemente caros, de oferta sazonal e/ou limitada e, em algumas vezes, de baixa qualidade nutricional. Dessa forma, o uso da palma forrageira, sobretudo da OEM, em associação à silagem de milho na dieta de vacas leiteiras deve ser investigada, a fim de equilibrar os nutrientes principais da dieta, bem como reduzir seu custo, uma vez que o preço pago por kg de MS da silagem de milho é o dobro da palma forrageira. Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito da substituição parcial da silagem de milho por palma OEM em dietas para vacas em lactação.

## **CAPÍTULO 1**

---

**Palma forrageira [*Opuntia stricta* (Haw.) Haw] e silagem de milho:  
como maximizar o desempenho de vacas leiteiras criadas em regiões  
semiáridas?**

**Palma forrageira [*Opuntia stricta* (Haw.) Haw] e silagem de milho: como maximizar o desempenho de vacas leiteiras criadas em regiões semiáridas?**

**RESUMO**

Objetivou-se avaliar o efeito da substituição parcial da silagem de milho por palma forrageira [*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.] (0; 18,5; 37,0 e 55,5%, com base na MS) na dieta de vacas leiteiras em lactação. Doze vacas da raça Holandesa ( $20 \pm 2,7$  kg / dia de leite,  $530 \pm 35$  kg de peso corporal, 84 dias em leite) foram distribuídas em três quadrados latinos ( $4 \times 4$ ). Houve aumento no consumo de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), carboidratos não-fibrosos (CNF) e energia líquida para lactação ( $EL_l$ ) com a substituição (17,68 para 18,58; 16,38 para 16,91; 5,32 para 7,28; 25,11 a 27,01 kg / dia, respectivamente). O consumo de proteína bruta (PB; 2,80 kg / dia) e a digestibilidade da MS, MO, PB, CNF e fibra em detergente neutro (FDN) não foram alterados pela substituição (623,4; 642,4; 641,6; 519,6; 763 g / kg DM, respectivamente). O tempo gasto com alimentação e ruminação diminuiu linearmente (6,35 para 5,04; 10,0 para 9,04 h/dia, respectivamente) com a substituição. O tempo de ócio e a eficiência de alimentação e ruminação relacionada à MS aumentaram linearmente (7,64 para 9,88; 2816,48 para 3771,75; 1788,90 para 2056,25 g/h). Já a eficiência de alimentação e ruminação relacionada à FDN permaneceram inalteradas. A produção de leite e a produção de leite corrigida pela gordura (PLCG) para 3,5% de gordura aumentaram linearmente com a substituição (20,8 a 22,1; 21,4 a 23,3 kg / dia, respectivamente). Os teores de gordura, proteína, lactose e sólidos totais de leite permaneceram inalterados (37,6; 31,6; 45,1; 124,4 g / kg, respectivamente). Houve diminuição linear na excreção de nitrogênio ureico na urina (298 para 221,4 mg / kg PC) e na concentração de nitrogênio ureico no leite (16,8 para 13,04 mg /dL). Recomenda-se uma dieta composta por 366,0 g / kg de MS de palma orelha de elefante mexicana 290,0 g /kg MS de silagem de milho e 344,0 g / kg de MS de concentrado para vacas leiteiras com produção média de 23kg/dia.

**Palavras chave:** Carboidrato-não-fibroso. Forragem. Semiárido. Sustentabilidade.

**Cactus [*Opuntia stricta* (Haw.) Haw] cladodes and corn silage: How do we maximize the performance of lactating dairy cows reared in semiarid regions?**

**ABSTRACT**

This study aimed to investigate the effect of partial replacing corn silage with cactus *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. cladodes (cactus *Opuntia*) (0, 18.5, 37.0, and 55.5%, on a DM basis) in the diets for lactating dairy cows. Twelve Holstein cows ( $20 \pm 2.7$  kg/day milk,  $530 \pm 35$  kg of body weight, 84 days in milk) were distributed in three ( $4 \times 4$ ) Latin squares. There was an increase in the intake of dry matter (DM), organic matter (OM), non-fiber carbohydrate (NFC) and net energy for lactation ( $NE_l$ ) with the replacement (17.68 to 18.58; 16.38 to 16.91; 5.32 to 7.28; 25.1 to 27.01 kg/day, respectively). The intake of crude protein (CP; 2.80 kg/day) and the digestibility of DM, OM, CP, NFC and neutral detergent fiber (NDF) were not changed by the replacement (623.4; 642.4; 641.6; 519.6; 763 g/kg DM, respectively). The spent time in feeding and ruminating diminished linearly (6.35 to 5.04; 10.0 to 9.04 h/day, respectively) with the replacement of corn silage by cactus cladodes. The idleness and efficiency of feed and rumination related to DM increased linearly (7.64 to 9.88; 2816.48 to 3771.75; 1788.90 to 2056.25 g/h). Considering the efficiency of feed and rumination related to NDF were not altered presenting averages of 1326.77 and 801.58 g/h, respectively. The milk yield and fat-corrected milk yield (FCMY) to 3.5% fat increased linearly with the replacement (20.8 to 22.1; 21.4 to 23.3 kg/day, respectively). The fat, protein, lactose, and total solids milk content remained unaltered (37.6; 31.6; 45.1; 124.4 g/kg, respectively). There was a linear decrease in the urea nitrogen excretion in urine (298 to 221.4 mg/kg BW) and the urea nitrogen concentration in milk (16.8–13.04 mg/dL). We recommend a diet composed of 366.0 g/kg DM of cactus *Opuntia* 290.0 g/kg DM of corn silage and 344.0 g/kg DM of concentrate for dairy cows with average yield of 23kg / day.

**Keywords:** Forage. Non-fiber carbohydrates. Semiarid. Smallholder farms. Sustainability.

## INTRODUÇÃO

A estrutura fundiária do semiárido brasileiro é caracterizada, em sua maioria, por um grande número de estabelecimentos familiares de pequeno e médio portes. No Brasil, 70% dos alimentos consumidos são produzidos por pequenos produtores (MDA, 2017).

Embora a agricultura familiar seja economicamente crucial para o Brasil, os produtores da região semiárida são mais vulneráveis aos impactos das mudanças climáticas. A combinação de um ambiente adverso e de uma atividade econômica que depende da natureza leva à extrema vulnerabilidade dos sistemas de produção, representada por colapsos virtuais em condições climáticas desfavoráveis à produção. Isso, em parte, resulta em fragilidade econômica.

Em áreas secas ao redor do mundo, as estiagens periódicas têm um grande impacto nas propriedades rurais, levando a sérias perdas socioeconômicas (MARENGO et al., 2016). Nessas regiões, a produção de biomassa é geralmente baixa (<5 toneladas de MS por ha por ano), com baixa produção de forragem (<1 tonelada de MS por hectare por ano), levando a uma baixa capacidade de suporte (12-15 ha para sustentar uma vaca adulta; Dubeux et al., 2015). No entanto, os produtores devem se esforçar para identificar e implementar estratégias para lidar com essas adversidades, o que pode recompensá-los com resiliência de longo prazo (BERMAN et al., 2012). Por esse motivo, Vitória et al. (2011) sugeriram a cultura do milho para produção de silagem. Neves et al. (2015) avaliaram cinco cultivares de milho de ciclo curto, recomendadas para a produção de silagem em regiões semiáridas, e observaram uma produtividade de 8,04 toneladas de MS/ha (6,12 a 9,68 toneladas de MS / ha).

No entanto, o uso de cactáceas, notadamente palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*), para alimentação de ruminantes em áreas secas tem aumentado, como, por exemplo, no Norte da África (MAHOUACHI et al., 2012) e Nordeste do Brasil (LINS et al., 2016; MONTEIRO et al., 2014). A palma forrageira é escolhida por sua alta eficiência no uso da água, rápida disseminação, alto teor de água e energia e alto rendimento de biomassa (BEN SALEM, 2010). Recentemente, Silva et al. (2018) sugeriram a *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. (Palma Orelha de elefante mexicana) como uma nova opção para a produção de leite em sistemas de pequenos produtores em regiões semiáridas. Além disso, Santos et al. (2008) publicaram dados de produtividade desta palma forrageira em diferentes áreas semiáridas no Brasil e relataram uma produção mínima de 40 toneladas

de MS / ha e uma produção máxima de 60 toneladas de MS / ha, alcançada a cada dois anos.

Hipotetizou-se que existe uma relação entre a silagem de milho e a palma forrageira, que maximiza o consumo e a digestibilidade dos nutrientes e, conseqüentemente, promovem maior desempenho do leite. Assim, objetivou-se avaliar a substituição da silagem de milho por palma orelha de elefante mexicana na dieta de vacas leiteiras em lactação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi aprovado pelo Comitê de Ética na Utilização de Animais da Universidade Federal Rural de Pernambuco (Licença nº 068/2016) e conduzido na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), localizada no município de São Bento do Una, estado de Pernambuco, caracterizado para o clima semiárido Bsh (KOOPEN, 1948).

Foram utilizadas 12 vacas da raça Holandesa, com produção de  $20 \pm 2,7$  kg/dia, com  $530 \pm 35$  kg de peso corporal e 12 semanas de lactação, distribuídas em três quadrados Latinos (4x4). O período experimental totalizou 84 dias e foi dividido em quatro períodos de 21 dias cada, com os 14 primeiros dias para adaptação dos animais às dietas experimentais, seguidos de sete dias para coleta de dados e amostras. O peso corporal (PC) individual das vacas foi mensurado no início e no final de cada período experimental, após a primeira ordenha.

As vacas foram alojadas em baias individuais, com aproximadamente 24m<sup>2</sup>, providas de bebedouros e comedouros individuais.

As dietas experimentais consistiram de quatro diferentes níveis de substituição da silagem de milho (cultivar AG5055 da Agrocere@: Grão semiduro amarelo-alaranjado e de ciclo precoce) pela palma Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw) (0; 18,5; 37; 55,5%). A relação volumoso:concentrado foi de 65:35 e as dietas isonitrogenadas (15% proteína bruta (PB)). A dieta base (0% palma forrageira) foi formulada de acordo o NRC (2001) para atendimento de exigências de nutrientes de vacas produzindo 20 kg de leite por dia corrigido para 3,5% de gordura de acordo com o NRC (2001), considerando a composição dos ingredientes.

A ração foi fornecida *ad libitum* na forma de mistura total, ofertada em duas refeições (7h00 e 16h00), permitindo-se de 5 a 10% de sobras. Nas Tabelas 1 e 2 apresentam a composição química dos ingredientes, composição percentual das dietas experimentais e sua composição química.

Tabela 1. Composição química dos ingredientes (g/kg MS)

Item	Silagem de milho	Palma orelha de elefante	Milho moído	Farelo de soja	Farelo de algodão	Caroço de algodão
Matéria seca, base MN	284,3	107,7	890,5	907,5	907,4	923,6
Matéria Orgânica	940,3	893,2	982,9	934,5	934,5	931,6
Proteína Bruta	80,0	63,6	86,6	464,7	396,3	235,9
Fibra em detergente neutro cp <sup>1</sup>	558,8	272,4	114,9	287,6	334,9	334,4
Carboidrato não fibroso	280,4	545,1	732,8	164,7	195,8	151,0
Fibra em detergente neutro indigestível	183,6	134,5	14,6	11,3	106,5	259,9

<sup>1</sup>Corrigido para cinzas e proteína

Tabela 2 - Composição percentual e química das dietas experimentais (g/kg, base MS)

Item	Níveis de Substituição de Silagem de Milho (%)			
	0	18,5	37	55,5
Palma Orelha de elefante mexicana	0,0	122,0	244,0	366,0
Silagem de Milho	656,0	534,0	412,0	290,0
Milho Moído	105,0	101,0	97,0	93,0
Farelo de Soja	103,0	107,0	111,0	115,0
Farelo de Algodão	59,0	59,0	59,0	59,0
Caroço de Algodão	53,0	53,0	53,0	53,0
Ureia+SA <sup>1</sup>	2,6	2,6	2,6	2,6
Sal comum	5,8	5,8	5,8	5,8
Mistura mineral <sup>2</sup>	15,6	15,6	15,6	15,6
Composição química				
Matéria seca	372,1	294,7	244,0	208,4
Matéria orgânica	925,3	919,5	913,8	908,0
Proteína bruta	152,0	152,0	150,1	151,0
Fibra em detergente neutro cp <sup>3</sup>	446,9	411,9	377,0	342,2
FDN indigestível	143,1	137,2	131,2	125,2
Carboidrato não fibroso cp	321,6	354,1	386,3	418,5
Energia líquida de lactação, Mcal/kg MS	1,46	1,45	1,44	1,42

<sup>1</sup>Sulfato de amônia. <sup>2</sup>Composição química (nutriente por kg de produto): Ca, 190 g; P, 60 g; S, 20 g; Mg, 20 g; K, 35 g; Na, 70 g; Co, 15 mg; Cu, 700 mg; Cr, 10 mg; Fe, 700 mg; I, 40 mg; Mn, 1600 mg; Se, 19 mg; Zn, 2500 mg; F, 600 mg (produto comercial). <sup>3</sup>Corrigido para cinzas e proteína

Durante todo o período de coleta (15° ao 21° dia) foram realizadas amostragens da silagem de milho, palma forrageira e sobras de cada animal, compostas por período e animal ao final de cada período experimental, e subsequentemente foram armazenadas em freezer a -20°C para posteriores análises químicas.



Ao final do experimento as amostras de alimentos, sobras e fezes foram descongeladas, pré-secas (55°C por 72h) em estufa de ventilação forçada e processadas em moinho de facas (Modelo Thomas Wiley Co., Swedesboro, NJ) com peneiras de porosidade de 1 mm para análises químicas e 2 mm para incubação ruminal *in situ*. As análises químicas foram executadas nas amostras moídas em peneira de 1 mm.

Para estimativa da digestibilidade e teor de NDT, as fezes foram coletadas diretamente na ampola retal dos animais entre o 16° e 20° dia de coleta de cada período experimental (TORRES et al., 2009), posteriormente as amostras foram compostas por período e animal e armazenadas em freezer a -20°C para análises químicas. A excreção fecal total foi estimada utilizando-se a FDN indigestível (FDNi) como marcador interno, e o conteúdo de FDNi das fezes, alimentos e sobras foram obtidos após 288 horas de tempo de incubação ruminal (VALENTE et al., 2015). Os teores de NDT das dietas e a conversão em energia líquida de lactação (EL<sub>l</sub>) foram estimados segundo o NRC (2001).

As amostras de alimentos, sobras e fezes foram avaliadas quanto à sua matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM) e teor de proteína bruta (PB), de acordo com AOAC (2005), métodos 934.01, 942.05, 942.05, 990.13, respectivamente. O extrato etéreo (EE) foi determinado de acordo com AOCS (2004). A fibra de detergente neutro (FDN) foi analisada conforme Van Soest et al. (1991) usando alfa-amilase, como recomendado pela AOAC (2005 - 973.18). O nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) foi analisado usando o método de Kjeldahl (LICITRA et al., 1996). Os carboidratos não-fibrosos (CNF) foram calculados de acordo com Hall (2000), em que  $CNF (\% \text{ de MS}) = 100\% - \%Cinzas - \%EE - \%FDN - (\%PB - P_{bureia} + Ureia)$ . O nitrogênio amônia no rúmen (NH<sub>3</sub>-N) foi estimado com a equação  $N-NH_3 = [(0,686 * NUL) + 6,43]$ , (NUL: Nitrogênio ureico no leite) (BRODERICK; CLAYTON, 1997). O N leite foi quantificado usando a proteína total do leite (PtL / 6,38), e o NUU foi estimado com a equação:  $N \text{ urina (g/dia)} = 12,54 * \text{leite N (mg / dL)}$ .

Amostras de sangue foram coletadas no 21° dia, quatro horas após a alimentação matinal, por punção da veia coccígea. Após a coleta, as amostras de sangue foram imediatamente centrifugadas a 2700 rpm durante 15 min. As amostras de plasma sanguíneo foram congeladas a -20° C para posterior análise da concentração de nitrogênio ureico analisados utilizando um sistema colorimétrico com kits comerciais (Labtest Diagnóstica S.A.).

Amostras *spot* de urina foram obtidas no 21º dia de cada período experimental, imediatamente após a coleta de sangue (CHIZZOTTI et al., 2008). A urina foi filtrada em gaze, e uma alíquota de 10 ml diluída imediatamente em 40 mL de 0,072 N de ácido sulfúrico e armazenado a -20 ° C para posteriores análises de ureia, alantoína (AL), ácido úrico (AU), nitrogênio total e creatinina.

Para análise de AL no leite e na urina foi usado o método descrito por Chen & Gomes (1992). A concentração de ureia na urina foi analisada via sistema enzimático-colorimétrico do método da uréase, usando kits comerciais (*Labtest Diagnóstica S.A.*). A concentração de ácido úrico na urina foi analisada via método enzimático Trinder, usando kits comerciais (*Labtest Diagnóstica S.A.*). A concentração de creatinina na urina foi analisada pelo método de “ponto final”, com utilização de picrato e acidificante, usando kits comerciais (*Labtest Diagnóstica S.A.*).

O volume urinário total diário foi estimado por meio da relação da excreção urinária diária de creatinina, utilizando os valores observados de concentração de creatinina na urina conforme descrito por Valadares (1999). A excreção urinária diária de creatinina baseou-se em 24,05 mg/kg de PC de creatinina (CHIZZOTTI et al., 2008). A síntese de proteína microbiana foi estimada de acordo com Chen & Gomes (1992), considerando uma recuperação de purinas absorvidas de 0,85 e uma contribuição endógena para a excreção de purinas, conforme recomendado por Gonzalez-Ronquillo et al. (2003).

As vacas foram ordenhadas duas vezes ao dia (6h00 e 15h00), e a produção de leite foi registrada do 15ª ao 21ª dia de cada período. Amostras de leite (300 ml) foram coletadas, proporcional à produção de cada ordenha, no 18º e 19º dia às 6h00 e 15h00 de cada período experimental por meio de copos coletores. Ao final de cada período de coleta, uma alíquota (50 ml) foi composta por período e animal e armazenada em recipiente com conservante (Bronopol®) para análises de proteína, gordura, lactose, sólidos totais e ureia, de acordo com os métodos da ISO 9622/IDF 141C (2013). Outra alíquota de 10 mL de leite foi desproteïnada com 5 mL de ácido tricloroacético (25%), filtrada e armazenada a -15°C para posterior análise de alantoína. A produção de leite corrigida para gordura de 3,5% (PLCG) foi estimada pela equação  $PLCG (3,5\%) = [(0,432 + 0,1625 * \% \text{ de gordura do leite}) * PL \text{ kg / dia}]$  (SKLAN et al., 1992). A produção de leite corrigida para energia (PLCE) foi estimada através da equação  $PLCE = [(0,327 *$

kg de leite) + (12,97 \* kg de gordura) + (7,20 \* kg de proteína)] (TYRRELL; REID, 1965).

Os dados foram analisados utilizando o PROC MIXED do software SAS (versão 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC), depois de testados para normalidade residual e homogeneidade da variância, adotando-se nível de significância de 5% para erro tipo I, de acordo com o seguinte modelo:

$$y_{ijkl} = \mu + T_i + Q_j + P_k + (A/Q)l_j + T^*Q_{ij} + \varepsilon_{ijkl}$$

onde:  $y_{ijkl}$  = observação  $ijkl$ ;  $\mu$  = média geral;  $T_i$  = efeito fixo do tratamento  $i$ ;  $Q_j$  = efeito fixo do quadrado  $j$ ;  $P_k$  = efeito aleatório do período  $k$ ;  $(A/Q)l_j$  = efeito aleatório do animal  $l$  dentro do quadrado  $j$ ;  $T^*Q_{ij}$  = efeito aleatório da interação tratamento  $i$  e quadrado  $j$ ;  $\varepsilon_{ijkl}$  = erro aleatório com a média 0 e variância  $\sigma^2$ .

## RESULTADOS

A composição química da silagem de milho (Tabela 1) apresentou valores semelhantes aos da literatura (VALADARES FILHO et al., 2017), porém com teores de fibra em detergente neutro mais elevados (599,5 vs 544,1 g/kg MS) e de carboidratos não fibrosos mais baixos (249,7 vs 338,7 g/kg MS). A palma forrageira apresentou teores de nutrientes coerentes com outros estudos (ABIDI et al., 2009; BARROS et al., 2017a; COSTA et al., 2016; SIQUEIRA et al., 2017).

Devido à baixa proporção de sobras (média de 0,857; 0,730; 0,940; 0,900 e 0,830 g/kg de MS para 0; 18,5; 37 e 55,5% de substituição, respectivamente), inferiu-se que a proporção de ingredientes nas dietas não foi alterada. Assim, o consumo de ração, com base na matéria natural (MN), foi estimado em 47,51; 60,71; 77,21 e 89,16 kg/dia nos níveis de substituição de 0, 18,5, 37 e 55,5%, respectivamente. A ingestão de silagem e palma forrageira foi de 40,8 e 0,0; 33,6 e 20,3; 27,3 e 42,7 e 18,9 e 63,1 kg de MN/dia nos níveis de substituição de 0, 18,5, 37 e 55,5%, respectivamente.

Os consumos de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) carboidratos não fibrosos (CNF) (em kg/dia) e de energia líquida de lactação ( $EL_l$  Mcal/dia) aumentaram linearmente com a substituição de silagem de milho (SM) por palma orelha de elefante mexicana (OEM) ( $P < 0,05$ ) (Tabela 3). Os consumos de fibra em detergente neutro

(FDNcp) e fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), kg/dia, diminuiram linearmente ( $P < 0,05$ ). O consumo de proteína bruta (PB) não foi alterado pelos níveis de substituição ( $P > 0,05$ ) (Tabela 3). A digestibilidade aparente da matéria seca (DMS) e das frações nutricionais (MO, PB, FDNcp e CNF) não foram alteradas pela substituição ( $P > 0,05$ ) (Tabela 3).

Tabela 3. Consumo e digestibilidade de nutrientes em vacas holandesas.

Itens	Níveis de Substituição de SM (%)				EPM	Valor P	
	0	18,5	37	55,5		L	Q
	Consumo kg/dia						
Matéria seca	17,68	17,89	18,84	18,58	0,1709	0,0002	0,1819
Matéria orgânica	16,38	16,45	17,24	16,91	0,1564	0,0039	0,2177
Fibra em detergente neutro cp <sup>1</sup>	7,72	7,18	6,89	6,27	0,0712	0,0000	0,4256
Proteína bruta	2,76	2,77	2,85	2,80	0,0261	0,1079	0,2694
Carboidratos não fibrosos	5,32	5,95	6,92	7,28	0,0819	0,0000	0,1252
Energia líquida de lactação, Mcal/dia	25,81	25,94	27,14	27,01	0,2560	0,0309	0,1196
FDNi	2,46	2,38	2,38	2,24	0,0313	0,0002	0,4521
	Consumo g/kg peso corporal						
Matéria seca	32,2	32,8	31,4	33,8	0,0328	0,0008	0,2145
Fibra em detergente neutro	14,7	13,8	13,2	12,1	0,0142	0,0000	0,4125
	Digestibilidade aparente g/kg						
Matéria seca	628,3	625,9	623,1	616,3	1,2218	0,4589	0,4879
Matéria orgânica	641,2	642,9	645,7	639,7	1,0507	0,4587	0,4586
Proteína Bruta	634,9	671,5	627,1	632,7	1,5426	0,6548	0,3302
Fibra em detergente neutro <sup>1</sup>	529,7	529,4	497,1	522,1	0,0131	0,4528	0,2982
Carboidrato não fibroso	783,6	747,1	787,5	733,7	1,5543	0,1361	0,4587

<sup>1</sup>Corrigido para cinzas e proteína. EPM, Erro padrão da média; L, efeito linear; Q, Efeito quadrático.

A inclusão de palma forrageira em substituição à silagem de milho não alterou o volume urinário e as concentrações nitrogênio ureico no plasma sanguíneo (NUP) ( $P > 0,05$ ) (Tabela 4). A concentração de amônia ruminal, a excreção de N-ureico na urina (NUU) e a concentração de nitrogênio ureico no leite (NUL) diminuiram linearmente com a substituição de silagem de milho por palma forrageira ( $P < 0,05$ ) (Tabela 4). A síntese e eficiência da síntese de proteína microbiana (ESPmic) aumentaram linearmente ( $P < 0,05$ ) (Tabela 4).

Tabela 4. Volume urinário, nitrogênio amoniacal ruminal, nitrogênio ureico e síntese e eficiência de proteína microbiana em vacas holandesas

Item	Níveis de substituição de SM %				EPM	Valor p	
	0	18,5	37	55,5		L	Q
Volume Urinário, L/dia	29,11	29,76	31,08	32,5	2,9035	0,4254	0,4156
N-amoniacal ruminal, dL/dia	18,44	16,61	16,62	16,06	0,5630	0,0128	0,3127
Concentração, mg/dL							
Nitrogênio ureico no plasma	15,46	15,86	13,75	14,01	0,9503	0,1484	0,4265
Nitrogênio ureico no leite	16,84	14,85	13,31	13,04	1,1059	0,0194	0,4125
Excreção, mg/kg PC							
N-ureico na urina	298,05	284,11	300,21	221,44	20,92	0,0430	0,3568
Síntese e eficiência							
SPbmic <sup>1</sup> , g/dia	1212,80	1431,03	1455,32	1493,58	109,2851	0,0401	0,3685
ESPmic <sup>2</sup> , g/Pbmic Kg de NDT	115,80	121,06	123,77	134,66	9,8475	0,0431	0,4153

<sup>1</sup>Síntese de proteína microbiana; <sup>2</sup>Eficiência da síntese de proteína microbiana. EPM, Erro padrão da média; L, efeito linear; Q, Efeito quadrático.

O tempo gasto com alimentação e ruminação diminuiu linearmente com a substituição da silagem de milho por palma forrageira ( $P < 0,05$ ; Tabela 5). O tempo de ócio e a eficiência de alimentação e ruminação relacionada à MS aumentaram linearmente ( $P < 0,05$ ). Já a eficiência de alimentação e ruminação relacionada à FDN permaneceram inalteradas ( $P > 0,05$ ; Tabela 5).

Tabela 5. Comportamento ingestivo e eficiência de alimentação e ruminação de vacas em lactação

Item	Níveis de substituição de SM %				EPM	P-valor	
	0	18.5	37	55.5		L	Q
<i>Comportamento ingestivo (h)</i>							
Alimentação	6,35	5,98	5,29	5,04	0,14	0,0000	0,4258
Ócio	7,65	8,79	9,79	9,88	0,26	0,0000	0,0546
Ruminação	10,00	9,23	8,92	9,08	0,30	0,0377	0,1401
<i>Eficiência de alimentação (g/h)</i>							
Consumo MS <sup>1</sup>	2816,48	3104,18	3576,32	3771,75	81,15	0,0000	0,5478
Consumo FDN <sup>2</sup>	1281,18	1297,69	1376,10	1352,13	37,07	0,0993	0,5468
<i>Eficiência de ruminação (g/h)</i>							
Consumo MS	1788,90	1970,77	2148,05	2056,25	68,16	0,0058	0,0630
Consumo FDN	814,48	827,99	826,40	737,47	26,63	0,0697	0,0764

<sup>1</sup>Matéria seca, <sup>2</sup>Fibra em detergente neutro. EPM, Erro padrão da média; L, efeito linear; Q, Efeito quadrático.

A produção de leite (PL), produção de leite corrigida (PLCG) para 3,5% de gordura (kg/dia) e a produção de leite corrigido para energia (PLCE) aumentaram linearmente ( $P < 0,05$ ) com a substituição. Os componentes do leite (gordura, proteína, lactose e sólidos totais), bem como a eficiência alimentar não foram alterados pela inclusão de palma em substituição a silagem de milho ( $P > 0,05$ ) (Tabela 6).

Tabela 6. Produção e composição do leite e eficiência alimentar em vacas holandesas alimentadas com níveis crescentes de palma forrageira em substituição a silagem de milho

Item	Níveis de substituição de SM %				EPM	Valor p	
	0	18,5	37	55,5		L	Q
Produção de leite, kg/dia	20,82	21,71	21,55	22,12	0,2113	0,0012	0,4236
PLCG <sup>1</sup> , kg/dia	21,38	22,54	22,65	23,30	0,4822	0,0157	0,4123
PLCE <sup>2</sup> , kg/dia	21,19	23,37	23,91	25,65	0,8590	0,0181	0,3874
Gordura, g/100g	3,67	3,74	3,82	3,79	0,1232	0,0946	0,3841
Proteína, g/100g	3,13	3,13	3,22	3,17	0,0304	0,1308	0,3943
Lactose, g/100g	4,46	4,5	4,49	4,57	0,0401	0,0888	0,3986
Sólidos Totais, g/100g	12,23	12,37	12,56	12,60	0,1007	0,0791	0,3567
Eficiência alimentar, kgPL/ kgCMS	1,20	1,21	1,14	1,19	0,0134	0,4588	0,4587

<sup>1</sup>Produção de leite corrigido para gordura 3,5%. <sup>2</sup>Leite corrigido para energia. CMS, Consumo de matéria seca; EPM, Erro padrão da média; L, efeito linear; Q, Efeito quadrático.

## DISCUSSÃO

O alto conteúdo de parede celular da silagem de milho pode ser resultado da baixa proporção de grãos, isso afeta negativamente no valor energético da silagem, um aspecto que depende diretamente da proporção de espigas, folhas e caules no material a ser ensilado.

Entre os fatores relacionados ao aumento da ingestão, dois em particular podem ter contribuído. A substituição promoveu menor consumo de FDN e FDNi, uma vez que os teores de FDN e FDNi da silagem de milho são superiores aos da palma forrageira (558,8 vs. 272,4 e 183,6 vs. 134,5 g/kg MS). Gadeken e Casper (2017) relataram menor consumo de MS para um maior nível de FDNi nas dietas. Além disso, a inclusão de palma forrageira aumentou gradativamente os níveis de CNF nas dietas e, conseqüentemente, a relação CNF: FDN, comportamento que vários autores associam ao aumento da taxa de passagem, refletindo aumento da ingestão de MS (MA et al., 2015; SIQUEIRA et al., 2017). Siqueira et al. (2017) observaram que a substituição do feno de Tifton 85 por palma forrageira em dietas para bovinos aumentou o consumo de MS.

A ingestão de FDN tem sido usada para prever a fração ótima de forragem para dietas de vacas leiteiras. Oliveira et al. (2011) analisaram dados de seis experimentos em condições tropicais, utilizando vacas leiteiras com média de 23,6 kg/dia de produção de leite e silagem de milho como fonte de volumoso (57% MS da dieta). Verificaram redução na ingestão de MS relacionada à repleção ruminal, devido ao teor de FDN na silagem de milho. O consumo médio de FDN foi de 13,2 g/kg de PC, valor próximo ao obtido no estudo atual (14,1 g / kg de PC).

De acordo com a equação e as exigências nutricionais de energia e proteína (NRC, 2001), sem perda ou ganho de peso, o conteúdo energético líquido e de proteína bruta das dietas deve ser de 1,34 Mcal/kg de MS e 141 g/kg de MS, respectivamente. O conteúdo energético e proteico das dietas deste estudo não influenciou o consumo de MS, uma vez que as composições químicas das dietas foram muito semelhantes (Tabela 2). No entanto, os teores energéticos e proteicos das dietas experimentais ficaram ligeiramente acima das exigências nutricionais propostas pelo NRC (2001) para 20 kg/dia de leite com 3,5% de gordura para 0% de substituição da dieta, fato que explica o aumento de 1,38 kg produção de leite.

A produção máxima de leite foi de 23,33 kg/dia ( $Y = 21,587 + 0,0317X$ ;  $r^2 = 0,90$ ;  $P = 0,0156$ ). De acordo com o NRC (2001), a exigência de consumo de MS para vacas neste nível de produção, associado às demais características do animal (semanas de lactação e PC), seria de 18,8 kg MS/dia. Isso aumenta a possibilidade de limitação da ingestão por efeito de enchimento, pois quando não houve substituição da silagem de milho, o consumo foi de 17,68 kg/dia, aumentando linearmente em função de sua substituição por palma forrageira ( $Y = 17,7 + 0,0197X$ ;  $r^2 = 0,73$ ;  $P = 0,0003$ ), atingindo um consumo máximo estimado de 18,78 kg de MS/dia com 55,5% de substituição.

Como foi observado, para dietas com maior proporção de palma forrageira (55,5% de substituição), o consumo total de alimentos foi 53% superior ao da dieta sem palma, representando um alto índice de umidade (63,4%). Segundo Miller-Cushon e DeVries (2009) e Felton e DeVries (2010), isso poderia ter um efeito negativo no consumo de MS; no entanto, tal fato não ocorreu no presente estudo.

A ingestão de MO e CNF aumentou de acordo com o aumento do consumo de MS e, no caso do CNF, com a substituição da silagem de milho por palma forrageira. O consumo de PB deveria apresentar o mesmo padrão do consumo de MS, uma vez que as dietas eram isonitrogenadas, porém não foi alterado com a substituição. Provavelmente, houve uma seleção discreta dos animais, embora a proporção de sobras ter ficado em torno de 0,857 g/kg de MS.

Devido à maior degradação ruminal da palma forrageira, a fermentação ruminal e a síntese de proteína microbiana são maximizadas (FERREIRA et al., 2009). Apesar do aumento nos níveis de CNF com a inclusão de palma em substituição a silagem de milho, não houve alteração na digestibilidade de nenhum nutriente. A adição de ingredientes

com maior nível de CNF, como a palma forrageira, causa aumento na taxa de passagem e, conseqüentemente, menor tempo de exposição à microbiota ruminal (CHANJULA et al., 2014; SIQUEIRA et al., 2017).

Segundo Phuong et al. (2013), a eficiência de utilização de energia é altamente correlacionada à eficiência de uso de nitrogênio. Eficiência refere-se à entrada de componentes da dieta e dos produtos que são gerados (energia ou nitrogênio ou nitrogênio do leite: consumo de energia ou nitrogênio; Dijkstra et al., 2011). A eficiência média de utilização de N foi de 24%, corroborando com os resultados encontrados por Dijkstra et al. (2011), Barros et al. (2017b) e Broderick et al. (2015), que variou de 15 a 40%, com uma média de 25%. Além disso, um aumento na produção de leite, sem aumentar o nível de proteína na dieta, aumenta a eficiência do leite, tendo um pequeno impacto sobre o N excretado no ambiente (HUHTANEN; HRISTOV, 2009).

A eficiência do uso de N também pode ser refletida em uma baixa concentração de NUL, bem como baixos níveis de N ureia na urina (HUHTANEN et al., 2015). A redução linear observada da NUL ocorreu devido a uma maior proporção de CNF, permitida pela palma forrageira, energia prontamente disponível para os microrganismos ruminais, proporcionando melhor sincronização da disponibilidade de energia no rúmen com a taxa de degradação da proteína.

Além disso, a diminuição observada no NUL pode estar relacionada às diferentes frações proteicas das dietas experimentais, silagem de milho em condições tropicais (N = 351; Valadares et al., 2017) apresenta 7,18% de PB e 3,33% de nitrogênio não-proteico (NPN), na base de MS, o que significa que 46,4% da proteína é formada por NNP, conseqüentemente, há uma diminuição do NNP com a substituição da silagem por palma.

Outro ponto verificado foi a redução de 26% da ureia na urina quando a silagem de milho foi substituída por 55,5% por palma forrageira. Alta concentração de ureia na urina representa uma importante implicação energética para o animal, visto que são utilizados 12 kcal por liberação de N durante a conversão de amônia em ureia no fígado (VAN SOEST, 1994). Para a substituição de 55,5% da silagem pela palma, houve uma redução linear de 76,61 mg/kg de PC na excreção urinária de nitrogênio, com uma economia energética estimada de 919,32 kcal. Considerando que 700 kcal de energia líquida são necessários para produzir 1 kg de leite com 3,6% de gordura e 3,2% de proteína bruta (NRC, 2001), esse gasto de energia equivale a uma produção de leite de



1,3 kg/dia. Da mesma forma, o padrão observado para o NUL ocorreu para a N ureia na urina e, como foi mencionado, também se relacionou com a concentração de NNP nas dietas experimentais, que diminuíram de acordo com a substituição.

Baixas concentrações de amônia no rúmen também indicam eficiência no uso de nitrogênio da dieta devido à sincronização de acordo com a energia disponível. Houve redução linear nas concentrações de NH<sub>3</sub> ruminal para os níveis de substituição (0, 18,5, 37 e 55,5% SM;  $Y = -0,0385X + 18,002$ ,  $r^2 = 0,78$ ,  $P = 0,0128$ ). Foi observada uma diminuição na concentração de amônia ruminal ao substituir a forragem de origem tropical, com alto teor de fibras, por palma forrageira, que apresentam alto teor de CNF (BISPO et al., 2007).

A redução do N na urina está relacionada a um aumento na síntese de proteína microbiana (BRODERICK et al., 2008). Houve um aumento linear na síntese de proteína microbiana quando a silagem de milho foi substituída pela palma forrageira. Portanto, a palma pode ajudar a reduzir a carga de compostos nitrogenados no ambiente, melhorando, assim, o desempenho dos animais.

O valor médio da eficiência de síntese microbiana de 123,83 g PBmic/kg de NDT está próximo do valor de 120 g PBmic / kg de NDT para vacas em condições tropicais (PINA et al., 2010).

A diminuição do tempo de ruminação ocorreu devido à redução na FDN das dietas e consequente aumento na CNF oriunda da palma forrageira. O resultado obtido é um ponto positivo, pois a redução na fibra alimentar pode diminuir o incremento calórico promovido pela fermentação ruminal, auxiliando no conforto térmico de vacas leiteiras em áreas criadas em clima semiárido (ARIELE et al., 2004). Apesar do aumento do consumo de MS, observou-se um decréscimo no tempo de alimentação com a substituição, devido ao processamento da palma em maquinário forrageiro (VILELA et al., 2010).

A eficiência de alimentação e ruminação relacionada a MS aumentou devido à redução dos teores de fibra nas dietas e à qualidade da forragem. Com o aumento do consumo de MS e a diminuição do tempo de alimentação e ruminação houve maior eficiência de alimentação e ruminação (g MS / hora).

Vários fatores podem ter contribuído para a maior produção de leite nas vacas alimentadas com maiores quantidades de palma forrageira. Isto pode ser principalmente

devido a um aumento no consumo de energia líquida da lactação e uma redução na excreção de N ureia na urina, com consequente economia de energia. Outro fator está relacionado ao aumento na produção de proteína microbiana, uma vez que a composição aminoacídica das bactérias ruminais se aproxima mais ao perfil aminoacídico do leite do que qualquer ingrediente dietético, formando, assim, a proteína microbiana ideal a qual se enquadra para o atendimento das exigências de aminoácidos de vacas (TITGEMEYER, 2003). Por fim, uma maior inclusão de palma forrageira proporcionou menor tempo de ruminação, com consequente aumento do tempo ocioso, permitindo inferir um menor incremento calórico para esses animais.

Embora as culturas de milho sejam recomendadas para regiões semiáridas (NEVES et al., 2015; VITÓRIA et al., 2011), a produção de milho tem sido altamente afetada pelas mudanças climáticas em regiões secas (TAO et al., 2014). Yin et al. (2016) relataram que a precipitação é um fator muito importante na produção de milho. Os déficits de água em todas as fases de crescimento reduzem o rendimento, indicando que eles devem ser irrigados; no entanto, não há água disponível para essa tecnologia.

Por outro lado, a palma forrageira, além de apresentar baixo risco de cultivo em regiões semiáridas, também já estão disponíveis tecnologias de fácil aplicação (espaçamento, adubação e cultivos culturais), proporcionando uma produção de palma de até 40 a 60 toneladas de matéria seca a cada dois anos (SANTOS et al., 2008). Assim, o produtor de leite precisa, em primeiro lugar, ser um agricultor qualificado, buscando garantir uma maior produção de forragem, em termos de quantidade e qualidade.

Por fim, de acordo com os resultados apresentados, a palma forrageira é uma cultura agrônômica ideal para regiões semiáridas; no entanto, o uso de silagem não pode ser descartado, uma vez que a palma têm baixo teor de FDN e deve ser fornecida com uma fonte de fibra, principalmente considerando a produção de leite observada neste estudo, que é alta em termos de produção no Brasil. Pesquisadores mostraram que a associação de palma com outras fontes de volumoso de baixa qualidade (que não a silagem de milho) promove uma produção satisfatória de leite, por exemplo, com silagem de cana-de-açúcar (MONTEIRO et al., 2018; SILVA et al., 2018), bagaço de cana (FREITAS, 2017) e silagem de sorgo (MELO et al., 2006).

## CONCLUSÕES

Para maximizar o desempenho de vacas leiteiras com produção média de 23 kg/dia em regiões semiáridas recomenda-se uma dieta composta de 366,0 g/kg de MS de palma forrageira, 290,0 g/kg de MS de silagem de milho e 344,0 g/kg de MS de concentrado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIDI, S.; BEN SALEM, H.; VASTA, V.; PRIOLO, A. Supplementation with barley or spineless cactus (*Opuntia ficus indica* f. inermis) cladodes on digestion, growth and intramuscular fatty acid composition in sheep and goats receiving oaten hay. **Small Rumin Res.** 87, 9–16, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.09.004>.

ARIELI, A.; RUBINSTEIN, A.; MOALLEM, U.; AHARONI, Y. The effect of non forage fibre on energy balance and feeding behaviour of heat stressed cows. **J Anim Feed Sci.** 13, 615–618, 2004. <https://doi.org/10.22358/jafs/74067/2004>

AOCS. **Official Methods and Recommended Practices of the AOCS.** Fifth ed. Champaign, Illinois, USA, 2004.

AOAC. **Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists.** Eighteenth ed. International, Gaithersburg, USA, 2005.

BARROS, L.J.A. et al. Replacement of Tifton hay by spineless cactus in Girolando post-weaned heifers' diets. **Trop. Anim. Health Prod.** 49, 1–6, 2017a. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1415-4>.

Barros, T. et al. Relative partitioning of N from alfalfa silage, corn silage, corn grain and soybean meal into milk, urine, and feces, using stable <sup>15</sup>N isotope. **Anim. Feed Sci. Technol.** 229, 91–96, 2017b. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.05.009>.

BEN SALEM, H. Nutritional management to improve sheep and goat performances in semiarid regions. **R. Bras. Zootec.** 39, 337–347, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300037>.

BERMAN, R.; QUINN, C.; PAAVOLA, J. The role of institutions in the transformation of coping capacity to sustainable adaptive capacity. **Environ. Dev.** 2, 86–100, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envdev.2012.03.017>.

BISPO, S.V. et al. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **R. Bras. Zootec** 36, 1902–1909, 2007. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000800026>.

BRODERICK, G.A.; CLAYTON, M.K. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. **J. Dairy Sci.** 80, 2964–2971, 1997. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76262-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76262-3).

BRODERICK, G.A.; FACIOLA, A.P.; ARMENTANO, L.E. Replacing dietary soybean meal with canola meal improves production and efficiency of lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.** 98, 5672–5687, 2015. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9563>.

BRODERICK, G.A. et al. Effect on production of replacing dietary starch with sucrose in lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.** 91, 4801–4810, 2008. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1480>.

CHANJULA, P.; PAKDEECHANUAN, P.; WATTANASIT, S. Effects of dietary crude glycerin supplementation on nutrient digestibility, ruminal fermentation, blood metabolites, and nitrogen balance of goats. **Asian-Australas J. Anim. Sci.** 27, 365–374, 2014. <https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13494>.

CHEN, X.B.; GOMES, M.J. **Estimation of Microbial Protein Supply to Sheep and Cattle Based on Urinary Excretion of Purine derivatives - an overview of Technical Details.** International Feed Research Unit. Rowett Research Institute, Aberdeen, UK, 1992.

CHIZZOTTI, M.L. et al. Determination of creatinine excretion and evaluation of spot urine sampling in Holstein cattle. **Livest. Sci.** 113, 218–225, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.03.013>.

COSTA, C.T.F. et al. Intake, total and partial digestibility of nutrients, and ruminal kinetics in crossbreed steers fed with multiple supplements containing spineless cactus

enriched with urea. **Livest. Sci.** 188, 55–60, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.04.008>.

DIJKSTRA, J.; OENEMA, O.; BANNINK, A. Dietary strategies to reducing N excretion from cattle: implications for methane emissions. **Curr. Opin. Environ. Sustain.** 3, 414–422, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2011.07.008>.

DUBEUX Jr, J.C.B. et al. Forage potential of cacti on drylands. **Acta Hortic** 1067, 181–186, 2015. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1067.24>.

FELTON, C.A.; DEVRIES, T.J. Effect of water addition to a total mixed ration on feed temperature, feed intake, sorting behavior, and milk production of dairy cows. **J Dairy Sci** 93, 2651–2660, 2010. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-3009>.

FERREIRA, M.A.; SILVA, F.M.; BISPO, S.V.; AZEVEDO, M. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semiárido do Brasil. **R. Bras. Zootec** 38, 322–329, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001300032>.

FREITAS, W.R. **Bagaço De Cana De Açúcar Como Volumoso Exclusive Para Vacas Em lactação**. 61f. Tese (Zootecnia). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil, 2017.

GADEKEN, D.L.; CASPER, D.P. Evaluation of a high forage total mixed ration on the lactational performance of late lactation dairy cows. **Transl. Anim. Sci.** 1, 108–115, 2017. <https://doi.org/10.2527/tas2016.0011>.

GONZÁLEZ-RONQUILLO, M.; BALCELLS, J.; GUADA, J.A.; VICENTE, F. Purine derivative excretion in dairy cows: endogenous excretion and the effect of exogenous nucleic acid supply. **J. Dairy Sci.** 86, 1282–1291, 2003. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73712-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73712-6).

HALL, M.B. **Neutral Detergent-Soluble carbohydrates**. Nutritional relevance and Analysis. University of Florida, Gainesville, 2000.

HUHTANEN, P.; CABEZAS-GARCIA, E.H.; KRIZSAN, S.J.; SHINGFIELD, K.J. Evaluation of between-cow variation in milk urea and rumen ammonia nitrogen

concentrations and the association with nitrogen utilization and diet digestibility in lactating cows. **J. Dairy Sci** 98, 3182–3196, 2015. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8215>.

HUHTANEN, P.; HRISTOV, A.N. A meta-analysis of the effects of dietary protein concentration and degradability on milk protein yield and milk N efficiency in dairy cows. **J. Dairy Sci.** 92, 3222–3232, 2009. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1352>.

ISO 9622/IDF 141C. **Determination of milk fat, protein, lactose, and urea content:** guidance on the operation of mid-infrared instruments. Bruxelles 14, 2013.

KÖPPEN, W. **Climatology:** Earth climate studies. México: Fondo de Cultura Económica. pp. 478, 1948.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Anim. Feed Sci. Technol.** 57, 347–358, 1996. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00837-3](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00837-3).

LINS, S.E.B. et al. Spineless cactus as a replacement for wheatbran in sugar cane-based diets for sheep: intake, digestibility, and ruminal parameters. **R. Bras. Zootec.** 45, 26–31, 2016. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902016000100004>.

MA, T.; TU, Y.; ZHANG, N.F.; DENG, K.D.; DIAO, Q.Y. Effect of the ratio of non-fibrous carbohydrates to neutral detergent fiber and protein structure on intake, digestibility, rumen fermentation, and nitrogen metabolism in lambs. **Asian-Australasian J. Anim. Sci.** 28, 1419–1426, 2015. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0025>.

MAHOUACHI, M.; ATTI, N.; HAJJI, H. Use of spineless cactus (*Opuntia ficus indica* F. *Inermis*) for dairy goats and growing kids: impacts on milk production, kid's growth, and meat quality. **Sci. World J.** 2012. <https://doi.org/10.1100/2012/321567>. 321567 ID.

MARENGO, J.A.; TORRES, R.R.; ALVES, L.M. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. **Theor. Appl. Climatol.** 129, 1189–1200, 2016. <https://doi.org/10.1007/s00704-016-1840-8>.

MELO, A.A.S. et al. Desempenho leiteiro de vacas alimentadas com caroço de algodão em dieta à base de palma forrageira. **Pesq. Agropec. Bras** 41, 1165–1171, 2006. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204x2006000700013>.

MDA, 2017. Ministério da Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário (MDA). **Brasil: 70% dos alimentos que vão à mesa dos brasileiros são da agricultura familiar**. Brasília, Brasil. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/sitemda/noticias/brasil-70-dos-alimentosque-v%C3%A3o-%C3%A0-mesa-dos-brasileiros-s%C3%A3o-da-agricultura-familiar>. Acesso em: 15 mar. 2018.

MILLER-CUSHON, E.K.; DEVRIES, T.J. Effect of dietary dry matter concentration on the sorting behavior of lactating dairy cows fed a total mixed ration. **J. Dairy Sci.** 92, 3292–3298, 2009. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1772>.

MONTEIRO, C.C.F. et al. A new cactus variety for dairy cows in areas infested with *Dactylopius opuntiae*. **Animal Prod. Sci.**, 2018. <https://doi.org/10.1071/AN17256>.

MONTEIRO, C.C.F. et al. Replacement of wheat bran with spineless cactus (*Opuntia ficus indica* Mill cv Gigante) and urea in the diets of Holstein x Gyr heifers. **Trop. Anim. Health Prod.** 46, 1149–1154, 2014. <https://doi.org/10.1007/s11250-014-0619-0>.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrients Requirements of the Dairy Cattle. In: Washington, D.C. (Ed.), Nutrients Requirements of the Dairy Cattle, seventh ed. Nacional Academies of Science, 2001.

NEVES, A.L.A. et al. Agronomic characteristics of corn cultivars for silage production. **Semina: Ciênc. Agrár.** 36, 1799–1806, 2015. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n3Sup1p1799>.

OLIVEIRA, A.S. et al. Substituição do milho por casca de café ou de soja em dietas para vacas leiteiras: consumo, digestibilidade dos nutrientes, produção e composição do leite. **R. Bras. Zootec.** 36, 1172–1182, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000500026>.

PHUONG, H.N.; FRIGGENS, N.C.; BOER, I.J.M.; SCHMIDELY, P. Factors affecting energy and nitrogen efficiency of dairy cows: a meta-analysis. **J. Dairy Sci.** 96, 7245–7259, 2013. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6977>.

PINA, D.S.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C.; CHIZZOTTI, M.L. Degradação ruminal da proteína dos alimentos e síntese de proteína microbiana. In: **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR-Corte**. Viçosa, MG. pp. 142 second ed., 2010.

SANTOS, D.C. et al. Características agronômicas de clones palma resistentes a cochonilha do carmim em Pernambuco. In: Congresso Nordestino de Produção Animal. **Anais...** Aracaju, SE, 2008.

SILVA, R.C. et al. Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw.) spineless cactus as an option in crossbred dairy cattle diet. **S. Afri. J. Anim. Sci.** 48, 516–525, 2018. <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v48i3.12>.

SIQUEIRA, M.C.B. et al. Optimizing the use of spineless cactus in the diets of cattle: total and partial digestibility, fiber dynamics and ruminal parameters. **Anim. Feed Sci. Technol.** 226, 56–64, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.12.006>.

SKLAN, D. et al. Fatty acids, calcium soaps of fatty acids and cottonseeds fed to high yielding cows. **J. Dairy Sci.** 75, 2463–2472, 1992. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)78008-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)78008-4).

TAO, F.; ZHANG, S.; ZHANG, Z.; RÖTTER, R.P. Maize growing duration was prolonged across China in the past three decades under the combined effects of temperature, agronomic management, and cultivar shift. **Glob. Change Biol.** 20, 3686–3699, 2014. <https://doi.org/10.1111/gcb.12684>.

TITGEMEYER, E.C. Amino acid utilization by growing and finishing ruminants. In: D'MELLO, JPF (Ed.), **Amino Acids in Animal Nutrition**. Cambridge MA. pp. 329–346, 2003.



TORRES, L.C.L. et al. Substituição da palma-gigante por palma-miúda em dietas para bovinos em crescimento e avaliação de indicadores internos. **R. Bras. Zootec.** 38, 2264–2269, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001100028>.

TYRREL, H.F.; REID, J.T. Prediction of the energy value of cows milk. **J. Dairy Sci.** 48, 1215–1223, 1965. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(65\)88430-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(65)88430-2).

VALADARES FILHO, S.C.; MACHADO, P.A.S.; CHIZZOTTI, M.L. CQBAL 3.0. **Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos**, 2017. Disponível em: <http://www.ufv.br/cqbal>. Acesso em: 8 dec. 2017.

VALADARES, R.F.D.; BRODERICK, G.A.; VALADARES FILHO, S.C.; CLAYTON, M.K. Effect of replacing alfalfa with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. **J. Dairy Sci.** 8, 2686–2696, 1999. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75525-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75525-6).

VALENTE, T.N.P.; DETMANN, E.; SAMPAIO, C.B. Review: recent advances in evaluation of bags made from different textiles used in situ ruminal degradation. **Can. J. Anim. Sci.** 95, 493–498, 2015. <https://doi.org/10.4141/cjas-2015-100>.

VAN SOEST, P.J. Nutritional Ecology of the Ruminant. Cornell University Press, Ithaca, 1994.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **J. Dairy Sci.** 74, 3583–3597, 1991. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2).

VILELA, S. et al. Effect of processing and feeding strategy of the spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* Mill.) for lactating cows: Ingestive behavior. **Appl Anim Behav Sci.** 125, 1-8, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2010.03.005>

VITÓRIA, E.L.; LONGUI, F.C.; FERNANDES, H.C.; GUIMARÃES FILHO, C.C. Influência do tipo de preparo do solo e velocidade de semeadura em características agrônômicas da cultura do milho. **R. Agrotec.** 2, 44–52, 2011. <https://dx.doi.org/10.12971/2179-5959.v02n02a04>.

YIN, X.G. et al. Effects of climatic factors, drought risk and irrigation requirement on maize yield in the Northeast Farming Region of China. **J. Agric. Sci.** 154, 1171–1189, 2016. <https://doi.org/10.1017/S0021859616000150>.

## **CAPÍTULO 2**

---

**Efeitos da palma forrageira [*Opuntia stricta* (Haw.) Haw] sobre o perfil de ácidos graxos no leite de vacas da raça Holandesa**

## **Efeitos da palma forrageira [*Opuntia stricta* (Haw.) Haw] sobre o perfil de ácidos graxos no leite de vacas da raça Holandesa**

### **RESUMO**

Objetivou-se avaliar o efeito da substituição da silagem de milho por palma orelha de elefante mexicana (0; 18,5; 37,0 e 55,5%, com base na MS) sobre o perfil de ácidos graxos do leite. Foram utilizadas 12 vacas da raça Holandesa ( $20 \pm 2,7$  kg / dia de leite,  $530 \pm 35$  kg de peso corporal, 84 dias em leite) distribuídas em três quadrados latinos ( $4 \times 4$ ). O experimento foi constituído de quatro períodos, com duração de 21 dias cada, sendo os 14 primeiros para adaptação às dietas e os demais para coleta de dados e amostras. A substituição da silagem de milho pela palma forrageira aumentou linearmente a concentração dos ácidos graxos saturados C5:0, C8:0, C9:0, C10:0, C11:0, C12:0, C14:0, C15:0, C16:0, C17:0. Já os ácidos C18:0, C20:0, C21:0, C22:0 e C24:0 diminuíram linearmente. O ácido oleico (C18:1 cis9) diminuiu linearmente, enquanto o ácido CLA trans10 cis12 apresentou efeito quadrático com a substituição. Os isômeros CLA (cis9 trans11 e trans9 cis11) não foram alterados pela substituição, assim como os índices de atividade da enzima esteroil-CoA dessaturase-1 (SCD-1). O somatório da concentração de ácidos graxos de cadeia longa (AGCL) e monoinsaturados (AGMI) diminuíram linearmente com a substituição, enquanto o somatório dos ácidos graxos saturados (AGS), poliinsaturados (AGPI) e ômega-6 aumentaram linearmente. O somatório dos ácidos graxos de cadeia curta, cadeia média, CLA e ômega-3 não foram alterados pela substituição da silagem de milho pela palma forrageira. Os índices de qualidade nutricional da gordura do leite aterogenicidade (IA), trombogenicidade (IT) e a razão  $\omega$ -6: $\omega$ -3 aumentaram linearmente com a substituição da silagem de milho pela palma forrageira. Já o índice hipo:hipercolesteronêmico (h/H) diminuiu linearmente. A substituição da silagem de milho por palma forrageira modifica o perfil de ácidos graxos do leite.

**Palavras-chave:** Biohidrogenação. Cochonilha do carmim. CLA. Gordura do leite. Síntese *de novo*.

**Effects of cactus [*Opuntia stricta* (Haw.) Haw] cladodes on the fatty acid profile in  
milk of Holstein cows**

**ABSTRACT**

This study aimed to investigate the effect of replacing corn silage with cactus *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. cladodes (cactus *Opuntia*) (0, 18.5, 37.0, and 55.5%, on a DM basis) in the diets for lactating dairy cows. Twelve Holstein cows ( $20 \pm 2.7$  kg/day milk,  $530 \pm 35$  kg of body weight, 84 days in milk) were distributed in threec ( $4 \times 4$ ) Latin squares. The experiment consisted of four periods, each lasting 21 days, the first 14 days for adaptation to diets and seven to and data samples collection. The replacement of corn silage for cactus cladodes linearly increased the concentration of the saturated fatty acids C5:0, C8:0, C9:0, C10:0, C11:0, C12:0, C14:0, C15:0, C16:0, C17:0. The acids C18:0, C20:0, C21:0, C22:0 and C24:0 were linearly reduced. The oleic acid (C18:1 cis9) decreased linearly, whereas CLA t10c12 acid showed quadratic effect. The CLA isomers (cis9 trans11 and trans9 cis11) were not altered by substitution, as were stearoyl-CoA desaturase-1 (SCD-1) enzyme activity indexes. The total of the concentration of long chain fatty acids and monounsaturated fatty acids (MUFAs) decreased linearly with substitution. While the total of saturated fatty acids (SFAs), polyunsaturated fatty acids (PUFAs) and  $\omega$ -6 increased linearly. The total of the short chain, medium chain, CLA and  $\omega$ -3 fatty acids were not altered by the substitution of corn silage for the cactus cladodes. The nutritional quality indexes of milk fat (A), thrombogenicity (IT) and the  $\omega$ -6:  $\omega$ -3 ratio increased linearly with the replacement of corn silage by cactus cladodes. The hypo: hypercholesteronic (h / H) index decreased. The replacing corn silage with cactus cladodes modifies the fatty acid profile of milk.

**Keywords:** Biohydrogenation. Carmine cochineal. CLA. Milk fat. *De novo* synthesis.

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem-se percebido uma grande preocupação com a saúde humana no que diz respeito à qualidade do alimento que está disponível no mercado, dentre eles o leite. Nesse sentido, os alimentos classificados como nutracêuticos e seus efeitos sobre a saúde humana tem ganhado espaço no âmbito da pesquisa. Definem-se como nutracêuticos alimentos ou parte de alimento que proporcionam benefícios à saúde humana, incluindo a prevenção e/ou tratamento de doenças (TRIPATHI, 2014).

Além da composição centesimal do leite (teor de gordura, proteína, lactose e sólidos totais), outros aspectos estão relacionados à qualidade, como o perfil de ácidos graxos na gordura do leite. Dietas convencionais, à base de alimentos conservados ou com baixo teor de extrato etéreo, comumente utilizadas para vacas em lactação tem aumentado a concentração de ácidos graxos saturados no leite (THAN et al., 2015; LIU et al., 2016; SANTIAGO et al., 2019). Alto teor de gorduras saturadas na alimentação humana pode causar riscos à saúde, como doenças cardiovasculares (JOYCE et al., 2009), enquanto ácidos graxos insaturados estão relacionados às melhorias na saúde (SANTIN JUNIOR, 2019).

A composição da gordura do leite é dependente do processo de biohidrogenação de ácidos graxos no rúmen (JENKINS et al., 2008). Nesse processo há a transformação de ácidos graxos insaturados em saturados por atividades metabólicas dos microrganismos ruminais. É possível ocorrer alterações durante o processo, aumentando a composição de ácidos graxos insaturados, notadamente os ácidos linoleicos conjugados (CLAs) e o ômega-3 (CÔRTEZ et al., 2010).

O perfil de ácido graxo no leite de vacas pode ser alterado pela alimentação (DEWHURST et al. 2006; HAN et al., 2014). Estudos recentes mostraram que altas quantidades de concentrado na dieta alteram o perfil de ácido graxo no leite, devido ao elevado teor de CNF (37 e 47%) por alterar o processo de fermentação ruminal (LIU et al., 2016; MARÍN et al., 2018). Além disso, dietas com elevado conteúdo de CNF possuem alta degradabilidade ruminal o que favorece a uma rápida taxa de passagem (MA et al., 2015; SIQUEIRA et al., 2017), resultando uma incompleta biohidrogenação ruminal (BRITO et al., 2015).

Produtores de regiões semiáridas apresentam dificuldade de cultivar milho para silagem na propriedade, devido ao alto risco da cultura que necessita de estabilidade

hídrica (TAO et al. 2014). Dessa forma, a palma forrageira, cultura adaptada à região, tem sido uma opção viável para alimentação de ruminantes, principalmente por seu aporte energético, dado ao alto conteúdo de carboidratos não fibrosos (MAHOUACHI et al., 2012; MONTEIRO et al., 2014; SILVA et al., 2018; MORAES et al., 2019).

Apesar da importância de determinar o perfil de ácidos graxos da gordura do leite, a maioria das pesquisas com palma forrageira na alimentação de vacas leiteiras avalia apenas o efeito da palma sobre o desempenho, produção e composição centesimal do leite (MELO et al., 2006; SILVA et al., 2018; MONTEIRO et al., 2018; PAULA et al., 2019). Dessa forma, hipotetizou-se que a palma forrageira modifica o perfil de ácidos graxos no leite devido seu alto teor de CNF.

Objetivou-se avaliar o efeito da substituição da silagem de milho pela palma orelha de elefante mexicana sobre o perfil de ácidos graxos da gordura do leite na dieta de vacas em lactação.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Os procedimentos deste trabalho foram conduzidos de acordo com as diretrizes estabelecidas pelo Comitê de Ética na Utilização de Animais (CEUA) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (Licença nº 068/2016). O experimento foi conduzido na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), localizada no município de São Bento do Una, estado de Pernambuco – Brasil, caracterizado pelo clima semiárido Bsh (KOOPEN, 1948).

Foram utilizadas 12 vacas da raça Holandesa, com produção de  $20 \pm 2,7$  kg/dia, com  $530 \pm 35$  kg de peso corporal e 12 semanas de lactação, distribuídas em três quadrados Latinos (4x4). O período experimental totalizou 84 dias e foi dividido em quatro períodos de 21 dias cada, com os 14 primeiros para adaptação dos animais às dietas experimentais, seguidos de sete dias para coleta de dados e amostras. O peso corporal (PC) individual das vacas foi mensurado no início e no final de cada período experimental, após a ordenha.

As vacas foram alojadas em baias individuais, com aproximadamente 24m<sup>2</sup>, providas de bebedouros e comedouros individuais.

As dietas experimentais consistiram de quatro diferentes níveis de substituição da silagem de milho (cultivar AG5055 da Agroceres®: Grão semiduro amarelo-alaranjado e de ciclo precoce) pela palma Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw) (0; 18,5; 37; 55,5%). A relação volumoso:concentrado foi de 65:35 e as dietas foram formuladas isonitrogenadas (15% proteína bruta (PB)). A dieta base (0% palma forrageira) foi formulada de acordo o NRC (2001) para atendimento de exigências de nutrientes de vacas produzindo 20 kg de leite por dia corrigido para 3,5% de gordura de acordo com o NRC (2001), considerando a composição dos ingredientes.

A ração foi fornecida *ad libitum* na forma de mistura total, ofertada em duas refeições (7h00 e 16h00), permitindo-se de 5 a 10% de sobras. Nas Tabelas 1 e 2 apresentam-se a composição química dos ingredientes, composição percentual e química das dietas experimentais.

Tabela 1. Composição química dos ingredientes das dietas experimentais (g/kg MS).

Composição química	Ingredientes					
	Silagem de milho	Palma OEM	Milho moído	Farelo de soja	Farelo de algodão	Caroço de algodão
Matéria seca, g/kg MN	284,3	107,7	890,5	907,5	907,4	923,6
Matéria orgânica	940,3	893,2	982,9	934,5	934,5	931,6
Proteína bruta	80,0	63,6	86,6	464,7	396,3	235,9
Fibra em detergente neutro cp <sup>a</sup>	558,8	272,4	114,9	287,6	334,9	334,4
Carboidratos não fibrosos	280,4	545,1	731,8	164,7	195,8	151
Extrato etéreo	21,1	12,2	48,6	17,5	7,5	210,3

<sup>a</sup> Corrigido para cinzas e proteína. OEM, Orelha de elefante Mexicana



Tabela 2 - Composição percentual e química das dietas experimentais (g/kg, base MS)

Item	Níveis de Substituição de Silagem de Milho (%)			
	0	18,5	37	55,5
Palma Orelha de elefante mexicana	0,0	122,0	244,0	366,0
Silagem de Milho	656,0	534,0	412,0	290,0
Milho Moído	105,0	101,0	97,0	93,0
Farelo de Soja	103,0	107,0	111,0	115,0
Farelo de Algodão	59,0	59,0	59,0	59,0
Caroço de Algodão	53,0	53,0	53,0	53,0
Ureia+SA <sup>1</sup>	2,6	2,6	2,6	2,6
Sal comum	5,8	5,8	5,8	5,8
Mistura mineral <sup>2</sup>	15,6	15,6	15,6	15,6
Composição química				
Matéria seca	372,1	294,7	244,0	208,4
Extrato etéreo	32,2	31,1	30,0	28,9
Carboidrato não fibroso cp <sup>3</sup>	321,6	354,1	386,3	418,5
Fibra em detergente neutro cp <sup>3</sup>	446,9	411,9	377,0	342,2

<sup>1</sup>Sulfato de amônia. <sup>2</sup>Composição química (nutriente por kg de produto): Ca, 190 g; P, 60 g; S, 20 g; Mg, 20 g; K, 35 g; Na, 70 g; Co, 15 mg; Cu, 700 mg; Cr, 10 mg; Fe, 700 mg; I, 40 mg; Mn, 1600 mg; Se, 19 mg; Zn, 2500 mg; F, 600 mg (produto comercial). <sup>3</sup>Corrigido para cinzas e proteína

Durante o período de coleta foram coletadas amostras de alimentos e sobras (por animal e por período) e foram armazenadas a -20 °C, posteriormente secas em estufa de ventilação forçada a 60°C por 72 horas e processadas em moinho de facas com peneira de 1 mm para análises químicas.

As vacas foram ordenhadas duas vezes ao dia (6h00 e 15h00) e a produção de leite foi registrada do 15<sup>a</sup> ao 21<sup>a</sup> dia de cada período. Amostras de leite (300 ml) foram coletadas, proporcionalmente à produção de cada ordenha, no 18<sup>o</sup> e 19<sup>o</sup> dia, às 6h00 e 15h00 de cada período experimental por meio de copos coletores. Ao final de cada período de coleta uma alíquota foi composta por período e animal e armazenada em recipiente, sem adição de conservantes. O leite, ingredientes dietéticos e sobras obtidas no período de coletas de dados destinadas à determinação de ácidos graxos (AG) foram congelados (-18°C) para serem posteriormente analisadas.

Os ácidos graxos foram determinados por cromatografia gasosa no Laboratório de Cromatografia da Embrapa Gado de Leite, como descrito por Ribeiro et al. (2014). Para a determinação de AG nos ingredientes das dietas e sobras foi utilizado cromatógrafo modelo 6890N equipado com coluna capilar (25 m x 0,20 mm x 0,33 µm) de polietilenoglicol (HP-FFAP, Agilent Technologies Inc., EUA) e detector de ionização de chama (FID). E para determinação de AG nas amostras de leite foi utilizado cromatógrafo modelo 7820A (Agilent Technologies Inc., EUA) equipado com coluna capilar de sílica

fundida (CP-Sil 88, 100 m x 0,25 mm x 0,2 µm, Varian Inc., EUA) e detector de ionização de chama (FID).

Com base no perfil de ácidos graxos do leite foram calculados os índices de aterogenicidade {IA = [(C12:0) + (4 x C14:0) + (C16:0)]/[(AGPI n-6 + AGPI n-3) + (AGMI)]} e de trombogenicidade {IT = [(C14:0) + (C16:0) + (C18:0)]/[(0,5 x AGMI) + (0,5 x AGPI n-6) + (3 x AGPI n-3) + [(n3/n6)]]}, conforme descrito por Barros et al. (2013); e as relações entre AG ômega 6 e ômega 3 ( $\omega$ -6: $\omega$ -3) e entre AG hipo e hipercolesterolêmicos ( $h/H = (C18:1cis-9 + C18:1trans-15 + AGPI n-6 + AGPI n3)/(C12:0 + C14:0 + C16:0)$ ), conforme descrito por Ribeiro et al. (2014). Estes índices têm sido utilizados como indicadores da qualidade nutricional da gordura do leite. Os índices de atividade da enzima esteroil-CoA - 1 (SCD-1) foram calculados para quatro pares de ácidos graxos, expressando cada produto como uma proporção do precursor mais produto: (SCD14 = C14:1 cis-9/14:0 + C14:1 cis-9; SCD16 = C16:1 cis9/16:0 + C16:1 cis-9; SCD18 = C18:1 cis-9/18:0 + C18:1 cis-9; e SCDRA= CLA cis-9 trans-11/C18:1 trans-11 + CLA cis-9 trans-11) (KELSEY et al., 2003).

Os dados foram analisados utilizando o PROC MIXED do software SAS (versão 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC), depois de testados para normalidade residual e homogeneidade da variância, adotando-se nível de significância de 5% para erro tipo I, de acordo com o seguinte modelo:

$$y_{ijkl} = \mu + T_i + Q_j + P_k + (A/Q)_{lj} + T^*Q_{ij} + \varepsilon_{ijkl}$$

onde:  $y_{ijkl}$  = observação  $ijkl$ ;  $\mu$  = média geral;  $T_i$  = efeito fixo do tratamento  $i$ ;  $Q_j$  = efeito fixo do quadrado  $j$ ;  $P_k$  = efeito aleatório do período  $k$ ;  $(A/Q)_{lj}$  = efeito aleatório do animal  $l$  dentro do quadrado  $j$ ;  $T^*Q_{ij}$  = efeito aleatório da interação tratamento  $i$  e quadrado  $j$ ;  $\varepsilon_{ijkl}$  = erro aleatório com a média 0 e variância  $\sigma^2$ .

## RESULTADOS

A substituição da silagem de milho pela palma forrageira aumentou linearmente as concentrações dos ácidos graxos saturados C5:0, C8:0, C9:0, C10:0, C11:0, C:12:0, C14:0, C15:0, C16:0, C17:0. Já os ácidos C18:0, C20:0, C21:0, C22:0 e C24:0 diminuíram linearmente ( $P < 0,05$ ; Tabela 3).

Tabela 3. Perfil de ácidos graxos saturados do leite de vacas holandesas

Ácidos Graxos (g/100g de AG totais)	Níveis de substituição de SM (%)				EPM	Valor de P	
	0	18,5	37	55,5		L	Q
04:00	3,500	3,674	3,486	3,476	0,088	0,520	0,316
05:00	0,023	0,024	0,026	0,027	0,001	0,005	0,910
06:00	2,167	2,265	2,219	2,213	0,042	0,630	0,229
07:00	0,004	0,003	0,004	0,005	0,042	0,396	0,207
08:00	1,245	1,307	1,313	1,314	0,020	0,028	0,142
09:00	0,021	0,024	0,029	0,031	0,002	0,000	0,937
10:00	2,627	2,782	2,906	2,957	0,047	0,000	0,289
11:00	0,099	0,100	0,112	0,118	0,004	0,002	0,572
12:00	3,080	3,257	3,483	3,595	0,058	0,000	0,584
14:00	10,808	10,972	11,219	11,386	0,108	0,001	0,988
15:00	1,263	1,260	1,326	1,396	0,040	0,022	0,387
16:00	33,589	34,062	35,644	35,679	0,261	0,000	0,415
17:00	0,721	0,739	0,776	0,815	0,012	0,000	0,394
18:00	9,626	9,296	8,021	7,897	0,220	0,000	0,647
20:00	0,162	0,154	0,137	0,134	0,002	0,000	0,373
21:00	0,038	0,038	0,035	0,035	0,001	0,001	0,932
22:00	0,060	0,056	0,052	0,051	0,001	0,001	0,269
23:00	0,014	0,015	0,014	0,013	0,000	0,063	0,714
24:00	0,045	0,043	0,039	0,039	0,001	0,000	0,284

AG, ácidos graxos; EPM, Erro padrão da média; L, efeito linear; Q, Efeito quadrático.

Os ácidos graxos palmitoleico (C16:1 cis9) e araquidônico (C20:4 n6) aumentaram com a substituição ( $P < 0,05$ ; Tabela 4). O ácido oleico (C18:1 cis9) diminuiu linearmente, enquanto o ácido CLA t10c12 apresentou efeito quadrático ( $P < 0,05$ ; Tabela 4). O ácido graxo miristoleico (C14:1 cis9) e os isômeros CLA (cis9 trans11 e trans9 cis11) não foram alterados pela substituição, assim como os ácidos eicosadienóico (20:2 n-6), eicosatrienóico (20:3 n-6) e o eicosapentaenoico (20:5 n-3). Os índices de atividade da enzima esteroil-CoA dessaturase-1 (SCD-1) também não foram alterados com a substituição ( $P > 0,05$ ; Tabela 4).

Tabela 4. Perfil de ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados da gordura do leite e índices de atividade da enzima estearoil-CoA dessaturase – 1 (SCD-1) na gordura do leite

Ácidos Graxos (g/100g de AG totais)	Níveis de substituição de SM (%)				EPM	Valor de P	
	0	18,5	37	55,5		L	Q
<i>Monoinsaturados</i>							
14:1 cis-9 (Ac. Miristoléico)	1,0455	1,0032	1,0834	1,0753	0,0346	0,2900	0,6280
16:1 cis-9 (Ac. Palmitoléico)	1,3863	1,3734	1,5141	1,5309	0,0446	0,0110	0,7430
18:1 trans-9 (Ac. Elaídico)	0,1536	0,1575	0,1538	0,1563	0,0043	0,8230	0,8770
18:1 cis-9 (Ac. Oleico)	17,2441	16,0964	14,9167	14,6030	0,1949	0,0000	0,0590
<i>Polinsaturados</i>							
18:2 n-6 (Ac. Y- Linoléico)	1,4541	1,5997	1,8382	1,7678	0,0435	0,0000	0,0250
18:3 n-6 (Ac. Y- Linolênico)	0,0363	0,0354	0,0375	0,0376	0,0019	0,5130	0,7874
20:2 n-6 (Ac. Eicosadienóico)	0,0378	0,0360	0,0368	0,0372	0,0009	0,8400	0,2500
20:3 n-6 (Ac. Eicosatrienóico)	0,0949	0,1021	0,1029	0,0994	0,0027	0,2630	0,0720
20:4 n-6 (Ac. Araquidônico)	0,1636	0,1730	0,1776	0,1795	0,0045	0,0210	0,4200
20:5 n-3 (Ác. Eicosapentaenoico)	0,0140	0,014	0,016	0,016	0,1270	0,1305	0,3458
CLA cis-9 trans-11 (Ac. Rumênico)	0,3807	0,3974	0,3820	0,3639	0,0118	0,2310	0,1590
CLA trans-9 cis-11	0,0171	0,0167	0,0174	0,0162	0,0004	0,3400	0,3640
CLA trans-10 cis 12	0,0060	0,0070	0,0070	0,0061	0,0003	0,9940	0,0150
<i>Índices de atividade enzimática</i>							
SCD <sub>14</sub>	0,087	0,083	0,088	0,085	0,003	0,878	0,740
SCD <sub>16</sub>	0,039	0,038	0,040	0,040	0,001	0,206	0,538
SCD <sub>18</sub>	0,649	0,644	0,660	0,662	0,007	0,088	0,634
SCD <sub>RA</sub>	0,368	0,355	0,365	0,356	0,007	0,397	0,808

AG, ácidos graxos; CLA-ácido linoleico conjugado; EPM, Erro padrão da média; L, efeito linear; Q, Efeito quadrático

Os ácidos graxos de cadeia longa (AGCL) e monoinsaturados (AGMI) diminuiram linearmente com a substituição ( $P < 0,05$ ; Tabela 5), enquanto os ácidos graxos saturados (AGS), polinsaturados (AGPI) e  $\omega$ -6 aumentaram linearmente ( $P < 0,05$ ; Tabela 5). Os ácidos graxos de cadeia curta, cadeia média, CLA e  $\omega$ -3 não foram alterados pela substituição da silagem de milho pela palma forrageira (Tabela 5).

Tabela 5. Somatório por classificação de ácidos graxos do leite de vacas holandesas

Ácidos Graxos (g/100g de AG totais)	Níveis de substituição de SM (%)				EPM	Valor de P	
	0	18,5	37	55,5		L	Q
∑ AGCC	9,848	10,340	10,258	10,298	0,172	0,120	0,208
∑ AGCM	52,076	52,774	54,912	55,343	0,324	0,000	0,676
∑ AGCL	33,328	32,164	29,925	29,425	0,325	0,000	0,032
∑ AGS	70,629	71,527	72,195	72,542	0,311	0,000	0,389
∑ AGMI	23,600	22,526	21,595	21,348	0,248	0,000	0,116
∑ AGPI	2,491	2,677	2,923	2,822	0,054	0,000	0,018
∑ CLA	0,404	0,421	0,406	0,386	0,012	0,227	0,138
∑ ω-3	0,237	0,241	0,250	0,240	0,004	0,333	0,113
∑ ω-6	1,787	1,946	2,193	2,122	0,047	0,000	0,027

AGCC, ácidos graxos de cadeia curta; AGCM, ácidos graxos de cadeia média; AGCL, ácidos graxos de cadeia longa; AGS, ácidos graxos saturados; AGMI, ácidos graxos monoinsaturados; AGPI, ácidos graxos poli-insaturados. CLA, ácido linoleico conjugado; EPM, Erro padrão da média; L, efeito linear; Q, Efeito quadrático

Os índices de qualidade nutricional da gordura do leite aterogenicidade (IA), trombogenicidade (IT) e a razão ω-6:ω-3 aumentaram linearmente com a substituição da silagem de milho pela palma forrageira. Já o índice hipo:hipercolesteronêmico (h/H) diminuiu ( $P < 0,05$ ; Tabela 6).

Tabela 6. Índices de qualidades nutricional da gordura do leite de vacas holandesas

Índices	Níveis de substituição de SM (%)				EPM	Valor de P	
	0	18,5	37	55,5		L	Q
Aterogenicidade (IA)	3,142	3,317	3,533	3,621	0,063	0,000	0,501
Trombogenicidade (IT)	5,130	5,319	5,520	5,558	0,071	0,000	0,306
ω-6: ω-3	7,680	8,291	9,007	9,147	0,163	0,000	0,170
hipo:hipercolesterolêmicos (h/H)	0,415	0,387	0,352	0,343	0,007	0,000	0,155

EPM, Erro padrão da média; L, efeito linear; Q, Efeito quadrático

## DISCUSSÃO

Nesse estudo verifica-se que o leite de vacas alimentadas com a dieta base (0% de substituição) apresentou perfil de ácidos graxos semelhante à de outros trabalhos com silagem de milho como volumoso exclusivo na dieta (VAN GASTELEN et al., 2015; LEITE et al., 2017). Pode-se afirmar que a substituição da silagem de milho pela palma forrageira alterou o perfil de ácido graxos do leite.

Devido a maior disponibilidade de carboidratos rapidamente fermentáveis na palma forrageira há uma maior produção de gases no ambiente ruminal. Tosto et al. (2015) e Lins et al. (2016) observaram aumento na produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) ruminal em vacas alimentadas com dietas contendo alto percentual de

palma forrageira. Vale ressaltar que apesar do aumento na produção de AGCC totais no rúmen, o padrão de fermentação da palma forrageira não altera as proporções molares desses ácidos (SIQUEIRA et al., 2017; SOUZA et al., 2009).

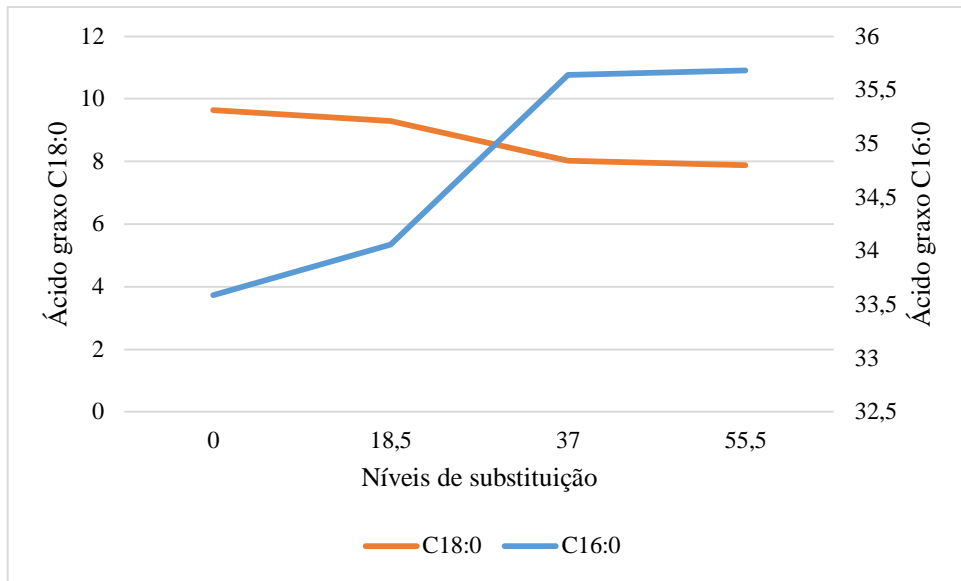
Esses aumentos na concentração dos AGCC ruminal modificam a produção e composição do leite. O propionato é o principal precursor da glicose no fígado e tem associação com o fluxo de glicose para a síntese de lactose na glândula mamária, e assim, promover aumento na produção de leite (FONSECA, 1995). Verifica-se no presente estudo que a substituição da silagem de milho por palma forrageira na dieta de vacas aumentou a produção de leite (21,38 a 23,30 kg/dia).

Já o acetado está relacionado com a composição da gordura do leite, sendo o principal precursor da síntese de ácidos graxos de cadeia curta e média do leite. Seu aumento promove um estímulo na síntese *de novo* na glândula mamária (NUDDA et al., 2014). Urrutia e Harvatine (2017) observaram que altos níveis de acetato no rúmen aumentaram as concentrações dos ácidos graxos <C16:0 e C16:0 no leite de vacas leiteiras. De acordo com os resultados obtidos, independentemente do nível de substituição, verificou-se alta concentração de C16:0, indicando uma característica particular de dietas à base palma forrageira 33,58; 39,32 e 38,96 g/100g AG totais (ROCHA FILHO, 2012; MONTEIRO, 2017; FREITAS, 2017, respectivamente).

Os ácidos graxos de cadeia longa do leite são quase que exclusivamente oriundos da dieta, que chegam à glândula mamária por meio do fluxo sanguíneo. Pode-se inferir que a diminuição na concentração do ácido graxo C18:0 (esteárico) no leite é explicada pela composição do volumosos, uma vez que a silagem de milho possui duas vezes a quantidade de C18:0 quando comparada à palma, 6,95 g/100 g AG vs 3,23 g/100 g AG (VALADARES FILHO et al., 2019; PAULA, 2019, respectivamente).

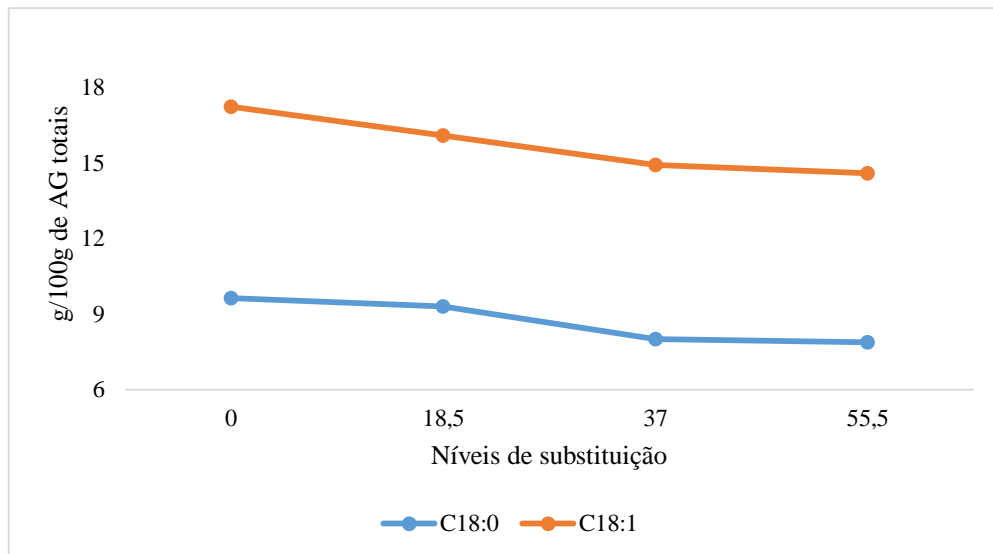
O aumento do ácido graxo C16:0 e a redução do C18:0 no leite parece ser uma característica intrínseca da palma forrageira (Figura 1). Outros estudos com palma forrageira na dieta de vacas (ROCHA FILHO, 2012; FREITAS, 2017) verificaram o mesmo comportamento para esses ácidos.

Figura 1. Ácido graxo C16:0 e C18:0 em g/100g de AG totais no leite de vacas



Cerca de 40% do ácido esteárico (C18:0) absorvido do plasma pela glândula mamária é convertido em oleico (C18:1), pela ação da enzima  $\Delta 9$ -desaturase (SOYEURT et al., 2008). No presente estudo, a concentração de ácido oleico (C18:1) diminuiu com a substituição, possivelmente pela redução do suprimento do ácido esteárico na glândula mamária. Percebe-se claramente o mesmo comportamento para esses ácidos no leite (Figura 2).

Figura 2- Ácidos graxos C18:0 e C18:1 em g/ 100g de AG totais no leite de vacas



A quantidade de ácido oleico dietético que atinge a glândula mamária é mínima, devido ao processo de biohidrogenação ruminal. Entretanto, como não houve alteração na ação da enzima  $\Delta 9$ -dessaturase na relação C18:1/C18:0, a menor concentração de ácido oleico encontrada é devido a menor ingestão deste ácido.

O linoleico e linolênico são precursores do CLA, seja como resultado de uma biohidrogenação (BH) incompleta no rúmen ou pela ação da  $\Delta$ -9 dessaturase na glândula mamária (BUCCIONI et al., 2012). A rápida taxa de passagem ruminal reduz a extensão do processo de BH, impedindo a formação de ácidos intermediários, como CLA, o que aumenta o suprimento de linoleico e linolênico na glândula mamária. Dietas à base de palma forrageira aumentam a taxa de passagem, e isso provavelmente favoreceu ao aumento de 22% nas concentrações dos ácidos linoleico no leite. Tal fato se comprova devido à ausência de efeito sobre atividade enzimática da  $\Delta$ -9 dessaturase na GM, identificada pelo índice C18:1/C18:0, ácido linoleico não foi convertido em CLA.

Nesse estudo, apesar das concentrações de ácido linoleico conjugado (CLA) não terem sido alteradas, os valores encontrados estão próximos a dados da literatura para leite de vacas alimentadas com palma forrageira 0,488 e 0,594 g/100g AG totais (MONTEIRO, 2017; FREITAS, 2017, respectivamente) bem como de dietas com baixo teor de extrato etéreo e sem suplementação lipídica 1,4; 2,8 e 2,21% de EE na matéria seca (THANH et al., 2015; LEITE et al., 2017; PHILIPPEAU et al., 2017, respectivamente). De acordo com Elgersma, Tamminga e Ellen (2006), o leite de vacas possui uma concentração de CLA que varia de 0,1 a 2,2 g/100 g de AG total, dependendo da região geográfica, sistema de produção e alimentação, bem como de características próprias do animal e da raça. Portanto, pode-se dizer que dietas para vacas com palma forrageira promoveram a quantidade de CLA no leite semelhante à de outros volumosos convencionais utilizados na alimentação de vacas holandesas.

Pesquisas relatam que alguns ácidos graxos intermediários da biohidrogenação ruminal, como o CLA trans-10 cis-12 e o CLA trans-9, cis-11, estão envolvidos na depressão da gordura do leite, por inibir a síntese *de novo* na glândula mamária (DOREA et al., 2017; VENTTO et al., 2017; PERFIELD et al., 2007). No presente estudo, o CLA trans-10 cis-12 apresentou efeito quadrático com a substituição da silagem de milho pela palma forrageira, porém não foi observada alterações no teor de gordura do leite (média de 3,7% de gordura), possivelmente devido a baixas concentrações desse ácido graxo no



leite (<0,007 g/100g de AG totais), que possivelmente foi insuficiente para inibir a síntese *de novo* na glândula mamária (RIBEIRO et al., 2014).

O aumento do ácido araquidônico no leite é satisfatório para saúde humana, pois é precursor de ácidos eicosanoides produzidos na célula, os quais podem reduzir efeitos pró-inflamatórios, proporcionando menores riscos de arteriosclerose (FERRUCCI et al., 2006).

De acordo com Bilal et al. (2014), a composição da gordura do leite é composta por aproximadamente 70% de AGS, 25% AGMI e 5% de AGPI, sendo 60% dos AGS composto de C14 e C16, apresentando-se como herança genética de vacas da raça Holandesa, por apresentar de média a alta herdabilidade. Pode-se dizer que apesar da palma proporcionar aumento dos AGS, principalmente C14:0 e C16:0, a produção alta desses ácidos já é uma condição estabelecida da raça utilizada nesse estudo. A substituição da silagem de milho pela palma forrageira alterou essas concentrações, porém próximo dos valores mencionados (73,02 a 75,01; 24,40 a 22,07; 2,58 a 2,92 g/100g de AG totais, respectivamente).

Tem-se verificado maiores concentrações de AGPI no leite de vacas alimentadas com altas proporções de carboidratos rapidamente fermentáveis na dieta (VENTTO et al., 2017; MARÍN et al., 2018). Observa-se que a substituição da silagem de milho pela palma forrageira promoveu aumento de 13% na concentração total dos AGPI, o que pode ser explicado devido ao alto teor de carboidratos não fibrosos da palma forrageira. Além disso, o fornecimento de forragem fresca quando comparada à conservada aumenta as quantidades de AGPI secretados no leite (GRIINARI; BAUMAN, 1999). Do ponto de vista nutricional, esse aumento nos AGPI no leite é um resultado favorável por estar relacionado à saúde do consumidor (KHAS-ERDENE et al., 2010).

Os ácidos graxos ômega 3 e 6 estão relacionados a processos anti-inflamatórios, porém este último também estimula processos inflamatórios no organismo humano; além disso, também estão envolvidos na formação de outros ácidos. Devido à competição desses ácidos pela ação das enzimas, alongar e dessaturar o aumento do ômega 6 é indesejável, por favorecer a síntese de ácidos graxos inflamatórios que contribuem para formação de trombos e ateromas (UAUY; VALENZUELA, 2000; PATTERSON et al., 2012).

A substituição da silagem de milho pela palma forrageira aumentou em 19% a razão  $\omega$ -6: $\omega$ -3 na gordura do leite, estando acima do valor máximo (4:1) recomendado por Patterson et al. (2012), para efeitos benéficos à saúde humana. Contudo, esses valores estão próximos da faixa recomendada pela WHO/FAO (2003) (5-10:1), bem como de valores encontrados na literatura (RIBEIRO et al., 2014; MARÍN et al., 2018). O aumento dessa relação é indesejável, uma vez que inibe a formação de ácidos graxos de cadeia longa, enquanto que a menor relação possibilita alta conversão de ácido linolênico em ácidos insaturados de cadeia longa (AGPI), notadamente o EPA e DPA (C20:5 n-3 e C22:6, respectivamente) (BENBROOK et al., 2018), os quais auxiliam na redução de distúrbios crônicos em humanos (KAUR et al., 2012).

Os índices aterogênicos (IA) e índices trombogênicos (IT) consideram a relação entre ácidos graxos saturados e insaturados. Quanto menor o valor desses índices nos alimentos, maior é a prevenção ao aparecimento de doenças coronarianas em humanos (TONIAL et al., 2010). Verifica-se que a substituição da silagem de milho pela palma forrageira aumentou os índices IA e IT (em 15 e 8%, respectivamente), devido à palma forrageira ter proporcionado maior proporção de ácidos graxos saturados no leite, notadamente C14:0 e C16:0.

Já sobre a relação de ácidos hipo e hipercolesterolêmicos (h/H), quanto maior a relação, melhor é a qualidade nutricional da gordura contida nos alimentos (BENTES et al., 2009). A redução da relação h/H, possivelmente ocorreu devido ao aumento na concentração dos ácidos graxos saturados (C12:0, C14:0, C16:0) da palma forrageira.

Atualmente, o interesse do consumidor por produtos de qualidade tem pressionado/impulsionado os produtores a atender a demanda de alimentos saudáveis para saúde humana. Contudo, o potencial efeito positivo dos CLAs e do ácido graxo ômega-3 na saúde humana, ainda não é recompensado economicamente no mercado de lácteos, pois os parâmetros atuais consideram apenas o teor total de gordura e proteína no leite. É provável que no futuro o conteúdo de ácidos graxos no leite receba maior atenção.

## CONCLUSÕES

A palma OEM modifica, em pouca magnitude, a maioria dos ácidos graxos no leite, contudo, com aumento expressivo no ácido graxo C16:0 (ácido palmítico) e redução

no C18:0 (ácido esteárico), sendo uma característica intrínseca da palma forrageira. Dessa forma, são necessários mais estudos de associação da palma OEM e outros ingredientes para avaliar os reais efeitos sobre o perfil de ácido graxo no leite.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, P.A.V. et al. Qualidade nutricional e estabilidade oxidativa de manteigas produzidas do leite de vacas alimentadas com cana-de-açúcar suplementada com óleo de girassol. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, 65, 1545-1553, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352013000500036>

BENBROOK, C.M. et al. Enhancing the fatty acid profile of milk through forage-based rations, with nutrition modeling of diet outcomes. **Food Sci Nutr.**, 6, 681-700, 2018. <http://dx.doi.org/10.1002/fsn3.610>

BENTES, A.S.; SOUZA, H.A.L.; SIMÓES, M.G.; MENDONÇA, X.M.F. Caracterização física e química e perfil lipídico de três espécies de peixes amazônicos. **Ver. Bras. Tecnol. Agroind.**, 3, 97-108, 2009. <http://dx.doi.org/10.3895/S1981-36862009000200011>

BILAL, G.; CUE, R. I.; MUSTAFA, A. F.; HAYES, J. F. Short communication: Genetic parameters of individual fatty acids in milk of Canadian Holsteins. **J. Dairy Sci.**, 97, 1150–1156, 2014. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-6508>.

BRITO, A. F. et al. Interactions of corn meal or molasses with a soybean-sunflower meal mix or flaxseed meal on production, milk fatty acid composition, and nutrient utilization in dairy cows fed grass hay-based diets. **J Dairy Sci.** 98, 443-57, 2015. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-8353>

BUCCIONI, A. et al. Lipid metabolism in the rumen: new insights on lipolysis and biohydrogenation with an emphasis on the role of endogenous plant factors. **Anim Feed Sci Tech**, 174, 1-25, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.02.009>

CÔRTEZ, C. et al. Milk composition, milk fatty acid profile, digestion, and ruminal fermentation in dairy cows fed whole flaxseed and calcium salts of flaxseed oil. **J Dairy Sci.**, 93, 3146-57, 2010. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2009-2905>

DEWHURST, R. J.; SHINGFIELD, K.J.; LEE, M.R.F.; SCOLLAN, N.D. Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. **Anim Feed Sci Tech**, 131, 168-206, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.04.016>

DOREA, J. R. R.; ARMENTANO, L. E. Effects of common dietary fatty acids on milk yield and concentrations of fat and fatty acids in dairy cattle. **Anim Prod Sci**, 57,2224–2236, 2017. <https://doi.org/10.1071/AN17335>

ELGERSMA, A.; TAMMINGA, S.; ELLEN, G. Modifying milk composition through forage. **Anim Feed Sci Tech**, 131, 207-225, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.06.012>.

FERRUCCI, L. et al. Relationship of plasma polyunsaturated fatty acids to circulating inflammatory markers. **J. Clin. Endoc. Metab.**, 91, 439-446, 2006. <https://doi.org/10.1210/jc.2005-1303>.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO), World Health Organization (WHO). 2003. **Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases**: report of a joint WHO/FAO expert consultation. Geneva: FAO. Disponível em <[https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42665/WHO\\_TRS\\_916.pdf;jsessionid=1233B5776ADA2CD112FF7B8F8A650768?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42665/WHO_TRS_916.pdf;jsessionid=1233B5776ADA2CD112FF7B8F8A650768?sequence=1)>

FONSECA, F.A. **Fisiologia da lactação**. Viçosa, MG: UFV/Centro de Ciências Agrárias/Departamento de Zootecnia. 1995. 137p.

FREITAS, W. R. **Bagaço de cana de açúcar como volumoso exclusivo para vacas em lactação**. 61f. Tese (Zootecnia). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil, 2017.

GRIINARI, J. M.; BAUMAN, D. E. Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. In: YURAWECZ, P. et al. (eds.).

**Advances in conjugated linoleic acid research.** USA: American Oil Chemists' Society. 1, 180-200, 1999.

HAN, R. et al. Milk fatty acid profiles in Holstein dairy cows fed diets based on corn stover or mixed forage. **Arch Anim Nutr.**, 68, 63-71, 2014. <http://dx.doi.org/10.1080/1745039X.2013.869986>

JENKINS, T.; WALLACE, J.; MOATE, P.; MOSLEY, E. Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. **J Anim Sci.** 86, 397–412, 2008. <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2007-0588>

JOYCE, T.; WALLACE, A. J.; MCCARTHY, S. N.; GIBNEY, M. J. Intakes of total fat, saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids in Irish children, teenagers and adults. **Public Health Nutr.** 12, 156-165, 2009. <http://dx.doi.org/10.1017/S1368980008002772>

KAUR, N.; CHUGH, V.; GUPTA, A.K. Essential fatty acids as functional components of foods- a review. **J Food Sci Technol**, 51, 2289-303, 2012. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-012-0677-0>

KESLEY, J.A.; CORL, B.A.; COLLIER, R.J.; BAUMAN, D.E. The effect of breed, parity, and stage of lactation on conjugated linoleic acid (CLA) in milk fat from dairy cows. **J Dairy Sci**, 86, 2588-2597, 2003. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73854-5](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73854-5)

KHAS-ERDENE, Q. et al. Short communication: Responses to increasing amounts of free  $\alpha$ -linolenic acid infused into the duodenum of lactating dairy cows. **J Dairy Sci**, 93, 1677 – 1684, 2010. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2009-2681>.

KÖPPEN, W. 1948. **Climatology:** Earth climate studies. México: Fondo de Cultura Economica. 478p, 1948.

LEITE, L. A. et al. Performance of lactating dairy cows fed sunflower or corn silages and concentrate based on citrus pulp or ground corn. **R. Bras. Zootec.**, 46, 56-64, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-92902017000100009>.

LINS, S. E. B. et al. Spineless cactus as a replacement for wheatbran in sugar cane-based diets for sheep: intake, digestibility, and ruminal parameters. **R. Bras. Zootec.** 45, 26-31, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-92902016000100004>.

LIU, S. et al. Milk fatty acids profiles and milk production from dairy cows fed different forage quality diets. **Anim Nutrition**, 2, 329–333, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aninu.2016.08.008>.

MA, T. et al. Effect of the ratio of non-fibrous carbohydrates to neutral detergent fiber and protein structure on intake, digestibility, rumen fermentation, and nitrogen metabolism in lambs. **Asian-Australas J Anim Sci.**, 28, 1419-1426, 2015. <http://dx.doi.org/10.5713/ajas.15.0025>.

MAHOUACHI, M.; ATTI, N.; HAJJI, H. Use of spineless cactus (*Opuntia ficus indica* F. *Inermis*) for dairy goats and growing kids: Impacts on milk production, kid's growth, and meat quality. **Sci. World J.** 321567 ID, 2012. <http://dx.doi.org/10.1100/2012/321567>

MARÍN, M. P.; MELÉNDEZ, P. G.; ARANDA, P.; RÍOS, C. Conteúdo de ácido linoléico conjugado e perfil de ácidos graxos do leite de vacas leiteiras em pastejo no sul do Chile alimentadas com quantidades variáveis de concentrado, **J Appl Anim Res**, 46, 150 -154, 2018. <http://dx.doi.org/10.1080/09712119.2016.1277729>

MELO, A. A. S. et al. Desempenho leiteiro de vacas alimentadas com caroço de algodão em dieta à base de palma forrageira. **Pesq Agropec Bras** 41, 1165-1171, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2006000700013>

MONTEIRO C. C. F. et al. A new cactus variety for dairy cows in areas infested with *Dactylopius opuntiae*. **Anim Prod Sci**, 2018. <https://doi.org/10.1071/AN17256>.

MONTEIRO, C. C. F. **Substituição de palma miúda por palma orelha de elefante mexicana para vacas em lactação.** 67f. Tese (Zootecnia). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil, 2017.

MORAES, G. S. O. et al. Cactus [*Opuntia stricta* (Haw.) Haw] cladodes and corn silage: How do we maximize the performance of lactating dairy cows reared in semiarid regions?, **Livest Sci**, 221, 133-138, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.01.026>.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrients requirements of the dairy cattle, 7th ed. Washington, D.C.: Nacional Academies of Science, 2001.

NUDDA, A. et al. Feeding strategies to design the fatty acid profile of sheep milk and cheese. **R Bras Zootec**, 43, 445-456, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982014000800008>

PATTERSON, E. et al. Health implications of high dietary omega-6 polyunsaturated Fatty acids. **J Nutr Metab**. 539426, 2012. <http://dx.doi.org/10.1155/2012/539426>

PAULA, T. A. et al. Concentrate levels associated with a new genotype of cactus (*Opuntia stricta* [Haw]. Haw.) cladodes in the diet of lactating dairy cows in a semi-arid region. **J Agric Sci**. 156, 1-8, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1017/S002185961900011X>

PAULA, T. A. **Palma forrageira para vacas em lactação**. 68f. Tese (Zootecnia). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil, 2019.

PERFIELD, J. W. et al. Trans-9, Cis-11 Conjugated Linoleic Acid Reduces Milk Fat Synthesis in Lactating Dairy Cows. **J Dairy Sci**. 90, 2211–2218, 2007. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-745>.

PHILIPPEAU, C. et al. Effects of bacterial direct-fed microbials on ruminal characteristics, methane emission, and milk fatty acid composition in cows fed high – or – low-starch diets. **J. Dairy Sci**. 100:2637-2650, 2017. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11663>

RIBEIRO, C.G.S. et al. 2014. Desempenho produtivo e perfil de ácidos graxos do leite de vacas que receberam níveis crescentes de óleo de girassol em dietas à base de capim-elefante. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec**, 66, 1513-1521. <https://doi.org/10.1590/1678-6886>

ROCHA FILHO, R. **Palma gigante e genótipos resistentes à cochonilha do carmin em dietas para ruminantes**. Tese (Zootecnia). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil, 2012.

SANTIAGO, B. M. et al. Effect of different roughages sources on performance, milk composition, fatty acid profile, and milk cholesterol content of feedlot feed crossbred cows (Holstein × Zebu). **Trop Anim Health Prod.** 51, 599–604, 2019. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1736-y>

SANTIN JUNIOR, I. A.; SILVA, K. C. C.; CUCCO, D. C. Milk Fatty Acids Profile and the Impact on Human Health. **Dairy and Vet Sci J.** 10, 555779, 2019. <https://doi.org/10.19080/JDVS.2019.10.555779>

SILVA, R. C. et al. Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw.) spineless cactus as an option in crossbred dairy cattle diet. **S. Afri. J. Anim. Sci.** 48, 516-525, 2018. <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v48i3.12>.

SIQUEIRA, M. C. B. et al. Optimizing the use of spineless cactus in the diets of cattle: Total and partial digestibility, fiber dynamics and ruminal parameters. **Anim Feed Sci Tech.**, 226, 56–64, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.12.006>

SOUZA, E. J. et al. Effects of soybean hulls inclusion on intake, total tract nutrient utilization and ruminal fermentation of goats fed spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* Mill) based diets, **Small Rumin Res.**, 85, 63-69, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.07.008>.

SOYEURT, H. et al. Variation of  $\Delta^9$  -desaturase activity in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 91, 3211–3224, 2008. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0518>

TAO, F.; ZHANG, S.; ZHANG, Z.; RÖTTER, R. P. Maize growing duration was prolonged across China in the past three decades under the combined effects of temperature, agronomic management, and cultivar shift. *Glob Chang Biol* 20, 3686–3699, 2014. <https://doi.org/10.1111/gcb.12684>

THANH, L. P., SUKSOMBAT, W. Milk Yield, Composition, and Fatty Acid Profile in Dairy Cows Fed a High-concentrate Diet Blended with Oil Mixtures Rich in Polyunsaturated Fatty Acids. **Asian-Australas J Anim Sci.** 28, 796-806, 2015. <https://doi.org/10.5713/ajas.14.0810>



TONIAL, I.B. et al. Caracterização físico-química e perfil lipídico do salmão (*Salmo salar* L.). **Alim. E Nutrição**, 21, 93-98, 2010.

TOSTO, M.S.L. et al. In vitro rumen fermentation kinetics of diets containing oldman saltbush hay and forage cactus, using a cattle inoculum. **Arq Bras Med Vet Zoo**, 67, 149-158, 2015. <https://dx.doi.org/10.1590/1678-6937>

TRIPATHI, M. K. 2014. Effect of Nutrition on Production, Composition, Fatty acids and Nutraceutical Properties of Milk. **Adv Dairy Res**. 2, 115. <https://doi.org/10.4172/2329-888X.1000115>

UAUY, R., VALENZUELA, A. Marine oils: the health benefits of n-3 fatty acids. **Nutrition**. 16, 680-684, 2000. [http://dx.doi.org/10.1016/S0899-9007\(00\)00326-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0899-9007(00)00326-9)

URRUTIA, N.L.; HARVATINE, K.J. 2017. Acetate Dose-Dependently Stimulates Milk Fat Synthesis in Lactating. **Dairy Cows. J Nutr**. 147, 763-769. <https://doi.org/10.3945/jn.116.245001>

VALADARES FILHO, S.C.; MACHADO, P.A.S.; CHIZZOTTI, M.L. CQBAL 4.0. **Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos**. 2019. Disponível em: <http://www.ufv.br/cqbal>. Acesso em: 8 abr. 2019.

VAN GASTELEN, S. et al. 2015. Enteric methane production, rumen volatile fatty acid concentrations, and milk fatty acid composition in lactating Holstein-Friesian cows fed grass silage- or corn silage-based diets. **J. Dairy Sci**. 98, 1915-27. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8552>.

VENTTO, L. et al. Diet-induced milk fat depression is associated with alterations in ruminal biohydrogenation pathways and formation of novel fatty acid intermediates in lactating cows. **Bri J Nutr.**, 117, 364-376, 2017. <https://doi.org/10.1017/S0007114517000010>

## CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

De acordo com os resultados obtidos e da importância da bovinocultura leiteira nas regiões semiáridas percebe-se que a substituição da silagem de milho pela palma forrageira, sobretudo a orelha de elefante mexicana, é altamente viável do ponto de vista nutricional e produtivo, por aumentar o consumo de energia e, conseqüentemente, a produção de leite, como também econômico, por reduzir os custos com a aquisição de volumoso.

A silagem de milho é comumente utilizada na bovinocultura leiteira, porém a produção em regiões semiáridas é arriscada, muitas vezes inviável. Vale ressaltar também que o preço da silagem de milho (R\$ 1,47 kg de MS), para o pequeno e médio produtor, é alto, aproximadamente 2,5 vezes maior que o kg de MS da palma. Portanto, o uso de palma forrageira, cultura adaptada à região, é a mais indicada para as propriedades leiteiras, uma vez que garante alimento com alto teor de energia para o rebanho durante todo o ano. No entanto, o uso de silagens (ou outra fonte volumosa) em dietas à base de palma forrageira é necessário devido ao baixo teor de FDN da.

Na última década observa-se um crescimento considerável no consumo *per capita* de leite no Brasil; isso pode ser reflexo do aumento na renda da população, bem como da procura de alimentos mais saudáveis. Contudo, o consumo ainda é considerado baixo (50 L/habitante/ano) quando comparando aos países desenvolvidos (300 L/habitante/ano) e com a média mundial (111 L/habitante/ano).

A substituição da silagem de milho pela palma forrageira não melhorou a qualidade da gordura do leite. Embora não ter promovido aumentos nos ácidos graxos benéficos à saúde humana (CLAs e ácido graxo ômega-3), a palma forrageira é uma cultura ideal para compor dietas de vacas em lactação em regiões semiáridas, principalmente quando se refere às propriedades da agricultura familiar.

Sobre a relação entre o leite e a saúde, é importante considerar que a dieta humana é complexa e não é definida pela inclusão ou exclusão de um alimento, mas sim pelo o conjunto de alimentos, em sua totalidade. Além disso, o produtor ainda não é recompensado economicamente no mercado de lácteos pela qualidade da gordura, apenas se considera o teor total de gordura e proteína no leite. Contudo, é provável que no futuro o conteúdo de ácidos graxos no leite receba maior atenção.

Dessa forma, sugere-se a realização de mais estudos de associação da palma forrageira e outros ingredientes para avaliar os efeitos sobre o perfil de ácidos graxos do leite, de forma que seja favorável ao interesse do mercado consumidor por alimentos saudáveis.