

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**PALMA FORRAGEIRA PARA VACAS EM LACTAÇÃO: UMA ABORDAGEM
NUTRICIONAL E META-ANALÍTICA**

JONAS GOMES INÁCIO

**RECIFE - PE
FEVEREIRO - 2020**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**PALMA FORRAGEIRA PARA VACAS EM LACTAÇÃO: UMA ABORDAGEM
NUTRICIONAL E META-ANALÍTICA**

JONAS GOMES INÁCIO
Engenheiro Agrônomo

**RECIFE - PE
FEVEREIRO - 2020**

JONAS GOMES INÁCIO

**PALMA FORRAGEIRA PARA VACAS EM LACTAÇÃO: UMA ABORDAGEM
NUTRICIONAL E META-ANALÍTICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos 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

Dr. Júlio Cesar Vieira de Oliveira - Coorientador

Dr^a. Maria Gabriela da Conceição - Coorientadora

**RECIFE - PE
FEVEREIRO - 2020**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

J66p

Gomes Inacio, Jonas
PALMA FORRAGEIRA PARA VACAS EM LACTAÇÃO: UMA ABORDAGEM NUTRICIONAL E META
ANALÍTICA / Jonas Gomes Inacio. - 2020.
72 f. : il.

Orientador: Marcelo de Andrade .
Inclui referências.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia
(PDIZ), Recife, 2020.

1. cactácea. 2. opuntia. 3. produção de leite. 4. semiárido. 5. modelos mistos. I. , Marcelo de Andrade, orient. II.
Título

CDD 636

PALMA FORRAGEIRA PARA VACAS EM LACTAÇÃO: UMA ABORDAGEM NUTRICIONAL E META-ANALÍTICA

JONAS GOMES INÁCIO

Tese defendida em 27 de fevereiro de 2020

Orientador:

Prof.º Dr. Marcelo de Andrade Ferreira
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Examinadores:

Prof.º Dr. Luciano Patto Noaves
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Guilherme Rocha Moreira
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr^a. Carolina Corrêa de Figueiredo Monteiro
Universidade Estadual de Alagoas

Dr^a. Juana Catarina Cariri Chagas
Swedish University of Agricultural Sciences - SLU

**RECIFE – PE
FEVEREIRO – 2020**

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

JONAS GOMES INÁCIO – Filho de Dermival Gomes dos Santos e Josefa Joana da Silva Santos, nasceu em Brejo Santos – Ceará, em 11 de fevereiro de 1990. Ingressou no curso Técnico em Agropecuária no ano de 2006 na Escola Agrotécnica Federal de Crato – CE –E AFC, obtendo o título de técnico em Agropecuária em dezembro de 2008. Em 2009, ingressou no curso de Agronomia, na Universidade Federal do Ceará – UFC, obtendo o título de Engenheiro Agrônomo em janeiro de 2014. Em março de 2014, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, concentrando seus estudos na área de Nutrição/Produção de Ruminantes, obtendo o título de mestre em Zootecnia em fevereiro de 2016. Em março de 2016, iniciou o curso de Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, concentrando seus estudos na área de Nutrição/Produção de Ruminantes, tendo em 27 de fevereiro de 2020, submetido à defesa da tese para obtenção do título de doutor em Zootecnia.

Aos meus pais, Dermival Gomes e Josefa Joana (Jucelia), e aos meus irmãos Cicero

Gomes (Cicinho), João Carlos, Joana Darc e Maria Célia que me ajudaram e me

deram forças para que fosse possível a concretização deste trabalho.

A toda minha família e amigos que sempre acreditaram no meu potencial.

Aos meus professores, pelo exemplo, inspiração e confiança.

DEDICO

“Não é sobre chegar no topo do mundo e saber que venceu.

É sobre escalar e sentir que o caminho te fortaleceu...”

(Ana Vilela)

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida, saúde, coragem, determinação para enfrentar todos os desafios e obstáculos, obrigado por sempre ter colocados anjos para me proteger.

À minha família pela compreensão, incentivo e assistência, especialmente aos meus pais Dermival Gomes e Josefa Joana (Jucelia), e aos meus irmãos Cicero Gomes (Cicinho), João Carlos, Joana Darc e Maria Célia: Vocês estiveram presentes nos melhores e piores momentos de minha vida e me ensinaram a não desistir de meus sonhos, independente dos obstáculos.

À meu orientador, professor Marcelo de Andrade Ferreira, pelo constante apoio, conselhos, orientação e confiança. Serei eternamente grato pela contribuição do professor em minha formação.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso de Doutorado.

A CAPES, pelo apoio financeiro por meio da concessão de bolsas.

Ao IPA - Instituto de Pesquisa Agropecuária de Pernambuco

Aos pesquisadores do IPA, Djalma Cordeiro dos Santos, Júlio Cesar Vieira de Oliveira e Conceição, pelo apoio e incentivos.

Aos funcionários do IPA, por terem me ajudado nas tarefas do dia-a-dia e momentos de distração.

À todos os professores da Universidade Federal Rural de Pernambuco que de alguma forma contribuíram para o meu crescimento com seus ensinamentos.

Aos amigos que ganhei durante esses dois anos de mestrado, os FIRMAS, especialmente minha amiga Michelle Christina, Carolina Monteiro e Marina Almeida que sempre estiveram comigo em todos os momentos que precisei.

Sumário

LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE FIGURAS	xii
RESUMO GERAL.....	xiii
ABSTRACT.....	xv
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	17
CAPÍTULO 1	
Desempenho e viabilidade nutricional de dietas a base de palma (<i>Opuntia</i>) com diferentes níveis de concentrado para vacas girolando em lactação.....	20
RESUMO	21
ABSTRACT.....	22
INTRODUÇÃO	23
MATERIAL E MÉTODOS	24
RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
CONCLUSÕES	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
CAPÍTULO 2	
Palma forrageira para vacas em lactação: uma abordagem meta-analítica.....	44
RESUMO	45
ABSTRACT.....	46
INTRODUÇÃO	47
MATERIAL E MÉTODOS	48
RESULTADOS.....	51
DISCUSSÃO	51

CONCLUSÕES	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES.....	71

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1: Desempenho e viabilidade nutricional de dietas a base de palma (Opuntia) com diferentes níveis de concentrado para vacas girolando em lactação

Tabela 1. Composição química dos ingredientes das dietas experimentais	25
Tabela 2. Proporções dos ingredientes e composição química das dietas experimentais	26
Tabela 3. Consumo e digestibilidade de nutrientes em vacas mestiças alimentadas com dieta a base de palma OEM e diferentes níveis de concentrado.....	31
Tabela 4. Parâmetros sanguíneos em vacas mestiças alimentadas com dieta a base de palma OEM e diferentes níveis de concentrado	34
Tabela 5. Volume urinário, excreção de nitrogênio ureico e síntese e eficiência de síntese de proteína microbiana	35
Tabela 6. Consumo de N, excreção de N nas fezes, na urina e no leite e balanço de N em vacas mestiças alimentadas com dieta a base de palma OEM e diferentes níveis de concentrado.....	37
Tabela 7. Produção e composição do leite e eficiência alimentar em vacas mestiças alimentadas com dieta a base de palma OEM e diferentes níveis de concentrado....	38

Capítulo 2: Palma forrageira para vacas em lactação: uma abordagem meta-analítica

Tabela 1. Estatística resumida dos dados incluídos no conjunto de dados.....	49
Tabela 2. Modelos ajustados para PLCOR em função dos níveis de palma e variáveis nutricionais da dieta (FDN, CNF e NDT) de vacas de leite	53
Tabela 3. Valores estimados de produção de leite corrigido com os limites de FDN e CNF da dieta.....	60

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2: Palma forrageira para vacas em lactação: uma abordagem meta-analítica

- Figura 1.** Superfície de resposta para produção de leite corrigido (PLCOR), em resposta aos níveis de palma na dieta (NP) e do teor de fibra em detergente neutro da dieta (FDNd). 54
- Figura 2.** Superfície de resposta para produção de leite corrigido (PLCOR), em resposta aos níveis de palma na dieta (NP) e do teor de carboidratos não fibroso da dieta (CNFd) 55
- Figura 3.** Superfície de resposta para produção de leite corrigido (PLCOR), em resposta aos níveis de palma na dieta (NP) e do teor de nutrientes digestíveis total da dieta (NDTd) 56
- Figura 4.** Gráfico de resíduos versus preditos e valores estimados versus preditos para análises dos modelos 1, 2 e 3..... 57

Palma forrageira para vacas em lactação: uma abordagem nutricional e meta-analítica

RESUMO GERAL

Foram realizados dois estudos, sendo um com desempenho e viabilidade nutricional e outro com metanálise, utilizando a palma forrageira na dieta de vacas em lactação. No primeiro estudo, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes níveis de concentrado em dietas com palma Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw.) sobre o desempenho de vacas da raça Girolando em lactação. Dez vacas ($512,62 \pm 53,66$ kg de peso corporal) com produção de leite média de $13,21 \pm 1,94$ kg/dia foram distribuídas em dois quadrados Latinos 5x5. As dietas experimentais consistiram em quatro diferentes níveis de concentrado (20, 24, 28 e 32% baseados na matéria seca - MS), associado a palma Orelha de Elefante Mexicana (OEM) e dieta controle (Palma miúda (PM) + 20% concentrado). A dieta controle proporcionou maiores consumos para a maioria dos nutrientes (MS, MO, PB, CNFcp e NDT), com exceção de FDNcp, do que aquelas que receberam dietas com palma OEM, independentemente do nível concentrado. A inclusão de concentrado nas dietas com palma OEM não alterou a digestibilidade dos nutrientes. A PLCG das vacas suplementadas com 32% de concentrado na dieta com palma OEM foi semelhante àquelas que receberam a dieta controle. Com a inclusão de concentrado nas dietas com palma OEM, não influenciou os teores de gordura, proteína, lactose, sólidos totais (ST), caseína, nitrogênio ureico e eficiência alimentar. Para vacas produzindo 14 kg/dia com 3,5% de gordura, recomenda-se a inclusão de 32% de concentrado em dietas com palma Orelha de Elefante Mexicana. O segundo estudo, avaliou-se os efeitos dos níveis de palma forrageira e dos constituintes nutricionais da dieta (fibra em detergente neutro -FDNd,

carboidratos não fibrosos - CNFd e nutrientes digestíveis totais - NDTd) sobre a produção de vacas leiteiras, usando o procedimento de meta-análise. Foram coletados dados de experimentos que avaliavam consumo e desempenho de vacas da raça holandês ou holandês x Gir em lactação confinadas. Todos os estudos testavam dietas contendo palma forrageira. O conjunto de dados que atendeu aos critérios para inclusão no estudo, foram compilados de 31 estudos, sendo 16 estudos com vacas da raça Holandês (51,61%) com 72 observações e 15 estudos com vacas da raça Holandês x Gir (48,39%) com 66 observações, publicados em revistas científicas indexadas no CSIRO Publishing, SciELO, Scopus e Web of Science e no catálogo de teses e dissertações – CAPES. A variável resposta analisada foi a PLCOR e as explicativas foram NP e as variáveis nutricionais (VN) (FDNd, CNFd, PBd e NDTd) e suas respectivas interações. Os dados foram analisados de acordo com modelos mistos, levando em consideração os efeitos dos diferentes estudos como fator de efeito aleatório. A seleção dos modelos, foram por meio do critério de informação de Akaike (AIC), com auxílio do algoritmo *stepwise* nas duas direções (*i.e.* "*backward*" e "*forward*"). O comportamento da PLCOR em relação a NP foi sempre quadrático, independentemente do nível de FDNd. Independentemente do NP a PLCOR sempre apresentou um afeito linear em relação a FDNd. Houve interação entre NP e CNFd, ou seja, o comportamento da PLCOR em relação ao NP altera à medida que o CNFd altera. A meta-análise revelou que a produção máxima de 19,86 kg de leite foi estimada com 21% de palma.

Palavras-chave: cactácea, opuntia, produção de leite, semiárido, modelos mistos

Cactus cladodes for lactation cows: a nutritional and meta-analytical approach

ABSTRACT

Two studies were carried out, one with performance and nutritional viability and the other with meta-analysis, using cactus cladodes-based diets for lactating cows. In the first study, the objective was to evaluate the effect of different levels of concentrate in cactus cladodes *Opuntia*-based diets on the performance of lactating Girolando cows. Ten cows (512.62 ± 53.66 kg body weight) with an average milk yield of 13.21 ± 1.94 kg / day were assigned in two simultaneous 5x5 Latin squares. The experimental diets consisted in four different levels of concentrate (20, 24, 28 and 32% based on dry matter - MS), associated with the cactus cladodes *Opuntia* and the control diet (*Nopalea cochenillifera* + 20% concentrate). The control diet provided greater intake for most nutrients (DM, OM, CP, NFCcp and TDN), except for NDFap, than those that received diets with cactus *Opuntia*, independently of concentrated level. The inclusion of concentrate in cactus cladodes *Opuntia* -based diets did not alter the digestibility of nutrients. The fat-corrected milk yield (FCMY) of cows supplemented with 32% of concentrate in the cactus cladodes *Opuntia*-based diets was similar to those that received the control diet. The inclusion of concentrate in cactus cladodes *Opuntia*-based diets did not influence the levels of milk fat, protein, lactose, total solids (ST), casein, urea nitrogen and feed efficiency. For cows producing 14 kg/d with 3.5% of fat, it is recommended 32% of concentrate to be included in cactus *Opuntia*-based diets. The second study evaluated the effects of cactus cladodes (CC) level and dietary nutritional content (neutral detergent fiber -NDFd, non-fibrous carbohydrates - NFCd and total digestible nutrients - TDNd) on the production of dairy cows, using the meta-analysis

procedure. Data were collected from experiments that evaluated intake and performance of feedlot lactating Holstein or Holstein x Gir cows. All studies tested diets containing cactus. The set of data that met the criteria for inclusion in the study were compiled from 31 studies, 16 of which were studies with Holstein cows (51.61%) with 72 observations and 15 studies with Holstein x Gir cows (48.39 %) with 66 observations, published in scientific journals indexed in CSIRO Publishing, SciELO, Scopus and Web of Science and in the catalog of theses and dissertations - CAPES. The response variable analyzed was FCMY and the explanatory variables were CC and the nutritional variables (VN) (NDFd, NFCd, CPd and TDNd) and their respective interactions. The data were analyzed according to mixed models, taking into account the effects of different studies as a random effect factor. The models were selected using the Akaike information criterion (AIC), with the aid of the stepwise algorithm in both directions (i.e. "backward" and "forward"). The behavior of FCMY in relation to CC was always quadratic, irrespective of the level of NDF. Irrespective of the CC, FCMY always presented a linear affection in relation to NDF. There was an interaction between CC and NFCd, that is, the behavior of FCMY in relation to CC changes as the NFCd changes. The meta-analysis revealed that the maximum production of 19.86 kg of milk was estimated with 21% cactus.

Keywords: cactacea, opuntia, milk production, semiarid, mixed models

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A exploração de animais nas regiões semiáridas é sem dúvida uma das atividades mais importantes para o setor primário, proporcionando a segurança alimentar das famílias rurais, criando oportunidades de emprego e renda na região. Esta atividade é influenciada pelas condições climáticas, ocasionadas pelas estiagens periódicas de maior ou menor intensidade, que afetam diretamente a potencialidade da pecuária da região, devido, principalmente, à menor quantidade e qualidade de forragens. No entanto, uma das principais limitações para alimentação animal é a baixa qualidade e quantidade de forrageiras cultivadas e vegetação nativa, o qual implica na deficiência de nutrientes para os animais, em períodos de estiagens no ano. As possibilidades de sucesso da pecuária nas condições semiáridas aumentam significativamente quando se faz a opção por forrageiras com bom potencial de produção e adaptadas aos efeitos das adversidades edafoclimáticas, principalmente do déficit hídrico.

Desta forma, a palma forrageira, é uma importante alternativa para o cultivo e alimentação animal em condições semiáridas, devido a sua alta adaptação à seca, boa produtividade de matéria seca e ao alto valor nutricional. Sendo assim, a cultura da palma possui grande potencial, capaz de contribuir positivamente na viabilidade econômica das pequenas e médias propriedades, notadamente para a alimentação dos rebanhos. A palma forrageira tem bom desempenho em grande parte do semiárido brasileiro e do mundo por apresentar características bioquímicas, anatômicas, morfológicas e fisiológicas adaptadas aos rigores climáticos dessas regiões.

Dentre os gêneros mais utilizados nesta região estão a *Opuntia* e *Nopalea* ambos da família Cactácea, que segundo IBGE a região Nordeste do Brasil encontra-se a área de maior cultivo de palma forrageira, estimando uma área colhida de 145.781 ha com o

predomínio das cultivares Gigante, Redonda, clone IPA-20 (*Opuntia ficus-indica* Mill.) e miúda (*Nopalea cochenilifera* salm Dick).

Outra cultivar do gênero *Opuntia* que tem apresentado maior produção de matéria seca por unidade de área do que os clones do gênero *Nopalea* (IPA Sertânia e Miúda) é a palma Orelha de Elefante Mexicana. Esta cultivar tem-se mostrado menos exigente em nutrientes, mais tolerante às condições de estresse hídrico.

Mesmo durante as épocas do ano em que a oferta de forragem é satisfatória a palma continua sendo utilizada na composição da dieta do rebanho, uma vez que proporciona aumento da produtividade associado à economia com rações concentradas. Com isso, dietas com maior participação desta cactácea, deveriam ser utilizadas no intuito de conferir aos sistemas de produção maior sustentabilidade.

Na literatura existem trabalhos que definiram níveis de palma forrageira associada a fontes de fibra ou em substituição a ingredientes do concentrado para vacas em lactação. Com isso, diante dos vários trabalhos realizados com palma forrageira na alimentação de vacas leiteiras, traz a necessidade do desenvolvimento de metodologias que proporcionem conclusões concisas a partir dos resultados obtidos em diferentes estudos. Como não se pode avaliar todos os fatores que influenciam o desempenho de vacas leiteiras alimentadas com palma em um mesmo experimento, a metanálise pode sintetizar essas informações ou chegar a novas conclusões a partir dos estudos já publicados.

Na área de ciências agrárias, já há um número crescente de artigos publicados, onde os autores utilizam como metodologia a metanálise que consiste no procedimento que combina resultados de vários estudos para fazer uma síntese reproduzível e quantificável dos dados. Essa técnica permite aumentar o poder estatístico dos testes de hipótese, devido ao maior número de observações; examinar a variabilidade entre os

estudos; resolver incertezas quando certas conclusões destoam; generalizar conclusões para uma amplitude variada de estudos; identificar a necessidade e planejar estudos melhores; além de responder questões que não foram atribuídas de início nos estudos individuais.

Sendo que diferentes técnicas de análise estatística podem ser aplicadas, dependendo apenas da natureza dos dados e dos objetivos do estudo. Para a realização da meta-análise necessita da existência de, no mínimo, dois estudos que respondam a uma mesma pergunta, utilizem pelo menos um desfecho em comum e tenham desenhos de estudo semelhantes.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes níveis de concentrado em dietas a base de palma Orelha de Elefante Mexicana sobre o desempenho de vacas da raça Girolando em lactação, bem como também avaliar os efeitos dos níveis de palma forrageira e dos constituintes nutricionais da dieta (FDNd, CNFd, PBd e NDTd), sobre a produção de vacas leiteiras, usando o procedimento de meta-análise.

CAPÍTULO 1

Desempenho e viabilidade nutricional de dietas a base de palma (*Opuntia*) com diferentes níveis de concentrado para vacas girolando em lactação

Desempenho e viabilidade nutricional de dietas a base de palma (*Opuntia*) com diferentes níveis de concentrado para vacas girolando em lactação

RESUMO

Avaliou-se o efeito de diferentes níveis de concentrado em dietas com palma Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw.) sobre o desempenho de vacas Girolando (5/8 Holandês-Gir) em lactação. Foram utilizadas 10 vacas multíparas ($512,62 \pm 53,66$ kg de peso corporal e $13,21 \pm 1,94$ kg leite/dia). Os animais foram distribuídos em dois quadrados Latinos contemporâneos 5x5. Os tratamentos experimentais consistiram de uma dieta controle (palma Miúda - *Nopalea cochenillifera*, silagem de sorgo e concentrado (20%)), e quatro diferentes níveis de inclusão de concentrado (20, 24, 28 e 32%) com palma Orelha de Elefante Mexicana - POEM (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw.) e silagem de sorgo. Em relação a dieta controle os consumos dos nutrientes foram maiores do que as dietas com POEM e concentrado. Com relação aos diferentes níveis de concentrado os consumos de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), carboidratos não fibrosos corrigido para cinzas e proteínas (CNF), nutrientes digestíveis totais (NDT) aumentou linearmente. A digestibilidade da MO, PB e fibra em detergente neutro (FDN) não variou entre a dieta controle e as dietas com POEM. A digestibilidade aparente do CNF aumentou linearmente com a inclusão de concentrado. O balanço de N foi o mesmo entre a dieta controle e as dietas a base de POEM, independentemente dos níveis de concentrado. Para vacas produzindo 14 kg/dia com 3,5% de gordura, recomenda-se a inclusão de 32% de concentrado em dietas com palma Orelha de Elefante Mexicana e o aumento no nível do concentrado promove um aumento linear na produção de leite.

Palavras-chave: Cactácea, Eficiência Alimentar, Gado leiteiro, Semiárido

**Nutritional and performance viability of cactus *Opuntia*-based diets with
different concentrate levels for girolando lactating dairy cows**

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the effect of different concentrate levels in diets based on cactus *Opuntia Stricta* (Haw.) Haw cladodes on the performance of lactating Girolando cows. The experiment involved 10 Girolando multiparous dairy cows at 512.6 kg of body weight (BW) and producing 13.2 kg milk/d, allocated into two 5×5 Latin squares. The experimental treatments consisted of control diet composed by cactus *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck. cladodes (*Nopalea*), forage sorghum silage and concentrate at 20% on dry matter (DM) basis, and four concentrate levels diets (20%, 24%, 28%, and 32%) plus cactus *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. cladodes (*Opuntia*) and forage sorghum silage. Regarding cows fed control diet, the nutrients intake were greater than for cows fed with cactus *Opuntia* and concentrate. Regarding concentrate levels, intakes of DM, organic matter (OM), crude protein (CP), non-fiber carbohydrates (NFC), and total digestible nutrients of cows increased linearly. Organic matter, CP, and NDF digestibilities were similar in between to control diet and cactus *Opuntia*-based diets. The digestibility of NFC increased linearly when the concentrate was inserted. The N balance was the same for control diet and cactus *Opuntia*-based diets, irrespective the concentrate levels. For cows producing 14 kg/d with 3.5% of fat, it is recommended 32% of concentrate to be included in cactus *Opuntia*-based diets, and the increase in concentrate level promotes a linear increase in milk yield.

Keywords: Cactacea, Dairy Cattle; Feeding Efficiency; Semiarid

INTRODUÇÃO

A bovinocultura de leite é uma das poucas atividades econômicas viáveis nas regiões semiáridas do Nordeste brasileiro, na qual a alimentação do rebanho é caracterizada pela utilização de forrageiras cultivadas e vegetação nativa (Ferreira et al., 2009). O sistema de produção predominante é caracterizado por pequenas propriedades com média de 37 ha (Oliveira et al., 2016). Porém, o menor tamanho das propriedades, tem limitado a produção de forragem, dificultando o aumento na produtividade por área.

Uma alternativa para aumentar a produção tem sido a utilização da palma forrageira, em função da sua alta produção de matéria verde por unidade de área, tornando-se imprescindível no aumento da eficiência da produtividade da terra. A palma pode ser usada, quando associado a uma fonte de fibra (Wanderley et al., 2012), e como fonte de energia (Araújo et al., 2004), quando suas deficiências nutricionais são corrigidas (Ferreira et al., 2009).

A superioridade da palma Miúda em relação a outros genótipos, principalmente, quando comparada com a Orelha de Elefante Mexicana já foi verificada (Rocha Filho, 2012; Silva et al., 2018). Porém, do ponto de vista agrônomo a palma Orelha de Elefante Mexicana tem-se mostrado menos exigente em nutrientes, mais tolerante às condições de estresse hídrico e também tem apresentado maior produção de matéria seca por unidade de área (37 t de MS/ha/2 anos) do que a palma miúda (21 t de MS/ ha/2 anos) (Santos et al., 2008), despertando maior interesse da sua inclusão na alimentação de vacas leiteiras no semiárido.

Um problema observado por Rocha Filho (2012) para inclusão da palma Orelha de Elefante Mexicana na dieta de vacas lactantes foi o menor consumo dos nutrientes e de produção de leite, associado à baixa aceitabilidade, quando comparada com dietas com palma Miúda. Como alternativa para solucionar tal problema seria o aumento na

proporção de concentrado em dietas com palma Orelha de Elefante Mexicana para compensar o menor consumo. Dessa forma, hipotetizou-se existir um nível de concentrado associado à palma Orelha de Elefante Mexicana que maximize o desempenho de vacas em lactação.

Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes níveis de concentrado em dietas com palma Orelha de Elefante Mexicana sobre o desempenho de vacas da raça Girolando em lactação.

MATERIAL E MÉTODOS

Todas as práticas de manejo dos animais seguiram as recomendações da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), sob o número de processo 23082.009868/2016 e número de licença 069/2016.

O experimento foi conduzido na estação experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), localizada no município de Arcoverde (8° 25' 15" S, 37° 3' 41" W; altitude 663 m), estado de Pernambuco, Brasil, apresentando clima seminário (Bsh) de acordo com a classificação de Köppen (1948).

Foram utilizadas 10 vacas múltiparas da raça Girolando (5/8 Holandês-Gir), com peso corporal de $512,62 \pm 53,66$ kg e com produção média de leite de $13,21 \pm 1,94$ kg/dia e 14 semanas de lactação, distribuídas em dois quadrados Latinos simultâneos 5x5.

O período experimental teve duração de 126 dias, sendo os 21 primeiros dias de adaptação às instalações e manejo e cinco períodos de 21 dias cada (14 primeiros para adaptação dos animais às dietas e sete dias para coleta de dados e amostras).

As dietas correspondentes a cada tratamento foram formuladas para serem isoproteicas, considerando a composição dos ingredientes e as exigências para vacas

leiteiras com produção média de leite de 14 kg/dia corrigido para 3,5% de gordura, segundo o NRC (2001). A ração foi fornecida *ad libitum* na forma de mistura total, dividida em duas refeições oferecidas às 8:00 h e 16:00 h, permitindo-se sobras de 5 a 10%. As sobras de alimentos foram pesadas diariamente antes da alimentação matinal para a estimativa do consumo de alimentos do dia anterior e ajustes no fornecimento.

Para o balanceamento da dieta controle com palma miúda utilizou-se o trabalho de Rocha Filho (2012), no qual verificou-se produção média de 14 kg de leite/dia com 3,5% de gordura. Os demais tratamentos consistiram de palma Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw.) associada com diferentes níveis de concentrado (20, 24, 28 e 32% na MS), sendo a primeira dieta (com 20%) igual ao da dieta controle (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Composição química dos ingredientes das dietas experimentais

Item (g Kg ⁻¹)	Silagem de Sorgo	Palma O.E.M	Palma Miúda	Milho Moído	Farelo de Soja
MS	331,0	90,7	156,0	868,3	875,6
MO	958,7	869,6	930,6	986,3	932,5
PB	65,8	43,8	39,3	90,0	452,1
EE	18,5	10,0	15,8	19,2	11,1
CNFcp	284,4	585,5	659,8	761,7	294,8
FDN	618,6	248,2	232,1	122,8	143,9
FDNcp	582,1	233,2	217,1	115,4	133,1
FDA	308,8	105,5	143,2	39,2	92,8
LIG	49,9	29,0	24,1	10,5	15,3

O.E.M: Orelha de Elefante Mexicana; MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; EE: Extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; FDNcp: fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas FDA: fibra em detergente ácido; LIG: Lignina

A ração concentrada foi misturada no início do período experimental, sendo uma amostra de cada alimento recolhida neste processo para análises. Durante todo o período

de coleta, nos dois turnos, foram feitas pesagens e amostragens de silagem de sorgo, palma forrageira, rações concentradas fornecidas e das sobras de cada animal. Ao final de cada período de 21 dias foram confeccionadas amostras compostas por animal, que, em seguida, foram armazenadas em freezer a - 20°C para posteriores análises químicas.

Tabela 2. Proporções dos ingredientes e composição química das dietas experimentais

Ingredientes	Níveis de Concentrado (%)				
	Controle	20	24	28	32
PMD	49,66	0,00	0,00	0,00	0,00
POEM	0,00	49,53	45,71	41,73	37,53
SS	30,34	30,47	30,29	30,27	30,47
Milho	2,25	3,50	7,90	12,30	16,70
FS	14,75	13,50	13,10	12,70	12,30
Sal Comum	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
SM ¹	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
U+S ²	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Composição química da dieta g kg ⁻¹ de MS					
MS	231,2	151,4	160,6	171,5	184,5
MO	912,7	883,2	887,9	892,8	897,9
FDNcp	306,7	314,9	309,5	304,6	300,5
FDN	326,9	335,2	329,4	324,2	319,9
CNFcp	474,6	443,1	452,6	461,6	469,9
FDA	179,4	160,2	157,0	154,1	151,6
LIG	29,6	32,0	31,2	30,4	29,7
PB	134,7	132,4	132,8	133,2	133,7
NDT	644,5	594,1	635,6	624,2	627,4
EE	15,5	12,8	13,2	13,6	14,0
CHT	781,2	758,0	762,0	766,2	770,4

SS: silagem de Sorgo; PMD: palma miúda; POEM: palma orelha de elefante mexicana; FS: Farelo de soja; 1 - SM: Sal mineral, composto por: Fosfatobicálcico; calcário; sal comum; flor de enxofre; sulfato de zinco; sulfato de cobre; sulfato de manganês; iodato de potássio; selenito de sódio; 2- Ureia e sulfato de amônia na proporção de 9:1, base da matéria natural; MS: Matéria seca; MO: Matéria orgânica; PB: Proteína bruta; EE: Extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; FDNcp: fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas FDA: fibra em detergente ácido; LIG: Lignina; CNFcp: Carboidratos não-fibrosos corrigido para cinzas e proteínas; NDT – nutrientes digestíveis totais; CHT: Carboidratos totais.

As amostras fecais foram coletadas diretamente na ampola retal dos animais do 16° ao 20° dia de cada período experimental, em diferentes momentos após a alimentação (8h00; 10h00; 12h00; 14h00 e 16h00). Em seguida foram confeccionadas amostras compostas por animal, que em seguida, foram armazenadas a -20°C para posteriores análises químicas.

Ao final do experimento as amostras de silagem de sorgo, palma forrageira, sobras e de fezes foram descongeladas, pré-secas (55°C por 72h) em estufa de ventilação forçada e moídas em moinho de facas do tipo *Willey*, com peneiras com crivos de 1mm para análises químicas e de 2mm para incubação ruminal *in situ*.

As vacas foram pesadas no início e no final de cada período experimental, após a ordenha.

Amostras de alimentos, sobras e fezes foram analisadas quanto seus teores de matéria seca (MS; Método INCT-CA G-003/1), matéria orgânica (MO, método INCT-CA M-001/1), proteína bruta (PB; procedimento Kjeldahl; Método INCT-CA N-001/1), extrato etéreo (EE, método INCT-CA G-005/1), fibra em detergente ácido (FDA; Método INCT-CA F-004/1), lignina (H₂SO₄ 72% p/p), fibra em detergente neutro (FDN; Método INCT-CA F-002/1). Para a análise de FDN, as amostras foram tratadas com α -amilase termoestável sem uso de sulfito de sódio, corrigidas para o resíduo de cinzas (CIDN; Método INCT-CA M-002/1) e compostos nitrogenados (NIDN; Método INCT-CA N-004/1). Os métodos foram conduzidos de acordo com o padrão de procedimentos analíticos do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Ciência Animal (INCT-CA; Detmann et al., 2012).

Os carboidratos totais (CHOT) foram calculados segundo Sniffen et al., (1992), os teores de carboidratos não-fibrosos (CNF) foram calculados de acordo com a equação

proposta por Detmann e Valadares Filho (2010) e o consumo de nutrientes digestíveis totais (CNDT) de acordo com Weiss (1999).

A excreção fecal foi estimada utilizando-se a FDN indigestível (FDNi), como marcador interno. As amostras de alimentos, sobras e fezes foram acondicionadas em sacos de tecido não tecido (TNT, 100 g m⁻²) e incubação *in situ* durante 288 h para determinação da FDNi (método INCT-CA n°. F-009/1; Detmann et al., 2012).

Amostras de sangue e urina foram coletadas no 21º dia, 4 h após a alimentação matinal, no qual o sangue foi coletado por punção da veia coccígea, em dois tubos: um contendo anticoagulante (EDTA) e outra contendo fluoreto de sódio. A urina foi obtida através de amostras spot (Chizzotti et al., 2008). Após a coleta, as amostras de sangue foram imediatamente centrifugadas a 2700 rpm durante 20 min. As amostras de plasma foram acondicionadas em tubos *ependorf* e congeladas a -15 ° C para posterior análise da concentração de nitrogênio ureico, glicose, beta-hidroxibutirato (BHB) e ácidos graxos não esterificados (AGNE), analisados utilizando um sistema colorimétrico com kits comerciais (Labtest Diagnóstica S.A.). A urina foi filtrada através de 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 posterior análise de ureia e alantoína (Chen & Gomes, 1992). A creatinina, ureia e o ácido úrico foram analisados utilizando um sistema colorimétrico com kits comerciais (Labtest Diagnóstica S.A.).

A excreção urinária diária foi estimada a partir da excreção de creatinina proposta de 24,05 mg/kg de peso vivo (Chizzotti et al., 2008). A produção microbiana foi calculada segundo Chen & Gomes (1992), considerando-se uma recuperação de purinas absorvidas de 0,85 e uma contribuição para a excreção endógena de purinas como recomendado por Gonzalez-Ronquillo et al., (2003).

O balanço de compostos nitrogenados (BN) foi obtido pela diferença entre o total

de nitrogênio ingerido (Ning) e o total de nitrogênio excretado nas fezes (N-fezes), na urina (N-urina) e no leite (N-leite). O cálculo da eficiência de utilização de nitrogênio foi realizado dividindo-se o N-total médio do leite (g/dia) pela ingestão média de nitrogênio da dieta (g/dia) (Broderick, 2003).

As vacas foram ordenhadas mecanicamente, duas vezes ao dia (6h00 e 15h00), fazendo-se o registro da produção de leite do 15^o ao 21^o dia de cada período experimental. Por meio de coletores da ordenhadeira mecânica foram tomadas amostras de leite (10% da produção diária) no 18^o e 19^o dia, nas ordenhas da manhã e da tarde, fazendo-se amostras compostas dos dois dias. Foram retiradas de cada amostra composta, duas alíquotas: a primeira alíquota (50 mL) foi acondicionada em frasco plástico com conservante (Bronopol[®]), mantidos entre 2 e 6^o C, e encaminhada para o Laboratório de Análises de Qualidade de Leite (PROGENE -UFRPE), para avaliação dos teores de proteína, gordura, lactose, sólidos totais e ureia de acordo com os métodos da ISO 9622/IDF 141C (2013). A segunda alíquota foi desproteïnizada com ácido tricloroacético (10 mL de leite misturados com 5 mL de ácido tricloroacético a 25%), filtrada em papel-filtro e armazenada a -20^oC para análise de alantoína. A produção de leite (PL) corrigida para 3,5% de gordura (PLCG) foi calculada segundo Sklan et al., (1992).

Os dados foram submetidos a análise de variância e regressão utilizando o PROC MIXED do software SAS (versão 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC), adotando-se nível de significância de 5% para o erro tipo I, de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + Q_j + P_k + (A/Q)l_j + \tau^*Q_{ij} + \epsilon_{ijkl}$$

onde: Y_{ijkl} = observação $ijkl$; μ = media geral; T_i = efeito fixo do tratamento i ; Q_j = efeito fixo do quadrado j ; P_k = efeito fixo do período k ; $(A/Q)_{lj}$ = efeito aleatório do animal l dentro do quadrado j ; τ^*Q_{ij} = efeito fixo da interação tratamento i e quadrado j ; ε_{ijkl} = erro aleatório com a media 0 e variância σ^2 .

O teste de Dunnett foi utilizado para comparar o tratamento controle (dieta com palma Miúda) com os demais tratamentos (níveis inclusão de concentrado em dietas com palma Orelha de Elefante Mexicana) ($P < 0,05$). As comparações entre os níveis de inclusão de concentrado nas dietas foram conduzidas pela decomposição da soma dos quadrados em contrastes ortogonais com efeitos lineares e quadráticos ($P < 0,05$), com ajuste subsequente das equações de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A dieta controle proporcionou os 14 kg de leite com 3,5% de gordura como esperado, servindo como base de comparação com as dietas com a palma Orelha de Elefante Mexicana e diferentes níveis de concentrado. As vacas alimentadas com a dieta controle apresentaram maiores consumos para a maioria dos nutrientes (MS, MO, PB, CNFcp e NDT), com exceção de FDNcp, do que aquelas que receberam dietas com palma OEM, independentemente do nível concentrado. A inclusão de concentrado, às dietas com palma OEM, proporcionou aumento linear nos consumos de MS, MO, PB, CNFcp e NDT. Já o consumo de FDNcp não foi alterado (Tabela 3).

A digestibilidade da MS foi maior para a dieta controle do que a dieta com palma OEM e 20% de concentrado. A inclusão de concentrado nas dietas com palma OEM não alterou a digestibilidade dos nutrientes (Tabela 3).

Observou-se similaridade dos dados observados no presente trabalho quando comparado aqueles verificados por Rocha Filho (2012), que serviram de base para a

dieta controle. O consumo de matéria seca e a produção de leite verificado por aquele autor foram de 14,96 e 12,11 kg/dia e 14,0 e 13,0 kg/dia para miúda e OEM, respectivamente.

Tabela 3. Consumo e digestibilidade de nutrientes em vacas mestiças alimentadas com dieta a base de palma OEM e diferentes níveis de concentrado.

Item	Níveis de Concentrado (%)					EPM	P-valor		
	Controle	20	24	28	32		L	Q	D
Consumo (kg dia ⁻¹)									
MS ¹	15,4	12,8*	13,5*	13,8*	14,4*	0,28	0,0003	0,798	0,000
MO ²	14,1	11,4*	12,0*	12,4*	12,9*	0,24	<0,0001	0,902	0,000
PB ³	2,10	1,75*	1,83*	1,87*	1,97*	0,04	0,001	0,850	0,000
CNFcp ⁴	7,48	5,70*	6,15*	6,43*	6,88*	0,13	<0,0001	0,964	0,000
FDNcp	4,53	4,04	4,16	4,19	4,24	0,15	0,171	0,673	0,248
NDT ⁵	9,90	7,54*	8,62*	8,63*	9,07*	0,22	<0,0001	0,156	0,000
Consumo (g PV ⁻¹)									
MS ⁶	30,4	25,2*	26,3*	26,8*	27,9*	0,06	0,003	0,995	0,000
FDNcp	8,97	7,99	8,12	8,15	8,20	0,19	0,455	0,817	0,100
Digestibilidade aparente total (g kg ⁻¹)									
MS	630	559*	614	603	605	1,50	0,073	0,092	0,033
MO	648	603	649	634	635	1,30	0,173	0,099	0,125
PB	660	646	656	637	639	2,23	0,689	0,855	0,515
FDNcp	487	522	549	520	509	2,99	0,527	0,423	0,443

OEM – Orelha de Elefante Mexicana; EPM - erro padrão da média; L - efeito linear; Q - efeito quadrático; D – efeito Dunnett; MS - matéria seca; MO - matéria orgânica; PB - proteína bruta; CNFcp - carboidratos não fibrosos corrigido para cinzas e proteínas; FDNcp - fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas; NDT – nutrientes digestíveis totais; PV – peso vivo;

* Médias diferem significativamente daquelas do tratamento PGG (teste Dunnett; P<0,05).

¹y = 10,191+0,1315nc; ²y = 8,844+0,1285nc; ³y = 1,4+0,0175nc; ⁴y = 3,807+0,0955nc; ⁵y = 5,475+0,115nc; ⁶y = 20,96+0,215nc; ⁷y = 602,08+4,4575nc;

Considerando que, com a proporção de sobras observada (10,46%), os teores dos diferentes ingredientes não foram alterados. Com base nessa premissa, e considerando que as vacas não selecionaram os alimentos, ficou claro o efeito inibitório do consumo

de matéria seca total pela palma OEM. Rocha filho (2012) e Silva et al., (2018), também observaram este efeito. No entanto, no trabalho de Monteiro et al., (2018), não foi observado este efeito. A diferença residiu na proporção de concentrado que foi significativamente maior (30%) e conseqüentemente menor proporção de palma (39%).

Apesar de não ter sido quantificado uma outra causa que poderia se levantar, seria a interferência do ácido málico. O aumento da suplementação com ácido málico diminui o consumo de matéria seca, o que pode ter efeitos potencialmente negativos sobre o desempenho dos animais (Foley et al., 2009). Além disso, a OEM apresenta mais conteúdo de ácidos orgânicos do que outros genótipos que implicam cheiro ácido após picado (Silva et al., 2017), fato que pode interferir negativamente na ingestão de alimentos.

A fixação de CO₂ nas plantas CAM ocorre apenas à noite, no escuro, quando os estômatos estão abertos. Nesse momento, ocorre a fixação do CO₂ em fosfoenolpiruvato para formar o oxaloacetato. Essa última substância é transformada rapidamente em malato e estocada durante toda a noite nos vacúolos na forma de ácido málico. Quando chega o dia, os estômatos fecham-se e o ácido málico é retirado do vacúolo, transportado ao cloroplasto da célula e descarboxilado, produzindo, assim, piruvato e CO₂. O CO₂ fixado é então transferido para ribulose 1,5-bifosfato (RuBP) do ciclo de Calvin. O piruvato produzido pode ser convertido em açúcar e amido.

Podemos concluir, portanto, que nas plantas CAM ocorre a formação de ácido málico no período noturno e seu consumo durante o período diurno. Isso faz com que o sabor da planta mude durante o dia, pois à noite é observado um sabor mais ácido, mas durante o dia a planta torna-se mais adocicada. Ressalta-se que a 1ª alimentação era fornecida às 8:00 da manhã. Este fato parece ser mais evidente na palma orelha de elefante mexicana. Silva et al., (2017) mensuraram o pH da palma miúda e da orelha de

elefante mexicana, colhida no período da manhã e verificaram pH significativamente menor na palma orelha de elefante mexicana (4,59) em relação à palma miúda (5,01).

Apesar do consumo de MS da dieta com palma OEM mais concentrado ter sido menor do que o consumo de MS da dieta controle, a PL foi garantida e o ganho de peso corporal foi de 22, 36, 40 e 70 g / dia para dietas com 20%, 24%, 28% e 32% de inclusão de concentrado, respectivamente. Além disso, o balanço de nutrientes apresentado explica a similaridade na PL observada entre a dieta controle e a dieta com palma OEM e 32% de concentrado. Entretanto, a maior ingestão de MS para dieta controle pode ser benéfica após o pico de lactação para recuperar as reservas corporais e preparar a condição corporal para o próximo parto, considerando que as vacas alimentadas com a dieta controle ganharam 200 g / dia durante o experimento.

Em relação à FDN, houve uma compensação, ou seja, com o acréscimo na proporção de concentrado, houve diminuição nos teores de fibra das dietas (Tabela 2), o que provavelmente foi um dos fatores que estimulou o aumento no consumo de MS, explicado pela maior concentração de carboidratos de rápida fermentação ruminal (CNF) (Owens F.N. & Goetsh A.L., 1993), como observado por Inácio et al., (2017), que testaram diferentes níveis de concentrado para novilhas alimentadas com bagaço de cana como fonte exclusiva de forragem . Por outro lado, Chung et al., (2008), relacionam o aumento do consumo dos nutrientes à maior densidade física do concentrado, pela diminuição do tamanho de partículas em relação ao volumoso. Os principais efeitos são o aumento da taxa de passagem da digesta pelo trato gastrointestinal, possibilitando o aumento do consumo.

Não foram verificadas diferenças entre a dieta controle e os diferentes níveis de concentrado nas dietas com palma OEM para os diferentes parâmetros sanguíneos. As concentrações de nitrogênio ureico plasmático (NUP), ureia e glicose não foram

alteradas com a inclusão de concentrado nas dietas com palma OEM. Por outro lado, as concentrações de ácidos graxos não esterificados (AGNE) e β - hidroxibutirato (BHB) diminuíram linearmente (Tabela 4).

Tabela 4. Parâmetros sanguíneos em vacas mestiças alimentadas com dieta a base de palma OEM e diferentes níveis de concentrado

Item	Níveis de Concentrado (%)					EPM	P-valor		
	Controle	20	24	28	32		L	Q	D
NUP ¹ (mg dL ⁻¹)	22,9	22,3	23,2	21,4	23,7	0,85	0,516	0,396	0,356
Ureia (mg dL ⁻¹)	48,9	47,7	49,6	45,7	50,8	1,81	0,516	0,396	0,356
AGNE (mmol L ⁻¹) ¹	0,28	0,60	0,30	0,05	0,14	0,14	0,013	0,172	0,082
BHB (mmol L ⁻¹) ²	0,74	0,75	0,72	0,65	0,64	0,04	0,018	0,755	0,116
Glicose (mg dL ⁻¹)	52,5	50,3	49,3	51,5	49,1	3,91	0,913	0,798	0,8977

OEM – Orelha de Elefante Mexicana; EPM - erro padrão da média; L - efeito linear; Q - efeito quadrático; D – efeito Dunnett;

NUP: nitrogênio ureico no plasma; AGNE: ácidos graxos não esterificados; BHB: beta-hidroxibutirato.

¹y=1,332-0,0408nc; ²y=0,95-0,01nc

Os AGNE e o BHB são parâmetros metabólicos importantes para medição do status nutricional e da adaptação ao balanço energético negativo de vacas leiteiras durante a mobilização de tecido corporal (Chung et al., 2008). Os níveis de AGNE observados (Tabela 4) foram inferiores aos níveis considerados como normais (0,60 mmol/L) por Ospina et al., (2010), no entanto, acima deste valor indica aumento dos riscos de ocorrência de doenças metabólicas como deslocamento de abomaso, cetose clínica, metrite e retenção de placenta.

O BHB é importante em vacas leiteiras como indicador de cetose subclínica, ocasionada pela mobilização de gordura corporal para suprir o déficit energético (Enjalbert et al., 2001). A concentração de BHB observada no presente estudo esteve abaixo do nível considerado como indicativo de cetose subclínica (> 1,4 mmol/L), por Geishouser et al., (2000) e do nível de 10mg/dL ou 0,97 mmol/L, por Ospina et al.,

(2010), indicativos de outras doenças metabólicas, indicando que não houve mobilização de gordura. Com relação ao NUP da dieta controle (22,9 mg/dL) e das dietas com palma OEM (22,3; 23,2; 21,4 e 23,7 mg/dL) (Tabela 4), estão acima do limite de 19 mg/dL, o qual indica perdas de nitrogênio dietéticos nas vacas (Butler et al., 1996 & Oliveira et al., 2001), o que mostra a ineficiência da utilização da proteína dietética por esses animais.

Não foi observada diferença ($P>0,05$) entre a dieta controle e os diferentes níveis de concentrado nas dietas com palma OEM para VU, UU, NUP, NUL, SNmic, SPbmic, ESPmic, que também não foram alterados ($P>0,05$) em função da inclusão de concentrado nas dietas com palma OEM (Tabela 5).

Tabela 5- Volume urinário, excreção de nitrogênio ureico e síntese e eficiência de síntese de proteína microbiana

Item	Níveis de Concentrado (%)					EPM	P-valor		
	Controle	20	24	28	32		L	Q	D
VU (L dia ⁻¹)	29,5	38,5	29,2	34,6	27,9	5,15	0,26	0,80	0,56
UU (mg dL ⁻¹)	2442	2542	2445	2288	2444	88,48	0,26	0,16	0,39
NUP (mg dL ⁻¹)	22,9	22,3	23,2	21,4	23,7	0,85	0,51	0,39	0,35
NUL (mg dL ⁻¹)	12,53	13,39	12,08	11,54	12,16	0,69	0,18	0,17	0,42
SNmic, (g dia ⁻¹)	192	148	159	160	177	23,3	0,39	0,90	0,69
SPbmic, (g dia ⁻¹)	1201	924	996	1001	1109	146	0,39	0,90	0,69
ESPMic, (g Pbmic Kg de NDT ⁻¹)	120	123	119	121	124	15,7	0,96	0,84	0,99

VU= Volume Urinário; UU=Ureia urina; NUP= Nitrogênio ureico no plasma; NUL= Nitrogênio ureico no leite; SNmic= Síntese de nitrogênio microbiano; SPbmic= Síntese de proteína microbiana; ESPmic=Eficiência da síntese de proteína microbiana

A ausência de variação dos valores estimados da síntese e eficiência da síntese de PB microbiana (Tabela 5) com a oferta das dietas contendo palma forrageira pode ser explicada pelas quantidades de carboidratos da dieta (Tabela 2), que foram suficientes para o suprimento de energia necessário para a fermentação da fibra e síntese de proteína

microbiana. Os valores de NUL (12,53; 13,39; 12,08; 11,54 e 12,16 mg/dL), se encontram dentro da variação de 12 a 17 mg/dL, o qual segundo Abrahamse et al., (2008) valores dentro desta variação indicaria adequado balanceamento de proteína degradada e energia fermentada no rúmen.

O balanço de nitrogênio (N) verificado nas vacas alimentadas com a dieta controle foi semelhante ($P>0,05$) àquelas que receberam a dieta com palma OEM, independentemente do nível de concentrado. A excreção de N no leite foi maior ($P<0,05$) na dieta controle em relação à aquelas com palma OEM com 20 e 24% de concentrado. O N ingerido e a excreção de N no leite aumentaram linearmente ($P<0,05$) com a inclusão de concentrado nas dietas com palma OEM, não influenciando ($P>0,05$) a excreção de N na urina e fezes (Tabela 6).

Apesar da alteração no consumo de N, com relação ao balanço de N, a similaridade dos resultados observados tanto nos animais recebendo a dieta controle quanto aqueles suplementados com concentrado e mesmo dentro dos níveis, podem ser explicados pela maior excreção via leite quer seja pela quantidade de leite produzido bem como pela maior proporção de proteína (Tabela 6).

A PLCG das vacas suplementadas com 32% de concentrado na dieta com palma OEM foi semelhante ($P>0,05$) àquelas que receberam a dieta controle (Tabela 7). A PLCG ($P<0,05$) aumentou linearmente com a inclusão de concentrado nas dietas com palma OEM (Tabela 7). Os teores de gordura, proteína e sólidos totais (ST), foram maiores para a dieta controle, quando comparados com as dietas com palma OEM. Com a inclusão de concentrado nas dietas com palma OEM, não influenciando ($P>0,05$) os teores de gordura, proteína, lactose, sólidos totais (ST), caseína, nitrogênio ureico e eficiência alimentar (Tabela 7). A eficiência de utilização do concentrado da dieta controle foi menor que a dieta com 20% de concentrado e maior do que os níveis de 24,

28 e 32% de concentrado (Tabela 7). A medida que se aumentou os níveis de concentrado nas dietas a eficiência de utilização do concentrado diminuiu linearmente (Tabela 7).

Tabela 6. Consumo de N, excreção de N nas fezes, na urina e no leite e balanço de N em vacas mestiças alimentadas com dieta a base de palma OEM e diferentes níveis de concentrado.

Item	Níveis de Concentrado (%)					EPM	P-valor		
	Controle	20	24	28	32		L	Q	D
Total N ingerido (g dia ⁻¹) ¹	337	279*	293*	299*	316*	6,13	0,001	0,850	0,000
Excreção Fecal									
Total N (g dia ⁻¹)	115	99,2	99,7	109	113	7,72	0,149	0,810	0,416
Total N, % do ingerido	33,9	35,5	34,4	36,4	36,2	2,23	0,689	0,855	0,426
Excreção urinaria									
Total N (g dia ⁻¹)	29,9	25,2	21,9	19,6	19,9	5,17	0,434	0,725	0,465
Total N, % do ingerido	8,73	8,68	7,73	6,73	6,45	1,63	0,300	0,838	0,486
Excreção Leite									
Total N (g dia ⁻¹) ²	69,6	59,2*	62,7*	65,1	68,0	1,44	0,001	0,862	0,000
Total N, % do ingerido	20,8	21,3	21,5	21,8	21,7	0,47	0,468	0,746	0,436
Balanço N									
N retido (g dia ⁻¹)	122	95,6	109	106	114	10,91	0,177	0,792	0,463
N retido, % N ingerido	36,5	34,6	36,4	35,1	35,7	3,27	0,863	0,828	0,479
Efic. g N leite/g N ing.	0,21	0,21	0,21	0,22	0,22	0,00	0,468	0,746	0,436

EPM - erro padrão da média; L - efeito linear; Q - efeito quadrático; D - efeito Dunnett; N: nitrogênio; Efic. N: eficiência do nitrogênio, EPM - erro padrão da média;

* Médias diferem significativamente daquelas do tratamento PGG (teste Dunnett; P<0,05).

¹y = 222,14+2,8747nc; ²y = 45,106+0,7178nc

A inclusão de concentrado proporcionou aumento no consumo de nutrientes e conseqüentemente na produção de leite, sem alterar o teor de gordura. Apenas a dieta com maior nível de concentrado (32%) proporcionou produção de leite igual àquela verificada para o controle (Tabela 7), explicado pela similaridade no consumo de nutrientes, notadamente NDT (Tabela 3).

A maior quantidade de proteína (3,5 g 100g⁻¹) do leite da dieta controle quando comparada com as demais dietas experimentais (3,25; 3,26; 3,27; 3,32 g 100g⁻¹), está relacionado a maior quantidade de CNF da dieta controle, fornecendo energia rapidamente disponível para os microrganismos do rúmen sintetizarem a proteína microbiana. Segundo Abrahamse et al., (2008), dietas com maior proporção de CNF, mesmo com consumo de energia digestível semelhantes, fornecem maior suprimento de carboidratos fermentescíveis, e pode resultar em maior teor de proteína no leite.

Tabela 7- Produção e composição do leite e eficiência alimentar em vacas mestiças alimentadas com dieta a base de palma OEM e diferentes níveis de concentrado

Item	Níveis de Concentrado (%)					EPM	P-valor		
	Controle	20	24	28	32		L	Q	D
PLCG 3,5% (Kg dia ⁻¹)	14,00	12,5*	12,8*	13,4*	14,0	0,28	0,003	0,300	0,001
Gordura (g 100g ⁻¹)	4,18	3,94*	3,76*	3,83*	3,94*	0,07	0,815	0,052	0,001
Proteína (g 100g ⁻¹)	3,50	3,25*	3,26*	3,27*	3,32*	0,03	0,099	0,489	0,000
Lactose (g 100g ⁻¹)	4,42	4,43	4,44	4,46	4,47	0,02	0,253	1,000	0,525
ST (g 100g ⁻¹)	13,1	12,6*	12,5*	12,6*	12,7*	0,08	0,261	0,052	0,000
Caseína (g 100g ⁻¹)	2,75	2,51	2,52	2,55	2,59	10,88	0,624	0,273	0,422
NU (mg dL ⁻¹)	12,5	13,4	12,1	11,5	12,2	0,69	0,180	0,172	0,425
EA	0,94	0,97	0,93	0,95	0,97	0,02	0,887	0,197	0,589
EC	4,56	4,91*	4,00*	3,50*	3,07*	0,08	0,001	0,234	0,001

OEM – Orelha de Elefante Mexicana; EPM - erro padrão da média; L - efeito linear; Q - efeito quadrático; D – efeito Dunnett; PLCG: produção de leite corrigido para 3,5% de gordura; ST: sólidos totais; NU: Nitrogênio Ureico; EA: eficiência alimentar (kg de PLCG/ kg matéria seca consumida); EC: eficiência de utilização do concentrado (kg de PLCG/ kg de concentrado).

* Médias diferem significativamente daquelas do tratamento PGG (teste Dunnett; P<0,05).

¹y = 9,782+0,1305nc; ²y = 8,499+0,0085nc;

Uma vez que a aceitabilidade é definida em função das características físicas e químicas que “provocam o apetite”, além disso, os ruminantes selecionam seus alimentos com base no sabor e na cor, essas observações comprovam a necessidade de

mais estudos com a Palma OEM para desvendar os motivos pelos quais os animais não ingerem a mesma quantidade de matéria seca do que quando recebem a miúda.

A eficiência de utilização do concentrado se torna melhor, quando se utiliza dietas com 20% de concentrado, 50% de palma OEM e 30% de silagem de sorgo (4,91 kg de leite/kg de concentrado), quando comparado com os outros níveis de concentrado nas dietas (4,0; 3,5 e 3,07 kg de leite/kg de concentrado). Este fato pode ser explicado pela pequena diferença na produção de leite (Tabela 7) e o aumento no consumo de concentrado com os maiores níveis de concentrado nas dietas. Além disso, para cada US\$ gasto com alimentação das vacas, é possível retorno de 0,49, 0,57, 0,53, 0,52, 0,50 US \$ / dia de leite, considerando a dieta controle, e inclusão de 20%, 24%, 28% e 32% de concentrado nas dietas a base de palma OEM, respectivamente.

Apesar do menor retorno calculado para a inclusão de 32% de concentrado, deve-se considerar o ganho diário de 70 g promovido por essa dieta, o que implica em melhor eficiência reprodutiva do rebanho e importante fonte de energia para substituir a reserva corporal no início da lactação. Aumento no volume total de leite produzido por dia (1,5 kg / dia a mais que o volume promovido pela inclusão de 20% de concentrado). Por outro lado, um nível mais baixo de concentrado poderia ser usado no sistema de produção para alimentar vacas leiteiras no estágio tardio da lactação.

Assim, a palma OEM é uma opção viável no sistema de bovinocultura de leite, e as principais vantagens são as características agronômicas, pois demanda menos nutrientes e é mais tolerante ao estresse hídrico. Além disso, a palma OEM apresenta uma produção maior de matéria seca por unidade de área (37 t de MS / ha / 2 anos) do que a palma miúda (21 t de MS / ha / 2 anos) (Santos et al. 2013), o que pode compensar os custos adicionais com concentrado.

CONCLUSÕES

Para vacas mestiças produzindo 14 kg/dia com 3,5% de gordura recomenda-se a inclusão de 32% de concentrado em dietas com palma Orelha de Elefante Mexicana, com desempenho semelhante às aquelas alimentadas com palma Miúda e 20% de concentrado. Além disso, a inclusão de concentrado nas dietas à base de palma Orelha de Elefante Mexicana promove um aumento linear na produção de leite.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrahamse, P.A.; Vlaeminck, B.; Tamminga, S.; Dijkstra, J. (2008). The effect of silage and concentrate type on intake behaviour, rumen function, and milk production in dairy cows in early and late lactation. *Journal of Dairy Science*. 91(12):4778-4792.
- Araújo, P.R.B.; Ferreira, M.A.; Brasil, L.H.A.; Santos, D.C.; Lima, R.M.B.; Vêras, A.S.C.; Santos, M.V.F.; Bispo, S.V.; Azevedo, M. (2004). Substituição do Milho por Palma Forrageira em Dietas Completas para Vacas em Lactação. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 33(6):1850-1857.
- Broderick, G.A. (2003). Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 86(4):1370-1381.
- Butler, W.R.; Calaman, J.J.; Beam, S.W. (1996). Plasma and milk urea nitrogen in relation to pregnancy rate in lactating dairy cows. *Journal of Animal Science*, 74(4):858-865.
- Chen, X.B. And Gomes, M.J. (1992). 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. (occasional publication), 21p.
- Chizzotti, M.L., Valadares Filho, S.C.; Valadares, R.F.D. (2008). Determination of creatinine excretion and evaluation of spot urine sampling in Holstein cattle. *Livestock Science*, 113(2-3):218-225.
- Chung, Y.M.; Pickett, M.M.; Cassidy, T.W.; Varga, G.A. (2008). Effects of prepartum dietary carbohydrate source and monensin on periparturient metabolism and lactation in multiparous cows. *Journal of Dairy Science*, Champaign, 91(7):2744-2758.
- Detmann, E. And Valadares Filho, S.C. (2010). On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 62(4):980-984.
- Detmann, E.; Souza, M.A.; Valadares Filho, S.C.; Queiroz, A.C.; Berchielli, T.T.; Saliba, E.O.S.; Cabral, L.S.; Pina, D.S.; Ladeira, M.M.; Azevedo, J.A.G. (2012). Métodos para análise de alimentos - INCT - Ciência Animal. Visconde do Rio Branco: Suprema, 214p.
- Enjalbert, F.; Nicot, M.C.; Bayourthe, C.; Moncoulon, R. (2001). Ketone bodies in milk and blood of dairy cows: relationship between concentrations and utilization for detection of subclinical ketosis. *Journal of Dairy Science*, 84(3):583-589.
- Ferreira, M.A.; Silva, F.M.; Bispo, S.V.E Azevedo, M. (2009). Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semi-árido do Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(spe):322-329.
- Foley, P.A.; Kenny, D.A.; Callan, J.J.; Boland, T.M.; O'mara, F.P. (2009). Effect of DL-malic acid supplementation on feed intake, methane emission, and rumen fermentation in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 87(3): 1048-1057.

- Geishauser, T.; Leslie, K.; Tenhag, J.; Bashiri, A. (2000). Evaluation of eight cow-side ketone tests in milk for detection of subclinical ketosis in dairy cows. *Journal of Animal Science*, Champaign, 83(2):296-299.
- González-Ronquillo, M.; Balcells, J.; Guada, J.A. (2003). Purine derivative excretion in dairy cows: Endogenous excretion and the effect of exogenous nucleic acid supply. *Journal of Dairy Science*, 86(4):1282-1291.
- Inácio, J.G.; Ferreira, M.A.; Silva, R.C.; Silva, J.L.; Oliveira, J.C.V.; Santos, D.C.; Soares, L.F.P.; Campos, J.M.S. (2017). Sugarcane bagasse as exclusive roughage for dairy heifers. *Revista Brasileira de Zootecnia (Online)*, 46(1):80-84.
- Köppen, W. (1948). *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. México: Fondo de Cultura Economica, 478 p.
- Monteiro, C.C.F.; Ferreira, M.A.; Vêras, A.S.C.; Guido, S.I.; Almeida, M.P.; Silva, R.C.; Inácio, J.G. (2018). A new cactus variety for dairy cows in areas infested with *Dactylopius opuntiae*. *Animal Production Science*, 59(3):479-485.
- National Research Council - NRC. (2001). *Nutrient requirements of the dairy cattle*. 7.ed. Washington, D.C.:National Academy Press, 363p.
- Oliveira, A.S.; Valadares, R.F.D.; Valadares Filho, S.C.; Cecon, P.R.; Rennó, L.N.; Queiroz, A.C.; Chizzotti, M.L. (2001). Produção de proteína microbiana e estimativas das excreções de derivados de purinas e de uréia em vacas lactantes alimentadas com rações isoprotéicas contendo diferentes níveis de compostos nitrogenados não-protéicos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30(5):1621-1629.
- Oliveira, M.C.; Campos, J.M.S.; Oliveira, A.S.; Ferreira, M.A.; Melo, A.A.S. (2016). Benchmarks for milk production systems in the pernambuco agreste region, northeastern brazil. *Revista Caatinga*, 29(3):725-734.
- Ospina, P.A.; Nydam, D.V.; Stokol, T.; Overton, T.R. (2010). Evaluation of nonesterified fatty acids and β -hydroxybutyrate in transition dairy cattle in the northeastern United States: Critical thresholds for prediction of clinical diseases. *Journal of Dairy Science*, 93(2): 546-54.
- Owens FN, Goetsh AL. (1993). Fermentación ruminal. In: Church DC. *The ruminant: digestive physiology and nutrition*. Zaragoza, Spain: Acríbia; 159-90.
- Rocha Filho, R. R. (2012). *Palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim em dietas para ruminates*. Tese (D.Sc.) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Brasil.
- Santos, D.C.; Lira, M.A.; Silva, M.C.; Cunha, M.V.; Pereira, V.L.A.; Farias, I.; Felix, A.C. (2008). Características agronômicas de clones palma resistentes a cochonilha do carmim em Pernambuco In: Congresso Nordestino de Produção Animal, 2008, Aracaju. *Anais do V Congresso Nordestino de Produção Animal*. Aracaju: SNPA.
- SAS. (2001). *Institute Inc. Statistical Analysis System Introductory Guide for Personal Computers*. Release. Cary, (NC: Sas Institute Inc.).
- Silva, E.T.S.; Melo, A.A.S.; Ferreira, M.A.; Oliveira, J.C.V.; Santos, D.C.; Silva, R.C.; Inácio, J.G. (2017). Acceptability by Girolando heifers and nutritional value of erect

prickly pear stored for different periods. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52(9):761-767.

Silva, R.C.; Ferreira, M.A.; Oliveira, J.C.V.; Santos, D.C.; Gama, M.A.S.; Chagas, J.C.C.; Inácio, J.G.; Silva, E.T.S.; Pereira, L.G.R. (2018). Orelha de Elefante Mexicans (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw.) spineless cactus as an option in crossbred dairy cattle diet. *South African Journal of Animal Science*, 48(3):516-525.

Sklan, D.; Ashkenazi, R.; Braun, A. (1992). Fatty acids, calcium soaps of fatty acids and cottonseeds fed to high yielding cows. *Journal of Dairy Science*, 75(9):2463-2472.

Sniffen, C. J.; O'connor, J. D.; Van Soest, P. J.; Fox, D.G.; Russel, J.B. (1992). A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets; II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, 70(11):3562-3577.

Wanderley, W.L; Ferreira, M.A.; Batista, A.M.V.; Vêras, A.S.C; Bispo, S.V.; Silva, F.M.; Santos, V.L.F. (2012). Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais em ovinos recebendo silagens e fenos em associação à palma forrageira. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 13(2):444-456.

Weiss, W. P. (1999). Energy prediction equations for ruminant feeds. In: *Proceedings of the 61th Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers*. Cornell University, Ithaca, p.176-185.

CAPÍTULO 2

Palma forrageira para vacas em lactação: uma abordagem meta-analítica

Palma forrageira para vacas em lactação: uma abordagem meta-analítica

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito dos níveis de palma forrageira e dos constituintes nutricionais da dieta (fibra em detergente neutro -FDNd, carboidratos não fibrosos - CNFd e nutrientes digestíveis totais - NDTd) sobre a produção de vacas leiteiras, usando técnicas de meta-análise. O conjunto de dados que atendeu aos critérios para inclusão no estudo foram compilados de 31 estudos, sendo 16 com vacas da raça Holandês (51,61%), com 72 observações e 15 com vacas da raça Holandês x Gir (48,39%) com 66 observações. A variável resposta analisada foi a produção de leite corrigido para gordura (PLCOR) e as explicativas foram o nível de palma na dieta (NP) e as variáveis nutricionais da dieta (FDNd, CNFd, PBd e NDTd) e suas respectivas interações. Os dados foram analisados de acordo com modelos mistos, levando em consideração os efeitos dos diferentes estudos como efeito aleatório. O comportamento da PLCOR em relação a NP foi quadrático independentemente do nível de FDNd. Independentemente do NP a PLCOR apresentou um afeito linear. Houve interação entre NP e CNFd, o comportamento da PLCOR em relação ao NP mostrou-se diretamente proporcional as alterações do CNFd . Tendo como base a meta-análise a produção máxima de leite foi estimada em 19,86 kg com 21% de palma.

Palavras-chave: Opuntia, gado leiteiro, metanálise, modelos mistos

Cactus cladodes for lactation cows: a meta-analytical approach

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of the levels of cactus cladodes and the nutritional constituents of the diet (neutral detergent fiber -NDFd, non-fibrous carbohydrates - NFCd and total digestible nutrients - TDNd) on the production of dairy cows, using the meta-analysis procedure. The data set that met the criteria for inclusion in the study were compiled from 31 studies, 16 with Holstein cows (51.61%), with 72 observations and 15 with Holstein x Gir cows (48.39%) with 66 observations. The response variable analyzed was the fat-corrected milk yield (FCM) and the explanatory factors were the level of cactus cladodes in the diet (CC) and the nutritional variables of the diet (NDFd, NFCd, CPd and TDNd) and their respective interactions. The data were analyzed according to mixed models, taking into account the effects of different studies as a random effect factor. The behavior of FCM in relation to CC was always quadratic irrespective of the NDF level. Irrespective of the CC, FCM always presented a linear affection. There was an interaction between CC and NFCd, that is, the behavior of FCM in relation to CC changes as the NFCd changes. The meta-analysis revealed that the maximum production of 19.86 kg of milk was estimated with 21% cactus.

Keywords: Opuntia, dairy cattle, meta-analysis, mixed models

INTRODUÇÃO

No século XX iniciou-se a utilização da palma como planta forrageira, e intensificou-se seu uso para tal objetivo nos anos 1990 quando um período de estiagem prolongado acometeu a região nordeste do Brasil (Albuquerque 2005; Simões et al., 2005). Assim, iniciou-se também o estudo científico da utilização dessa planta na alimentação de animais de ruminantes.

Fisiologia CAM, adaptação ao clima semiárido, alto teor de energia, alta concentração de água e consequente bom desempenho dos animais, transformou a palma forrageira de ingrediente alternativo para ingrediente convencional na dieta de ruminantes nos estados de Alagoas, Pernambuco e Paraíba.

Apesar de vários anos de estudo sobre essa forragem, algumas respostas no tocante ao desempenho de animais alimentados com dietas contendo palma não podem ser categoricamente afirmadas devido à heterogeneidade entre os estudos realizados.

Para cobrir tal lacuna, uma alternativa é o estudo das respostas experimentais por intermédio de meta-análise, a qual é aplicada com o propósito de integração de resultados, sobre uma questão específica (Glass, 1976), propiciando resumir e quantificar conhecimentos adquiridos de vários trabalhos científicos (Sauvant et al., 2008). Neste caso, é possível controlar a variação aleatória característica de cada experimento individual (St Pierre, 2001) e ampliar o domínio das variáveis independentes, permitindo a construção de inferências mais seguras e amplas sobre o desempenho animal em função da utilização da palma forrageira como componente dietético.

Assim, o objetivou-se avaliar os efeitos dos níveis de palma forrageira e dos constituintes nutricionais da dieta (fibra em detergente neutro, carboidratos não fibrosos

e nutrientes digestíveis totais) sobre a produção de vacas leiteiras, usando técnicas de meta-análise.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição do banco de dados

Os dados utilizados, foram coletados de experimentos que avaliavam consumo e desempenho de vacas da raça holandês ou holandês x Gir em lactação confinadas. Todos os estudos testavam dietas contendo palma forrageira (*Opuntia fícus indica*, *Nopalea cochenillifera*) variando de 0 (zero) a 63% da matéria seca (MS) da dieta com animais alimentados *ad libitum*.

Para serem incluídos no banco de dados final, os estudos deveriam atender aos pré-requisitos mínimos: disponibilidade de informações de níveis de palma (NP) na dieta, teor de fibra em detergente neutro na dieta (FDNd), carboidratos não fibrosos na dieta (CNFd), proteína bruta na dieta (PBd), nutrientes digestíveis total na dieta (NDTd), consumo de matéria seca (CMS), produção de leite (PL), produção de leite corrigido 4% de gordura (PLCOR) e % de gordura do leite. O conjunto de dados que atenderam aos critérios para inclusão neste estudo foram compilados de 31 estudos publicados em revistas científicas indexadas no CSIRO Publishing, SciELO, Scopus e Web of Science e no catálogo de teses e dissertações – CAPES.

Estes 31 estudos resultaram em 138 observações, sendo 16 estudos com vacas Holandês (51,61%) com 72 observações, (Andrade et al., 2002; Melo et al., 2003a; Melo et al., 2003b; Pessoa et al., 2004; Silva et al., 2005; Ramalho et al., 2006b; Silva et al., 2007; Oliveira et al., 2007; Cavalcanti et al., 2008; Ferreira et al., 2009b; Vilela et al., 2010; Saraiva 2012; Oliveira 2014; Monteiro et al., 2018; Sanchez, 2018; Moraes et al., 2019) e 15 estudos com vacas Holandês x Gir (48,39%) com 66

observações (Mattos et al., 2000; Araújo et al., 2004; Magalhães et al., 2004; Ramalho et al., 2006a; Silva et al., 2009; Amorim, 2011; Santos et al., 2012; Wanderley et al., 2012; Rocha Filho 2012; Ramos et al., 2015; Silva et al., 2018; Almeida et al., 2018; Inácio et al., 2019; Santos (dados não publicados)).

As forragens como fonte de fibra usadas nas dietas foram silagem de sorgo (38,41%), bagaço de cana (15,94%), cana de açúcar *in natura* ou conservada na forma de silagem (16,67%), feno de tifton (7,97%), silagem de milho (9,42%) e outros volumosos (11,59%).

As principais variáveis no banco de dados em relação a composição da dieta e respostas dos animais são relatadas na Tabela 1.

Tabela 1. Estatística resumida dos dados incluídos no conjunto de dados

Itens	Unidades	N	Média	DP	Mínimo	Máximo
Nível palma	%	138	35,31	16,97	0,00	63,00
FDNd	g kg ⁻¹	138	381,43	65,00	244,90	598,70
MSd	g kg ⁻¹	138	300,60	160,10	115,00	910,70
PBd	g kg ⁻¹	138	142,98	17,55	110,00	190,00
CNFd	g kg ⁻¹	134	371,41	75,24	150,60	543,80
NDTd	g kg ⁻¹	130	633,71	55,43	486,20	777,00
PLCOR	Kg	137	16,76	4,72	9,38	29,32

N= número de observações; DP= desvio padrão; FDNd= fibra em detergente neutro na dieta; CNFd= carboidratos não fibrosos na dieta; PBd= proteína bruta na dieta; NDTd= nutrientes digestíveis total na dieta; MSd= consumo de matéria seca da dieta; PLCOR= produção de leite corrigida 4%.

A variável resposta analisada foi a PLCOR e as explicativas foram NP e as variáveis nutricionais (VN) (FDNd, CNFd, PBd e NDTd) e suas respectivas interações.

Desenvolvimento do modelo

Os dados foram analisados de acordo com modelos lineares generalizados mistos, levando em consideração os efeitos dos diferentes estudos como fator de efeito aleatório

[1]. Os modelos mistos foram ajustados com o auxílio da função *lme* do pacote estatístico *nlme* no software estatístico R (Pinheiro, 2018). O modelo base considerado foi:

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 NP + \beta_2 NP^2 + \beta_3 VN + \beta_4 VN^2 + \beta_5 NP \times VN + s_i + e_{ij} \quad [1]$$

onde Y_{ij} é o resultado observado para a variável dependente Y no i experimento nos níveis j das variáveis contínuas NP e VN, β_0 é o intercepto geral, NP é o nível de palma da dieta, VN é a variável nutricional da dieta (FDN, CNF, PB ou NDT), $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ e β_5 são os coeficientes de regressão, s_i é o efeito aleatório do estudo ($i = 1, \dots, n$: $n = 31$ ou 29, dependendo da variável dependente), e e_{ij} é o erro residual. No modelo [1] é assumido que:

$$s_i \sim N(0, \sigma_s^2), e_{ij} \sim N(0, \sigma_e^2) \text{ e } Cov(s_i, e_{ij}) = 0$$

Todos os componentes de variância dos modelos base foram estimados por meio do método de máxima verossimilhança para o propósito de seleção de modelo e, em seguida, ajustado com máxima verossimilhança restrita para relatório. No ajuste dos modelos, foi considerado uma matriz desestruturada para variância e covariância, permitindo assim a covariância aleatória (Pinheiro e Bates, 1996).

A seleção dos modelos, foram meio do critério de informação de Akaike (AIC), com auxílio do algoritmo *stepwise* nas duas direções (*i.e.* "*backward*" e "*forward*"). Um baixo valor para o AIC indica um melhor ajuste do modelo.

As análises residuais foram realizadas para testar as premissas do modelo de duas formas, 1) pela menor raiz do erro médio do quadrado (RQME) e 2) por meio de avaliação visual dos gráficos de valores preditos versus observados e gráficos de valores

preditos versus valores centralizados. A presença de viés no modelo foi avaliada por meio da regressão entre as previsões dos preditos versus os observados e os resíduos versus os preditos centralizados.

Além disso, para se visualizar o efeito das variáveis explicativas na variável resposta avaliada, foram construídos gráficos de superfície de resposta. Todas as análises estatísticas foram conduzidas com auxílio do software estatístico R, adotando-se 0,05 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I.

RESULTADOS

As estatísticas descritivas dos dados estão apresentadas na Tabela 1. A média de inclusão de palma nas dietas dos trabalhos utilizados foi de $35,31\% \pm 1,44$, mas a amplitude na quantidade de palma utilizada ao longo dos estudos é relevante (intervalo de 0 a 63%). A FDNd variou de 244,90 a 598,70 g kg⁻¹, com média de $381,43 \pm 5,53$ g kg⁻¹. Os valores médios em todos os estudos para MSd, PBd, CNFd e NDTd foram $300,60 \pm 13,6$ g kg⁻¹; $142,98 \pm 1,49$ g kg⁻¹; $371,41 \pm 6,70$ g kg⁻¹; $633,71 \pm 4,86$ g kg⁻¹, respectivamente. A PLCOR variou de 9,38 a 29,32 kg, com média e EPM de $16,76 \pm 0,40$ kg.

As estimativas de parâmetros, EP, RQME e as estimativas dos componentes de covariância para os modelos estão apresentados na Tabela 2.

A resposta da PLCOR em relação a NP foi quadrático (NP²; Tabela 2, Modelo 1) independentemente do nível de FDNd, como pode se observar no gráfico (Figura 1). Independentemente do NP a PLCOR apresentou um afeito linear (FDNd; Tabela 2, Modelo 1) em relação a FDNd. Não houve interação entre o NP e FDNd e por isto as variáveis independentes não foram interpretadas conjuntamente. A produção máxima

de 19,86 kg de leite corrigido foi estimada com 21% e de palma e 246,29 g kg⁻¹ de FDN através do modelo 1: $23,29221+0,06738*NP-0,00163*NP^2-0,01676*FDNd$.

Houve interação entre NP e CNFd (NP*CNFd; Tabela 2, Modelo 2), ou seja, o comportamento da PLCOR em relação ao NP altera à medida que o CNFd altera. Pode se observar no gráfico (Figura 2) que em níveis baixos de CNFd (< 200 g*kg⁻¹) o NP apresenta uma relação diretamente proporcional a PLCOR, entretanto em níveis altos de CNFd (> 500 g*kg⁻¹) o NP apresenta uma relação inversamente proporcional a PLCOR.

Tabela 2. Modelos ajustados para PLCOR em função dos níveis de palma e variáveis nutricionais da dieta (FDN, CNF e NDT) de vacas de leite.

Modelos	Variável independente	Parâmetros			RQME	Componente variância
		Estimativa	EP	P-valor		σ^2_s
1	Intercepto	23,29221	1,21576	<,0001	2,967	0,976
	NP	0,06738	0,02033	0,0224		
	NP ²	-0,00163	0,00036	<,0001		
	FDNd	-0,01676	0,00199	<,0001		
2	Intercepto	12,79970	1,01343	<,0001	3,238	0,959
	NP	0,16263	0,04308	0,0058		
	NP ²	-0,00128	0,00047	0,0002		
	CNFd ²	0,00003	0,00001	<,0001		
	NP*CNFd	-0,00027	0,00011	0,0184		
3	Intercepto	-0,566275	4,39196	<,0001	3,016	1,087
	NP	0,367308	0,11502	0,3626		
	NP ²	-0,002018	0,00053	0,0004		
	NDTd	0,025354	0,00662	0,0008		
	NP*NDTd	-0,000397	0,00016	0,0167		

NP= Nível de palma; EP= erro padrão; FDNd= fibra em detergente neutro na dieta; CNFd= carboidratos não fibrosos na dieta NDTd= nutrientes digestíveis total na dieta; RQME= raiz do quadrado médio do erro .

Outro fator importante de se observar no gráfico (figura 2) é que em dietas que não contem palma (NP = 0%) o CNFd apresenta uma relação diretamente proporcional a PLCOR, como é de se esperar, mas em dietas ricas em palma (NP >= 60%) o nível de CNFd exerce pouca influência sobre a PLCOR. No modelo 2 (Figura 2), a produção máxima de 20,06 kg de leite foi estimada com 10,86 % de palma e 541,33 g kg⁻¹ de CNF através do modelo 2: $12,79970+0,16263*NP-0,00128*NP^2+0,00003*CNFd^2-0,00027*NP*CNFd$.

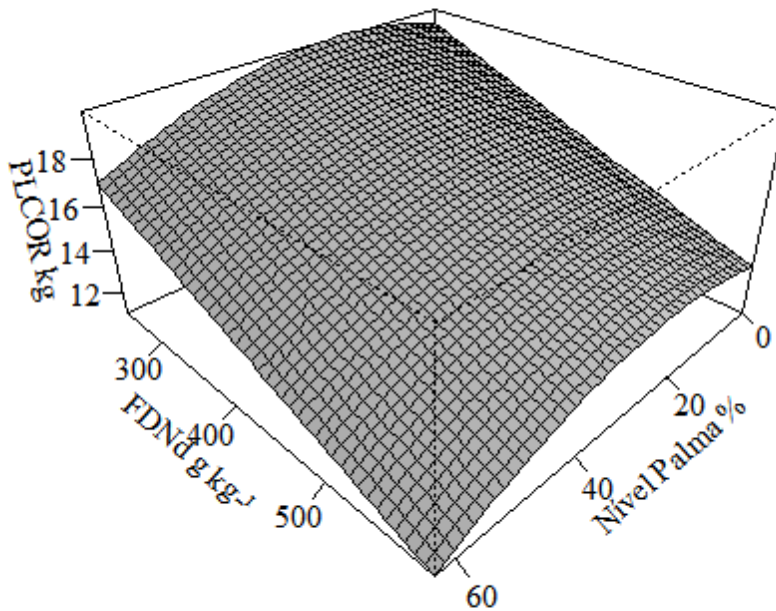


Figura 1 - Superfície de resposta para produção de leite corrigido (PLCOR), em resposta aos níveis de palma na dieta (NP) e do teor de fibra em detergente neutro da dieta (FDNd).

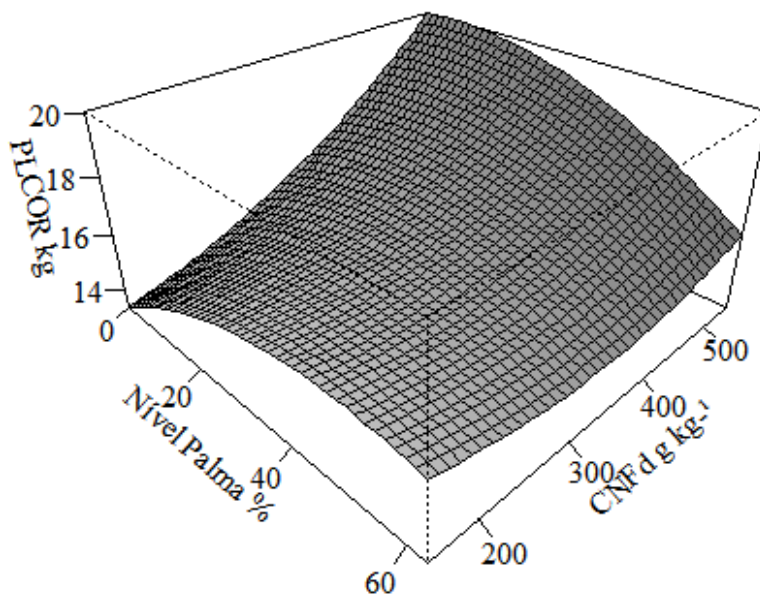


Figura 2 - Superfície de resposta para produção de leite corrigido (PLCOR), em resposta aos níveis de palma na dieta (NP) e do teor de carboidratos não fibroso da dieta (CNFd).

Houve interação entre NP e NDTd (NP*NDTd; Tabela 2, Modelo 3), o comportamento da relação NP e NDTd é semelhante ao comportamento da relação NP e CNFd sob a PLCOR, como pode se observar nas Figuras 2 e 3. Em dietas com baixos níveis de NDTd (<500 g*kg⁻¹) o aumento do NP aumenta a PLCOR (Figura 3), comportamento semelhante na relação entre NP e CNFd. Mas em níveis altos de NDTd (> 750 g*kg⁻¹) o aumento do NP diminui a PLCOR a partir de 15,40% de NP (Figura 3). A produção máxima de 19,54 kg de leite foi estimada com 15,40% de palma e 776,10 g kg⁻¹ de NDT através do modelo 3: $-0,566275+0,367308*NP-0,002018*NP^2+0,025354*NDTd-0,000397*NP*NDTd$.

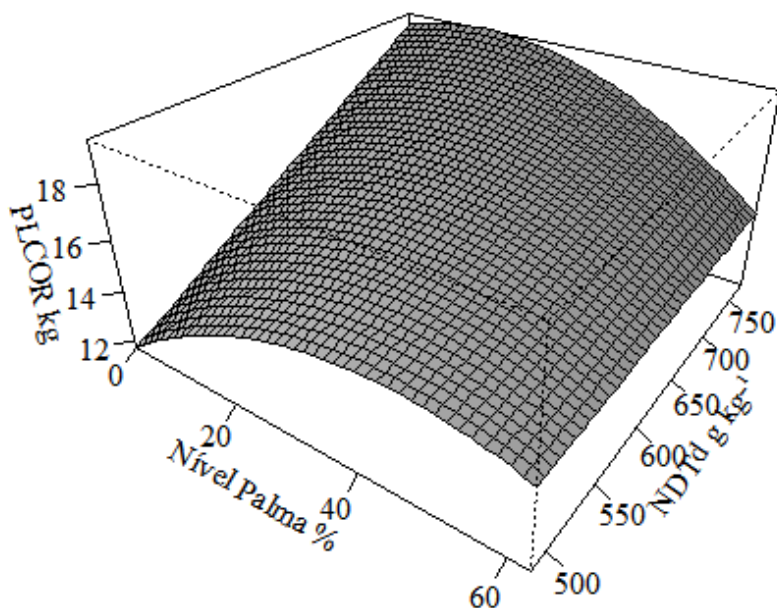


Figura 3 - Superfície de resposta para produção de leite corrigido (PLCOR), em resposta aos níveis de palma na dieta (NP) e do teor de nutrientes digestíveis total da dieta (NDTd).

Os gráficos residuais para as previsões dos modelos são mostrados na Figura 4. A Figura 4a, apresentam baixa dispersão dos resíduos, apresentando satisfatória distribuição em torno da média para ambas as variáveis analisadas, demonstrando que os modelos são satisfatoriamente precisos. No entanto, o gráfico de valores estimados versus os preditos permite a verificação da presença de viés (Figura 4b). Segundo Faria Filho et al., (2008), um modelo não viesado, esse gráfico deve ter o aspecto de uma linha reta. Assim, a linha preta representa a situação ideal, enquanto que a azul, vermelha e verde são as retas estimadas. Observou-se que, houve uma boa aproximação entre as linhas, o que indica pouco viés para os modelos 1 e 2, sendo que no modelo 3 foi maior.

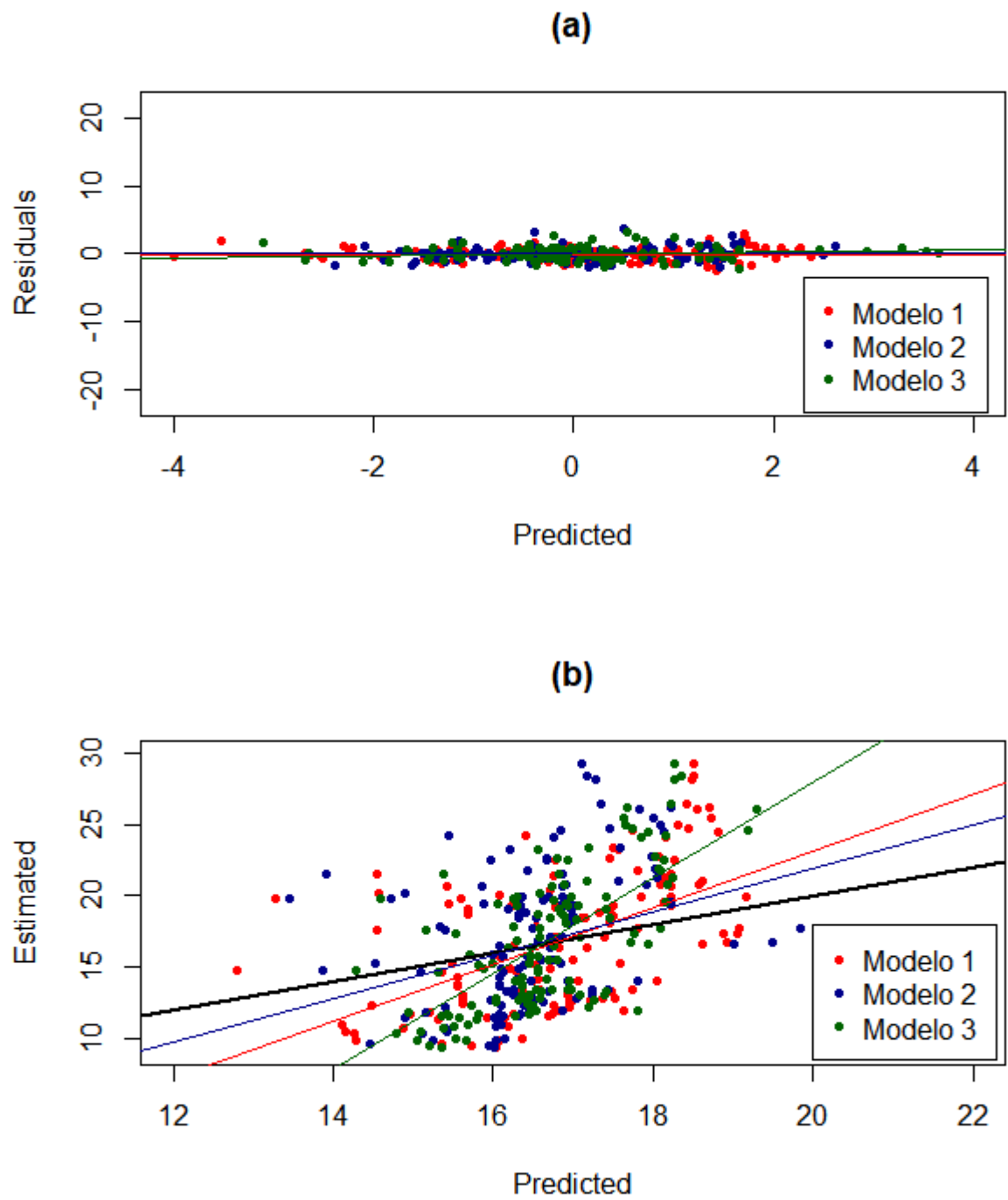


Figura 4. Gráfico de resíduos versus preditos e valores estimados versus preditos para análises dos modelos 1, 2 e 3.

DISCUSSÃO

Na prática, para vacas leiteiras de alta produção, busca-se fornecer rações com quantidades mínimas de FDN para proporcionar o máximo consumo de energia, estimulando a ruminação e a produção de saliva que mantêm o pH favorável (Nussio et al., 2009). No modelo 1 (Tabela 2) para cada 1% de NP incluído na dieta aumenta 67,38 gramas de leite até 20,67% de inclusão de NP, sendo que a partir deste nível diminui 1,63 gramas de leite para cada 1% de NP, independentemente do FDNd. Para cada grama de inclusão de FDNd diminui 16,76 g de leite. No entanto, no modelo 1 (Tabela 2), pode-se usar até 60% de palma nas dietas com o mínimo de 25% de FDN e obter produção média de 19 kg de leite (Tabela 3). Valor bem próximo da produção máxima de 19,86 kg de leite estimada com 21% de palma e 24,63% de FDN na dieta. Isto pode representar redução nos custos da dieta ao se utilizar a palma forrageira.

Uma quantidade mínima de FDN na dieta se faz necessário para a manutenção de um ambiente ruminal saudável. A concentração de FDN está correlacionada positivamente com o pH ruminal, devido a menor e mais lenta degradabilidade quando comparada com fontes de CNF. Outro ponto importante relaciona o conteúdo de FDN da dieta, principalmente oriundo de forragem, no processo de mastigação e produção de saliva.

Trabalhos de Clark & Armentano (1993) e Depies & Armentano (1995) demonstraram que dietas com menos de 25% de FDN total e menos que 16% de FDN de forragem estariam relacionadas com depressão na porcentagem de gordura do leite. O NRC (2001) recomenda um mínimo de 25% de FDN na dieta de vacas leiteiras, com 19% oriundo da forragem (FDNf) para manter uma função ruminal saudável e evitar uma

depressão no teor de gordura do leite. Para cada 1% de redução no FDNf, sugere-se aumentar 2% na FDN total e reduzir 2% nos carboidratos não fibrosos (CNF).

No entanto alguns dos trabalhos utilizados na meta-análise mostraram que se pode utilizar níveis de até 60% de palma na alimentação de vacas leiteiras e que não foram observados, diarreias, perda de peso, alterações no consumo de matéria seca ou queda no teor de gordura no leite (Wanderley et al., 2002; wanderley et al., 2012; Oliveira et al., 2007; Oliveira, 2014). Deve-se salientar que os teores de FDN e CNF das dietas da maioria dos estudos analisados estavam dentro do limite preconizado pelo NRC (2001), para manutenção das condições normais do rúmen.

Observando a Figura 1, considerando os níveis de FDNd de 25% ou 33% preconizados pelo NRC (2001), quando se utiliza 60% de palma podemos obter uma produção de leite estimada de 17,27 ou 15,93 kg, respectivamente (Tabela 3), com diferença de 2,59 e 3,93 kg de leite respectivamente do valor máximo de 19,86 kg de leite com 21% de palma.

Tabela 3. Valores estimados de produção de leite corrigido com os limites de FDN e CNF da dieta.

NP (%)	FDNd (g kg ⁻¹)	PLCOR ¹ (kg)	CNFd (g kg ⁻¹)	PLCOR ² (kg)	NDTd (g kg ⁻¹)	PLCOR ³ (kg)
0	250	19,10	440	18,61	550	13,38
10	250	19,61	440	18,92	550	14,67
20	250	19,80	440	18,97	550	15,55
30	250	19,66	440	18,77	550	16,03
40	250	19,19	440	18,31	550	16,11
50	250	18,40	440	17,60	550	15,78
60	250	17,28	440	16,63	550	15,05
0	270	18,77	420	18,09	600	14,65
10	270	19,28	420	18,46	600	15,74
20	270	19,46	420	18,56	600	16,42
30	270	19,32	420	18,42	600	16,70
40	270	18,85	420	18,01	600	16,58
50	270	18,06	420	17,35	600	16,06
60	270	16,94	420	16,44	600	15,13
0	290	18,43	400	17,60	650	15,91
10	290	18,94	400	18,02	650	16,80
20	290	19,13	400	18,18	650	17,29
30	290	18,99	400	18,09	650	17,38
40	290	18,52	400	17,74	650	17,06
50	290	17,73	400	17,13	650	16,33
60	290	16,61	400	16,27	650	15,20
0	310	18,10	380	17,13	700	17,18
10	310	18,61	380	17,60	700	17,87
20	310	18,79	380	17,82	700	18,16
30	310	18,65	380	17,78	700	18,05
40	310	18,18	380	17,48	700	17,53
50	310	17,39	380	16,93	700	16,61
60	310	16,27	380	16,13	700	15,28
0	330	17,76	360	16,69	750	18,45
10	330	18,27	360	17,21	750	18,94
20	330	18,46	360	17,48	750	19,03
30	330	18,32	360	17,50	750	18,72
40	330	17,85	360	17,26	750	18,00
50	330	17,06	360	16,76	750	16,88
60	330	15,94	360	16,01	750	15,36

¹PLCOR calculada de acordo com o modelo 1; ²PLCOR calculada de acordo com o modelo 2; ³PLCOR calculada de acordo com o modelo 3.

É possível obter-se de média a alta produção de leite quando se utiliza a palma forrageira associada à fontes de fibra efetiva (forragem ou não forragem). Esta associação ou substituição de diferentes volumosos por palma forrageira já foram testados por Wanderley et al., (2012), Cavalcanti et al., (2006), Ramos et al., (2015), Mattos et al., (2000), Silva et al., (2007) e Moraes et al., (2019), que utilizaram de 35-63% de palma nas dietas e não observaram alterações na produção de leite e composição do leite.

Na Tabela 3, observa-se que os valores de produção de leite estimada para FDNd mínima de 25% e CNFd de 44% com 60% de NP, estão bem próximos 17,28 e 16,63 kg de leite respectivamente, como para a FDNd de 33% e CNFd de 36% com valores de 15,94 e 16,01 kg de leite respectivamente. Mostrando assim que todas as dietas estiveram dentro dos limites preconizado pelo NRC, (2001).

Os resultados das Figuras 1 e 2 mostram a importância de manter os teores de FDN e CNF, o que propicia uma maior participação da palma forrageira na dieta. No entanto, este valor de 541,33 g kg⁻¹ de CNF para máxima produção no modelo 2, ultrapassa os limites preconizados pelo NRC (2001). Essa variação foi em função do teor de FDN e da proporção de FDN oriunda do volumoso, para manter as condições normais do rúmen e evitar acidose ruminal ou outros problemas metabólicos associados à diminuição no CMS e à digestão da fibra dietética. Ressalta-se que em trabalhos realizados por Ramalho et al., (2006b) e Inacio et al., (2019) os valores recomendados foram ultrapassados, com média de 45,64 e 46,04 g kg⁻¹ de CNF respectivamente, e esses efeitos deletérios não foram observados no estudo. Os elevados valores de CNF das dietas observados nesses estudos não interferiram na produção de leite, digestibilidade dos nutrientes e teor de

gordura do leite. Comportamento observado também nos estudos realizados por Andrade et al., (2002); Oliveira (2014) e Sanchez (2018) (Tabela 6). A maior causa de timpanismo espumoso tem-se verificado em dietas com altas concentrações de concentrado, como observado por Coutinho et al., (2012).

A inclusão da palma forrageira nas dietas aumenta gradativamente os teores de CNF nas dietas, promovendo maior taxa de passagem e, conseqüentemente, aumento no consumo de matéria seca. Além de causar redução na síntese de gordura na glândula mamária (PALMQUIST & MATTOS, 2006) e, conseqüentemente, redução na proporção de gordura no leite ou mobilização de gordura corporal.

Alguns trabalhos, como Andrade et al., (2002); Oliveira (2014); Sanchez (2018); Cavalcanti et al., (2008) e Magalhães et al., (2004), apresentaram FDN oriunda da foragem abaixo do nível mínimo de 16% (equivalente a 51,61 % da FDN total da dieta) recomendado pelo NRC (2001) para que não ocorra alteração do ambiente ruminal e diminuição do teor de gordura do leite. Apesar destes trabalhos estarem abaixo do nível de FDN recomendado, em nenhum deles foi observado alterações no CMS, digestibilidade dos nutrientes (MS e FDN), produção de leite e teor de gordura.

Siqueira et al., (2018) ao substituir o feno de tifton na dieta de animais em crescimento de origem leiteira, observaram que o aumento da palma forrageira nas dietas proporcionou aumento na digestibilidade da MS. Quanto ao padrão de fermentação ruminal, foi verificada pequena redução no pH apresentando valores de 6,45 a 6,05 (para dietas sem adição e com inclusão de palma) o qual não foi suficiente para limitar ou inibir a degradabilidade da FDN, isto possivelmente devido ao melhor padrão de fermentação ruminal de dietas com palma forrageira. Já em trabalho realizado por Conceição et al., (2018), a inclusão da palma forrageira em substituição do farelo de trigo proporcionou

aumento do pH ruminal, demonstrando uma melhora no equilíbrio do ambiente ruminal. Segundo Slyter, (1986), a degradação da fibra pode ser afetada adversamente quando o pH ruminal atinge valores abaixo de 6,0. Para Siqueira et al., (2018), manter o pH ruminal acima de 6,0 é ideal para a atividade dos microrganismos fibrolíticos, uma vez que o processo de adesão bacteriana é severamente inibido por pH abaixo de 5,5.

A diferença no padrão de fermentação da palma forrageira está nos componentes presentes na fração de CNF, como os ácidos orgânicos, a fibra solúvel em detergente neutro (polissacarídeos pécnicos, β - glucanas e frutanas) e os carboidratos não estruturais (açúcares, amido e pectinas) (HALL, 2003). Alimentos com alta concentração de pectina podem proporcionar melhor padrão de fermentação ruminal que fontes tradicionais de amido (VAN SOEST, 1994). Siqueira et al., (2018) relatam que embora as dietas com crescente inclusão de palma forrageira em substituição ao feno de Tifton tenham fornecido altos níveis de CNF, não houve efeito sobre a proporção de ácidos graxos voláteis de cadeia curta.

Diante dos trabalhos mostrados fica claro o efeito associativo da palma forrageira com os componentes da dieta; não altera as condições normais do rumem, mantém ou aumenta o pH ruminal, favorecendo os microrganismos aí presentes, melhorando a digestão dos alimentos, aumentando a digestibilidade da MS e/ou demais nutrientes (MO, PB, EE, CNF; Conceição et al., 2016; Felix et al., 2016; Lins et al., 2016; Monteiro et al., 2014; Siqueira et al., 2017), e mantendo o teor de gordura do leite (Inacio et al., 2019 e Paula et al., 2018).

CONCLUSÕES

A palma forrageira pode-se ser utilizada até níveis de 60% nas dietas de vacas leiteiras, devendo-se manter os níveis mínimo de fibra oriundo da forragem para manter as condições normais do rumem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agle, M.; Hristov, A.N.; Zaman, S.; Schneider, C.; Ndegwa, P.M.; Vaddella, V.K. (2010). Effect of dietary concentrate on rumen fermentation, digestibility, and nitrogen losses in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93(9):4211-4222.
- Aguerre, M.J.; Wattiaux, M.A.; Powell, J.M.; Broderick, G.A.; Arndt, C. (2011). Effect of forage-to-concentrate ratio in dairy cow diets on emission of methane, carbon dioxide and ammonia, lactation performance and manure excretion. *Journal of Dairy Science*, 94(6):3081-3093.
- Almeida, G.A.P.; Ferreira, M.A.; Silva, J.L.; Chagas, J.C.C.; Veras, A.S.C.; Barros, L.J.A.; Almeida, G.L.P. (2018). Sugarcane bagasse as exclusive roughage for dairy cows in smallholder livestock system. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31:379-385.
- Alves, S.P.; Francisco, A.; Costa, M.; Silva, J.S.; Bessa, R.J.B. (2017). Biohydrogenation patterns in digestive contents and plasma of lambs fed increasing levels of a tanniferous bush (*Cistus ladanifer* L.) and vegetable oils. *Animal Feed Science and Technology*, 225:157-172.
- Amorim, G.L. (2011). Concentrados comerciais com diferentes teores de proteína bruta para vacas em lactação submetidas a dietas com palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill). Tese (Doutorado Integrado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco – Departamento de Zootecnia, Recife, Brasil.
- Andrade, D.K.B.; Ferreira, M.A.; Veras, A.S.C.; Wanderley, W.L.; Silva, L.E.; Carvalho, F.F.R.; Alves, K. Souza; Melo, W.S. (2002). Digestibilidade e absorção aparentes em vacas da raça holandesa alimentadas com palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) moench). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(5):2088-2097.
- Araújo, P.R.B.; Ferreira, M.A.; Brasil, L.H.A.; Santos, D.C.; Lima, R.M.B.; Veras, A.S.C.; Santos, M.V.F.; Bispo, S.V. E Azevedo, M. (2004). Substituição do Milho por Palma Forrageira em Dietas Completas para Vacas em Lactação. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 33(6):1850-1857.
- Baumgard, L.H.; Corl, B.A.; Dwyer, D.A.; Sæbø, A.; Bauman, D.E. (2000). Identification of the conjugated linoleic acid isomer that inhibits milk fat synthesis. *American Journal of Physiology*. 278(1): R179–84.
- Ben Salem, H., (2010). Nutritional management to improve sheep and goat performances in semiarid regions. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(spe):337-347.
- Benchaara, C.; Lettat, A.; Hassanat, F.; Yang, W.Z.; Forster, R.J.; Petit, H.V.; Chouinard, P.Y. (2012). Eugenol for dairy cows fed low or high concentrate diets: Effects on digestion, ruminal fermentation characteristics, rumen microbial populations and milk fatty acid profile. *Animal Feed Science and Technology*, 178:139-150.
- Cavalcanti, C.V.A.; Ferreira, M.A.; Carvalho, M.C.; Veras, A.S.C.; Lima, L.E. & Silva, F.M. (2006). Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) e uréia em substituição ao

- feno de capim tifton (*Cynodon spp*) em dietas de vacas da raça holandesa em lactação. 1. Digestibilidade . *Acta Scientiarum Animal Sciences*, 28(2):145-152.
- Cavalcanti, C.V.A.; Ferreira, M.A.; Carvalho, M.C.; Vêras, A.S.C.; Silva, F.M.; Lima, L.E. (2008). Palma forrageira enriquecida com uréia em substituição ao feno de capim-tifton 85 em rações para vacas da raça Holandesa em lactação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(4): 689-693.
- Clark, P.W.; Armentano, L.E. (1993). Effectiveness of neutral detergent fiber in whole cottonseed and dried distillers grains compared with alfalfa haylage. *Journal of Dairy Science*, 76(4):2644-2650.
- Conceição, M.G., Ferreira, M.A., Silva, J.L., Costa, C.T.F., Chagas, J.C.C., & Monteiro, C.C.F. (2018). Can cactus (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw) cladodes plus urea replace wheat bran in steers' diet?. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 31(10): 1627–1634.
- Conceição, M.G.; Ferreira, M.A.; Campos, J.M.S.; Silva, J.L.; Detmann, E.; Siqueira, M.C.B.; Barros, L.J.A.; Costa, C.T.F. (2016). Replacement of wheat bran with spineless cactus in sugarcane-based diets for steers. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45(4):158-164.
- Coutinho, L.T.; Afonso, J.A.; Costa, N.A.; Soares, P.C.; Mendonça, C.L. (2012). Fatores de risco relacionados à ocorrência do timpanismo espumoso em bovinos criados na região do agreste meridional no estado de Pernambuco, Brasil. *Ciência Animal Brasileira*, 13(3):368-376.
- Depies, K. K.; Armentano, L. E. (1995). Partial replacement of alfalfa fiber with fiber from ground com cobs or wheat middlings. *Journal of Dairy Science*, 78(6):1328-1335.
- Dewhurst, R.J.; Shingfield, K.J.; Lee, M.R.F.; Scollan, N.D. 2006. Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. *Animal Feed Science and Technology*. 131:168-206.
- Faria Filho, D.E; Rosa, P.S.; Torres, K.A.A.; Macari, M.; Furlan, R.L. (2008). Response surface models to predict broiler performance and applications for economic analysis. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 10(2):131-138.
- Felix, S.C.R.; Pessoa, R.A.S.; Ferreira, M.A.; Soares, L.F.P.; Silva, J.L.; Abreu, K.S.F.; Melo, A.C.C. (2016). Intake, performance, and carcass characteristics of lambs fed spineless cactus replacing wheat bran. *Tropical Animal Health and Production*, 48(2):465-468.
- FERREIRA, M.A.; PESSOA, R A.; BISPO, S.V. (2012). Otimização de dietas a base de palma forrageira e outras alternativas de suplementação para regiões semi-áridas. Departamento de Zootecnia da UFRPE.
- Ferreira, M.A.; Silva, F.M.; Bispo, S.V.; Azevedo, M. (2009^a). Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semi-árido do Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(spe): 322-329.

- Ferreira, M.A.; Silva, R.R.; Ramos, A.O.; Véras, A.S.C.; Melo, A.A.S.; Guimarães, A.V. (2009b). Síntese de proteína microbiana e concentrações de uréia em vacas alimentadas com dietas à base de palma forrageira e diferentes volumosos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(1): 159-165.
- Hall, M.B. (2003). Challenges with non-fiber carbohydrate methods. *Journal of Animal Science*, 81(12): 3226-3232.
- Harvatine, K.J.; Boisclair, Y.R.; and Bauman, D.E. (2009). Recent advances in the regulation of milk fat synthesis. *Animal*, 3(1): 40-54.
- Hussein, M.; Harvatine, K.J.; Weerasinghe, W.M.P.B.; Sinclair, L.A.; Bauman, D.E. (2013). Conjugated linoleic acid-induced milk fat depression in lactating ewes is accompanied by reduced expression of mammary genes involved in lipid synthesis. *Journal of Dairy Science*, 96(6):3825-3834.
- Inácio J.G.; da Conceição M.G.; Santos D.C.; Oliveira J.C.V.; Chagas J.C.C.; Moraes G.S.O.; Silva E.T.S.; Ferreira M.A. (2019). Viabilidade nutricional e de desempenho de dietas à base de cacto *Opuntia* adicionadas aos níveis de concentrado para vacas leiteiras Girolando em lactação. *Revista Asiático-Australásia de ciências animais*. 33(1): 35-43.
- Jenkins T.C. and Harvatine K.J. (2014). Lipid feeding and milk fat depression. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 30(3):623-642.
- Lins, S.E.B.; Pessoa, R.A.S.; Ferreira, M.A.; Campos, J.M.S.; Silva, J.A.B.A.; Silva, J.L.; Santos, S.A.; Melo, T.T.B. (2016). Spineless cactus as a replacement for wheat bran in sugar cane-based diets for sheep: intake, digestibility, and ruminal parameters. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45(1):26-31.
- Lovatto, P.A.; Lehnen, C.R.; Andretta, I.; Carvalho, A.D.; & Hauschild, L. (2007). Meta-análise em pesquisas científicas: enfoque em metodologias. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(spe):285-294.
- Magalhães, M.C.S.; Véras, A.S.C.; Ferreira, M.A.; Carvalho, F.F.R.; Cecon, P.R.; Melo, J.N.; Melo, W.S.; Pereira, J.T. (2004). Inclusão de cama de frango em dietas à base de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) para vacas mestiças em lactação. 1. Consumo e produção. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33(6):1897-1908.
- Mattos, L.M.E.; Ferreira, M.A.; Santos, D.C.; Lira, M.A.; Santos, M.V.F.; Batista, Â.M.V.; Véras, A.S.C. (2000). Associação da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) com diferentes fontes de fibra na alimentação de vacas 5/8 Holandês-Zebu em lactação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29(6):2128-2134.
- Melo, A.A.S.; Ferreira, M.A.; Verás, A.S.C.; Lira, M.A.; Lima, L.E.; Vilela, M.S.; Melo, E.O.S.; Andrade, D.K.B. (2003b). Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira em dietas para vacas em lactação. Digestibilidade. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 25(2): 339-345.
- Melo, A.A.S.; Ferreira, M.A.; Verás, A.S.C.; Lira, M.A.; Lima, L.E.; Vilela, M.S.; Melo, E.O.S. Araújo, P.R.B. (2003a). Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma

- forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em dietas para vacas em lactação: I. Desempenho. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(3): 727-736.
- Mertens, D.R. (1997). Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 8(7):1463-1481.
- Monteiro, C.C.F.; Ferreira, M.A.; Vêras, A.S.C.; Guido, S.I.; Almeida, M.P.; Silva, R.C.; Inácio, J.G. (2018). A new cactus variety for dairy cows in areas infested with *Dactylopius opuntiae*. *Animal Production Science*, 59(3):479-485.
- Monteiro, C.C.F.; Melo, A.A.S.; Ferreira, M.A.; Campos, J.M.S.; Souza, J.S.R.; Silva, E.T.S.; Andrade, R.P.X.; Silva, E.C. (2014). Replacement of wheat bran with spineless cactus (*Opuntia ficus indica* Mill cv Gigante) and urea in the diets of Holstein x Gyr heifers. *Tropical Animal Health Production*, 46(7):1149-1154.
- Moraes, G.S.O.; Guim, A.; Tabosa, J.N.; Chagas, J.C.C.; Almeida, M.P.; Ferreira, M.A. (2019). Cactus [*Opuntia stricta* (Haw.) Haw] cladodes and corn silage: How do we maximize the performance of lactating dairy cows reared in semiarid regions? *Livestock Science*, 221:133-138.
- National Research Council NRC. (2001). Nutrient requirements of dairy cattle.7.rev.ed. Washinton, D.C.: 381p.
- Neveu, C.; Baurhoo, B.; Mustafa, A. (2013). Effect of feeding extruded flaxseed with different forage:concentrate ratios on the performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 96(6): 3886-3894.
- Nussio, L.G.; Daniel, J.L.P.; Goulart, R.S.; et al. (2009). Avanços no estudo da efetividade da fibra em dietas de ruminantes. In: II Simpósio Internacional Avançado em Técnicas de Pesquisa em Nutrição de Ruminantes. Águas de São Pedro, 2009, Anais..., Águas de São Pedro/SP, 96-122.
- Oliveira, F.D.B.P. (2014). Desempenho de vacas leiteiras alimentadas com palma em substituição ao fubá de milho. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Garanhuns.
- Oliveira, M.C.; Campos, J.M.S.; Oliveira, A.S.; Ferreira, M.A.; & Melo, A.A.S. (2016). Referências para sistemas de produção de leite na região de Pernambuco Agreste, Nordeste do Brasil. *Revista Caatinga*, 29 (3), 725-734.
- Oliveira, V.S.; Ferreira, M.A.; Guim, A.; Modesto, E.C.; Arnaud, B.L.; Silva, F.M. (2007). Substituição total do milho e parcial do feno do capim-tifton por palma forrageira em dietas para vacas em lactação. Produção, composição do leite e custos com alimentação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(4): 928-935.
- Palmquist, D.L.; Mattos, W. R S. (2006). Metabolismo De Lipídios. In: Berchielli, T.T.; Vaz Pires, A.; Oliveira, S.G. (Ed.). Nutrição de ruminantes. Jaboticabal: FUNEP, 287-310.
- Paula T.A.; Vêras A.S.C.; Guido S.I.; Chagas J.C.C.; Conceição M.G.; Gomes R.N.; Nascimento H.F.A.; Ferreira M.A. (2018). 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. *The Journal of Agricultural Science*, 156(10): 1251-1258.
- Pessoa, R.A.S.F.; Erreira, M.A.; Lima L.E.; Lira, M.A.; Vêras, A.S.C.; Silva, A.E.V.N.; Sosa, M.Y.; Azevedo, M.; Miranda, K.F.; Silva, F.M.; Melo, A.A.S.; López, O.R.M. (2004). Desempenho de vacas leiteiras submetidas a diferentes estratégias alimentares. *Revista Archivos de Zootecnia*, 53(203):309-320.
- Pinheiro, J.C. and Bates., D.M. (1996) "Unconstrained Parametrizations for Variance-Covariance Matrices", *Statistics and Computing*, 6, 289-296.
- Ramalho, R.P.; Ferreira, M.A.; Vêras, A.S.C.; Lima, L.E.; Rocha, V.R. R.A. (2006b). Substituição do milho pela raspa de mandioca em dietas para vacas primíparas em lactação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(3):1221-1227.
- Ramalho, R.P.; Ferreira, M.A.; Vêras, A.S.C.; Santos, D.C.; Cavalcanti, C.V.A.; Rocha, V.R.R.A. (2006a). Substituição do farelo de soja pela mistura raspa de mandioca e uréia em dietas para vacas mestiças em lactação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(3): 1212-1220.
- Ramos, A.O.; Ferreira, M.A.; Santos, D.C.; Vêras, A.S.C.; Conceição, M.G.; Silva, E.C.; Souza, A.R.D.L.; Salla, L.E. (2015). Associação de palma forrageira com feno de maniçoba ou silagem de sorgo e duas proporções de concentrado na dieta de vacas em lactação. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 67(1):189-197.
- Rocha Filho, R.R. (2012). Palma gigante e genótipos resistentes à cochonilha do carmim em dietas para ruminates. Tese (Doutorado Integrado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco – Departamento de Zootecnia, Recife, Brasil.
- Sánchez, B.M.S. (2018). Substituição da cana-de-açúcar por palma Orelha de Elefante Mexicana em dietas para vacas em lactação. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife, BR-PE.
- Santos, V.L.F.; Ferreira, M.A.; Guim, A.; Silva, F.M.; Urbano, S.A.; Silva, E.C. (2012). Protein sources for crossbred dairy cows in the semiarid. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(10):2272-2278.
- Saraiva, T.A. (2012). Inclusão de raiz de mandioca em rações de vacas em lactação. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Garanhuns.
- Silva A.E.V.; Guim A.; Ferreira M.A.; Lima L.E.; Pessoa R.A.S.; Sosa M.Y. (2005). Estratégia alimentar para dieta baseada em palma forrageira sobre o desempenho e digestibilidade em vacas em final de lactação. *Acta Scientiarum, Animal Science*, 27(2):269-276.
- Silva, F.M.; Ferreira, M.A.; Guim, A.; Pessoa, R.A.S.; Gomes, L.H.S.; Oliveira, J.C.V. (2009). Replacement of soybean meal by cottonseed meal in diets based on spineless cactus for lactating cows. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 38(10):1995-2000.

- Silva, R.C.; Ferreira, M.A.; Oliveira, J.C.V.; Santos, D.C.; Gama, M.A.S.; Chagas, J.C.C.; Inácio, J.G.; Silva, E.T.S.; Pereira, L.G.R. (2018). Orelha de Elefante Mexicans (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw.) spineless cactus as an option in crossbred dairy cattle diet. *South African Journal of Animal Science*, 48(3):516-525.
- Silva, R.R.; Ferreira, M.A.; Vêras, A.S.C.; Ramos, A.O.; Melo, A.A.S.; Guimarães, A.V. (2007). Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) associada a diferentes volumosos em dietas para vacas da raça Holandesa em lactação. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 29(3):317-324.
- Siqueira, M.C.B.; Ferreira, M.A.; Monnerat, J.P.I.S.; Silva, J.L.; Costa, C.T.F.; Conceição, M.G.; Soares, A.A.; Andrade, I.B.; Chagas, J.C.C. (2018). Nutritional Performance and Metabolic Characteristics of Cattle Fed Spineless Cactus. *Journal of Agricultural Science & Technology*. 20(1):13-22.
- Siqueira, M.C.B.; Ferreira, M.A.; Monnerat, J.P.I.S.; Silva, J.L.; Costa, C.T.F. Conceição, M.G.; Andrade, R.P.X.; Barros, L.J.A.; Melo, T.T.B. (2017). Optimizing the use of spineless cactus in the diets of cattle: Total and partial digestibility, fiber dynamics and ruminal parameters. *Animal Feed Science and Technology*. 226:56-64.
- Slyter, L.L. (1986). The Ability of pH-Selected Mixed Ruminal Microbial Population to Digest Fiber at Various pHs. *Appl Environ Microbiol*, 52(2):390-391.
- Sterk, A.; Johansson, B.E.O.; Tawell, H.Z.H.; Murphy, M.; Van Vuuren, A.M.; Hendriks, N.H.; Dijkstra, J. (2011). Effects of forage type, forage to concentrate ratio and crushed linseed supplementation on milk fatty acid profile in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 94(12):6078-6091.
- Toral, P.G.; Hervás, G.; Carreño, D.; Belenguer, A.; and Frutos P. (2015). Comparison of milk fatty acid responses during fish oil- and trans-10 cis-12 18:2-induced milk fat depression in dairy ewes. *Animal Feed Science and Technology*, 210: 66-73.
- Van Soest, P. J. *Nutritional ecology of the ruminants*. (1994). 2.ed. Ithaca: Cornell University, 476p.
- Vilela, M.S.; Ferreira, M.A.; Azevedo, M.; Farias, I.; Torres, L.C.L.; Guimarães, A.V. (2010). Evaluation of feeding supply and forage cactus processing for lactation cows. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(12):2744-2752.
- Wanderley, W.L.; Ferreira, M.A.; Andrade, D.K.B.; Vêras, A.S.C.; Lima, L.E.; Dias, A.M.A. (2002). Palma forrageira (*Opuntia ficus indica*, Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.)) na alimentação de vacas leiteiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(1):273-281.
- Wanderley, W.L.; Ferreira, M.A.; Batista, A.M.V.; Vêras, A.S.C.; Santos, D.C.; Urbano, S.A.; Bispo, S.V. (2012). Silagens e fenos em associação à palma forrageira para vacas em lactação. Consumo, digestibilidade e desempenho. *Revista Brasileira de Saúde e Produção animal [online]*, 13(3):745-754.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

De acordo com os resultados obtidos e da importância da palma forrageira nas regiões semiáridas para o aumento da eficiência da produtividade da terra, percebe-se que a utilização da palma com níveis de inclusão de concentrado e uma fonte de fibra para corrigir suas deficiências nutricionais é uma alternativa viável por aumentar o consumo dos nutrientes e a produção de leite sem influenciar a composição do leite.

A metanálise realizada neste trabalho de tese mostrou que um nível máximo de palma para produção de 19,86 kg de leite foi estimado com 21%. Embora quando consideramos as interações dos fatores nutricionais da dieta, pode-se utilizar a palma até 63%.

Este estudo demonstra a enorme importância da palma forrageira para a região semiárida, pois, além de ser fonte de água para os animais ainda apresenta bom desenvolvimento e valor nutritivo, podendo participar em maior proporção nas dietas de vacas e novilhas. Com isso, pode-se tornar o sistema produtivo mais econômico devido a menor utilização de concentrado nas dietas, o que é mais caro na alimentação desses animais.

Sugere-se ainda a compilação de mais estudos com palma forrageira para avaliação de mais fatores (tipos de forragens, raça – Holandesa ou mestiça, região e etc.), que possam interferir esta produção de leite.