

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

**PALMA GIGANTE E GENÓTIPOS RESISTENTES À COCHONILHA DO
CARMIM EM DIETAS PARA RUMINANTES**

RUBEM RAMOS ROCHA FILHO

**RECIFE – PE
NOVEMBRO - 2012**

RUBEM RAMOS ROCHA FILHO

**PALMA GIGANTE E GENÓTIPOS RESISTENTES À COCHONILHA DO
CARMIM EM DIETAS PARA RUMINANTES**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, do qual participam a Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Área de Concentração: Nutrição Animal

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. Marcelo de Andrade Ferreira – Orientador principal

Prof^ª. Dr^ª. Antonia Sherlânea Chaves Vêras

Prof^ª. Dr^ª. Ângela Maria Vieira Batista

**RECIFE – PE
NOVEMBRO - 2012**

Ficha Catalográfica

R672p Rocha Filho, Rubem Ramos
Palma gigante e genótipos resistentes à cochonilha do
carmim em dietas para ruminantes / Rubem Ramos Rocha Filho.
-- Recife, 2012.
74 f. : il.

Orientador (a): Marcelo de Andrade Ferreira.
Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal
Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia, Recife,
2012.
Referência.

1. Ruminantes – Nutrição 2. Palma forrageira 3. *Dactylopius*
4. *Nopalea* 5. *Opuntia* 6. Leite – Produção 7. Semiárido
I. Ferreira, Marcelo de Andrade, Orientador II. Título

CDD 636.20852

RUBEM RAMOS ROCHA FILHO

**PALMA GIGANTE E GENÓTIPOS RESISTENTES À COCHONILHA DO
CARMIM EM DIETAS PARA RUMINANTES**

Tese defendida e aprovada pela Comissão Examinadora em 28 de novembro de 2012

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Mario de Andrade Lira
Universidade Federal Rural de Pernambuco

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

Prof. Dr. Robson Magno Liberal Vêras
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Severino Gonzaga Neto
Universidade Federal da Paraíba

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

RECIFE – PE
NOVEMBRO - 2012

Aos meus pais, Rubem e Lêda, pelo amor e dedicação.

Ao David, sempre irmão.

À Inês, minha esposa e companheira.

Aos meus filhos, Cora e Vinícius, fontes de alegria e motivação.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Rubem e Lêda, pelo papel fundamental na minha formação pessoal e profissional, através da educação, amor e exemplos de conduta que recebi.

Ao meu irmão David, sempre presente como um verdadeiro irmão, motivando e apoiando minhas escolhas.

À minha esposa Inês, pela cumplicidade, compreensão por meus períodos de ausência, paciência nos momentos mais críticos e apoio às minhas decisões.

À Cora e Vinícius, filhos maravilhosos, por aceitarem de forma tão madura os meus períodos de ausência, sempre confiando nas minhas decisões e trazendo motivação para o meu trabalho.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas - Campus Satuba, pelo meu afastamento das atividades como professor da Instituição.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco – Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realizar esse Curso.

Ao prof. Marcelo de Andrade Ferreira, pela orientação, ensinamentos e exemplo de dedicação ao seu trabalho.

Aos professores do Departamento de Zootecnia, pelos ensinamentos compartilhados, tão importantes para a minha formação.

Ao prof. José Maurício Campos, prof. Gonzaga Neto, prof. Francisco de Carvalho e prof^a. Adriana Guim, por fazerem parte da banca examinadora do Exame de Qualificação.

Ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) por ter disponibilizado a estrutura física e os animais necessários para a realização do experimento.

Ao pesquisador Djalma Cordeiro dos Santos pelo apoio e participação na realização dos experimentos; a todos da Estação Experimental de Arcoverde que contribuíram para a conclusão daquela etapa.

Ao Zé Luiz, pela sua dedicação e valioso trabalho diário durante os experimentos; ao Abelha, Dinho e Jó, pelo trabalho realizado.

Aos integrantes da “firma”, Rafael, Stela, Cléber, Viviany, Felipe, Sabrina, Gabi, Michelle, Luiz, Juana, Amância, Juliana, dentre outros, pela amizade e companheirismo nos momentos cruciais.

À Michelle, pela sua dedicação, responsabilidade e participação fundamental nas atividades realizadas no Laboratório de Nutrição Animal.

À Alessandra, Ana Cabral, Kedes, Cleide, Vítor, Cleyton, Débora, Christina e tantos outros, pela ajuda e preciosas dicas recebidas para procedimentos e análises que precisei realizar.

Aos colegas e amigos da pós-graduação, graduação e Departamento de Zootecnia, por fazerem dessa passagem por Recife algo mais valioso.

A todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão desse trabalho.

SUMÁRIO

	Página
Lista de Tabelas.....	<i>ix</i>
Resumo Geral.....	<i>x</i>
Abstract.....	<i>xii</i>
Considerações Iniciais.....	1
Capítulo 1 – Referencial teórico.....	4
Referencias bibliográficas.....	18
Capítulo 2 – Avaliação nutricional da palma Gigante e de genótipos resistentes à cochonilha do carmim.....	24
Resumo.....	25
Abstract.....	26
Introdução.....	27
Material e métodos.....	28
Resultados.....	33
Discussão.....	38
Conclusões.....	42
Referências.....	43
Capítulo 3 – Palma Gigante e genótipos resistentes à cochonilha do carmim em dietas para vacas em lactação.....	47
Resumo.....	48
Abstract.....	49
Introdução.....	50
Material e métodos.....	51
Resultados.....	57
Discussão.....	63
Conclusões.....	68
Referências.....	69
Considerações Finais.....	74

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2

	Página
1. Ingredientes das dietas experimentais (g/kg MS).....	29
2. Composição química dos genótipos de palma forrageira (g/kg MS).....	34
3. Composição química das dietas experimentais (g/kg MS).....	35
4. Efeitos dos genótipos de palma forrageira sobre o consumo de nutrientes (g/dia).....	36
5. Efeitos dos genótipos de palma forrageira sobre a digestibilidade aparente e energia das dietas.....	36
6. Efeitos dos genótipos de palma forrageira sobre parâmetros ruminais.....	37
7. Efeitos dos genótipos de palma forrageira sobre balanço de nitrogênio e síntese de proteína microbiana.....	38

Capítulo 3

	Página
1. Ingredientes das dietas experimentais (g/kg MS).....	52
2. Composição química dos ingredientes das dietas experimentais (g/kg MS).....	58
3. Composição química das dietas experimentais (g/kg de MS).....	58
4. Efeitos dos genótipos de palma forrageira sobre o consumo de nutrientes (kg/dia).....	59
5. Efeitos dos genótipos de palma forrageira sobre a digestibilidade aparente..	60
6. Efeitos dos genótipos de palma forrageira sobre a produção de leite e a eficiência alimentar.....	61
7. Efeitos dos genótipos de palma forrageira sobre o perfil de ácidos graxos do leite (g/kg de ácidos graxos).....	62
8. Efeitos dos genótipos de palma forrageira sobre a excreção de uréia e a síntese de proteína microbiana.....	63

RESUMO GERAL

Dois experimentos foram conduzidos com o objetivo de avaliar genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim em dietas para ruminantes. No experimento realizado com ovinos foram avaliados os efeitos dos genótipos Miúda, IPA Sertânia, Orelha de Elefante Mexicana e Orelha de Elefante Africana sobre consumo, digestibilidade, parâmetros ruminais, balanço de nitrogênio e síntese de proteína microbiana, comparados aos efeitos da palma Gigante. Foram utilizados cinco ovinos machos, castrados, providos de cânula ruminal, com peso corporal médio de $53,2 \pm 4,8$ kg. Os tratamentos experimentais continham um genótipo de palma forrageira (400 g/kg de MS), feno de alfafa (585 g/kg de MS) e mistura mineral (15 g/kg de MS). A dieta contendo palma Gigante (PGG) foi considerada o tratamento controle. Não foram observados efeitos dos genótipos resistentes à cochonilha do carmim sobre os consumos de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), carboidratos totais (CHT), fibra em detergente neutro (FDN), carboidratos não fibrosos (CNF) e energia metabolizável (EM), porém a dieta contendo palma Orelha de Elefante Mexicana (PMX) proporcionou maior consumo de PB e a dieta contendo palma Orelha de Elefante Africana (PAF) menor consumo de EE que a dieta controle. A dieta controle apresentou menor digestibilidade da PB do que a dieta contendo palma IPA Sertânia (PST) e do que a dieta PMX, assim como menor digestibilidade da FDN que a dieta contendo palma Miúda (PMD) e que as dietas PST e PMX. A dieta controle promoveu menor pH ruminal que a dieta PAF, menor concentração de N-NH₃ ruminal que as dietas PST e PMX e menor proporção molar de acetato do que as dietas PMD, PMX e PAF. No experimento realizado com vacas leiteiras os mesmos genótipos foram avaliados, exceto a palma Orelha de Elefante Africana, sendo os efeitos sobre consumo, digestibilidade, produção e composição do leite e síntese de proteína microbiana comparados aos da palma Gigante. Foram utilizadas oito vacas da raça Girolando, distribuídas em dois quadrados latinos 4 x 4. Os tratamentos experimentais consistiram de ração completa contendo um genótipo de palma forrageira (443 g/kg MS), silagem de sorgo (380 g/kg MS), farelo de soja (150 g/kg MS), uréia (8 g/kg MS) e mistura mineral (19 g/kg MS). A dieta PMD proporcionou maiores consumos de MS, MO e NDT que a dieta controle. Observou-se maior consumo de PB quando fornecidas as dietas PMD e PST e menor consumo de CNF quando fornecidas as dietas PST e PMX.

A dieta controle apresentou menor digestibilidade da MS e MO que as dietas PMD e PST e menor digestibilidade da PB e FDN que PMD, PST e PMX. Foram observadas menores produções de leite, proteína, lactose e sólidos totais quando fornecidas as dietas PST e PMX e menores produção de leite corrigido para gordura e teor de proteína no leite quando fornecida PMX. A dieta PMX proporcionou maior relação entre ácidos graxos insaturados e ácidos graxos saturados e maior proporção de ácidos graxos desejáveis no leite. Não houve efeito das dietas contendo genótipos resistentes à cochonilha do carmim sobre a síntese de proteína microbiana. Para ovinos e de acordo com os parâmetros avaliados, conclui-se que a palma Miúda, a palma IPA Sertânia, a palma Orelha de Elefante Mexicana e a palma Orelha de Elefante Africana podem substituir a palma Gigante. No caso de vacas em lactação, considerando os dados de desempenho e consumo, a palma Miúda é o genótipo resistente à cochonilha do carmim mais indicado para substituir a palma Gigante.

Palavras-chave: *Dactylopius*, *Nopalea*, *Opuntia*, palma forrageira, produção de leite, semiárido

ABSTRACT

Two studies were conducted to evaluate cactus pear genotypes resistant to carmine cochineal in diets for ruminants. In the study conducted with sheep were evaluated the effects of the “Miúda”, “IPA Sertânia”, “Orelha de Elefante Mexicana” and “Orelha de Elefante Africana” cactus pear genotypes on intake, digestibility, ruminal parameters, nitrogen balance and microbial protein synthesis and compared with the effects of the “Gigante” cactus pear. Five male castrated sheep (53.2 ± 4.8 kg BW) with rumen cannula were used. The experimental diets contained one genotype of cactus pear (440 g/kg DM), alfalfa hay (585 g/kg DM) and mineral mixture (15 g/kg DM). The diet containing “Gigante” cactus pear (PGG) was the control treatment. There were no differences in the intakes of dry matter (DM), organic matter (OM) and metabolizable energy (ME) for PGG diet and others. The diet containing “Orelha de Elefante Mexicana” cactus pear (PMX) provided higher crude protein (CP) intake. The PGG diet showed lower CP digestibility than diet containing “IPA Sertânia” cactus pear (PST) and PMX diet and lower FDN digestibility than the diet containing “Miúda” cactus pear (PMD) and the PST and PMX diets. The control diet promoted lower ruminal pH than the diet containing “Orelha de Elefante Africana” cactus pear (PAF), lower ruminal ammonia concentration than PST and PMX diets and lower molar proportion of acetate than the diets PMD, PMX and PAF. In the study conducted with lactating dairy cows the same cactus pear genotypes were evaluated, except “Orelha de Elefante Africana” cactus pear. Eight Girolando cows were used, distributed into two 4 x 4 Latin squares. The experimental treatments consisted of a complete feed containing one genotype of cactus pear (440 g/kg DM), sorghum silage (380 g/kg DM), soybean meal (150 g/kg DM), urea (8 g/kg DM) and mineral mixture (17 g/kg DM). The diet PMD provided greater intakes DM, OM and total digestible nutrients (TDN) than the control diet. Greater CP intake was observed when the PMD and PST diets were provided; a lower non-fibrous carbohydrate (NFC) intake was observed when the PST and PMX diets were provided. The control diet showed lower DM and OM digestibility than PMD and PST and lower CP and NDF digestibility than PMD, PST and PMX. Lower milk, protein, lactose and total solids yield were observed when PST and PMX were supplied. The supply of PMX promoted lower fat-corrected milk yield and milk protein content. The PMX diet provided a greater ratio of unsaturated to saturated fatty acids and a greater proportion of desirable fatty acids. The control diet showed

microbial protein synthesis similar to other diets. For sheep and according to the evaluated parameters, it is concluded that the “Miúda”, “IPA Sertânia”, “Orelha de Elefante Mexicana” and “Orelha de Elefante Africana” cactus pear can replace “Gigante” cactus pear. Considering data of intake and performance, the ‘Miúda’ cactus pear is the carmine cochineal resistant genotype that is most suitable to be supplied in diets for lactating cows.

Keywords: cactus pear, *Dactylopius*, milk yield, *Nopalea*, *Opuntia*, semiarid

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A região semiárida brasileira ocupa em torno de 11% do território nacional e tem a maior parte de sua área localizada na região nordeste. Caracteriza-se pela distribuição irregular de chuvas, concentrada em um curto período de tempo e com precipitação média anual abaixo de 800 milímetros, que associada a uma alta taxa de evapotranspiração contribuem para a ocorrência do fenômeno da seca.

A região Nordeste possui a maior população rural do Brasil e o maior número de estabelecimentos agropecuários, contando, em grande parte, com pequenas propriedades. Apesar do desenvolvimento econômico apresentado nos últimos anos, é uma região que apresenta a menor renda *per capita* e a maior desigualdade na distribuição de renda do país. Além disso, possui alguns dos piores indicadores sociais do Brasil, como altas taxas de analfabetismo e mortalidade infantil.

Apesar das adversidades climáticas próprias da região, a exploração pecuária representa uma das mais importantes alternativas econômicas e fonte de proteína alimentar para a população local. Esse panorama exige o desenvolvimento de estratégias próprias para a região, com uso de tecnologias que minimizem os efeitos do clima e contribuam para a permanência do homem no campo, convivendo de maneira digna com as adversidades a ele impostas.

O grande desafio é a produção de alimentos para o suporte da produção animal, especialmente durante os períodos de escassez de chuvas. Algumas alternativas têm sido desenvolvidas, dentre elas o uso da palma forrageira tem se mostrado essencial. Além de seu alto valor nutritivo, pode ser cultivada em diferentes escalas e níveis tecnológicos, com baixo risco quando comparada a outras culturas de ciclo curto e/ou dependentes de regularidade de chuvas, como é o caso do milho e de gramíneas

perenes. Além disso, serve como importante reserva de água para o rebanho, devido o seu alto conteúdo em umidade.

Como todas as culturas agrícolas, a palma forrageira também está sujeita ao ataque de pragas. Nos últimos anos o ataque da cochonilha do carmim tem atingido proporções alarmantes, cujo efeito dizimou grandes áreas de palmais, comprometeu a reserva estratégica de forragem e trouxe enormes prejuízos econômicos aos produtores da região. A situação agrava-se devido ao fato de que as variedades de palma mais cultivadas, especialmente no estado de Pernambuco, são a Gigante, a Redonda e o clone IPA-20, as quais estão entre as mais susceptíveis ao ataque desse inseto.

Várias medidas podem ser adotadas para controlar a infestação por esse inseto, dentre elas a aplicação de produtos alternativos via pulverização, como detergentes e óleos vegetais, além de aplicação de produtos químicos. No entanto, exige além da mão de obra, água disponível para a pulverização, que em muitas situações é escassa, principalmente porque as maiores infestações ocorrem durante os períodos de ausência de chuvas. Além disso, a própria estrutura das plantas e sua distribuição na área cultivada dificultam o trabalho de pulverização. No caso da aplicação de defensivos químicos, ainda há o alto custo de aquisição e o risco de contaminação do ambiente, de pessoas e animais.

O uso de genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim tem sido apontado como uma das melhores alternativas ao controle dessa praga. Vários genótipos têm sido testados pelo Instituto Agrônomo de Pernambuco e pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, sendo alguns selecionados pelo seu desempenho agrônomo. No entanto, ainda precisam ser avaliados quanto ao seu valor nutricional e desempenho promovido quando utilizados na alimentação animal.

O presente trabalho está organizado em três capítulos. O capítulo 1 traz um breve referencial teórico, discutindo informações referentes à palma forrageira, cochonilha do carmim e genótipos resistentes à cochonilha do carmim. Apresenta, também, informações sobre os efeitos da palma forrageira no valor nutricional da dieta, produção e composição do leite, parâmetros ruminais e síntese de proteína microbiana.

No Capítulo 2 são descritos e discutidos os resultados da avaliação nutricional de genótipos resistentes à cochonilha do carmim, comparados aos resultados promovidos pela palma Gigante. Foram utilizados ovinos fistulados, alojados em gaiolas de metabolismo, e realizada a avaliação do consumo, digestibilidade, parâmetros ruminais, balanço de nitrogênio e síntese de proteína microbiana. No Capítulo 3, os efeitos de genótipos resistentes à cochonilha do carmim foram comparados aos efeitos da palma Gigante, incluídos em dietas para vacas em lactação. Foram avaliados consumo, digestibilidade, produção e composição do leite, além da síntese de proteína microbiana. Os Capítulos 2 e 3 foram redigidos conforme as normas do *Animal Feed Science and Technology*.

CAPÍTULO 1
REFERENCIAL TEÓRICO

**Palma Gigante e genótipos resistentes à cochonilha do carmim
em dietas para ruminantes**

A palma forrageira

O desenvolvimento da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em regiões áridas e semiáridas, onde situações ambientais impõem limitações à sobrevivência e à produtividade das plantas, provocou o desenvolvimento de características adaptativas em sua anatomia, morfologia e fisiologia. Na adaptação da palma a essas regiões, desenvolveu o Metabolismo Ácido das Crassuláceas (MAC), apresentando abertura estomatal apenas noturna. Assim, a captação de CO₂ e perdas de água ocorrem apenas durante a parte mais fria do ciclo de 24 horas (Nobel, 2001).

No Brasil, a palma forrageira vem sendo cultivada principalmente por criadores de gado leiteiro no semiárido nordestino (Albuquerque & Santos, 2005). Santos et al., 2006a estimaram a área de aproximadamente 500.000 ha plantados com palma forrageira. Entre as cultivares mais utilizadas estão a palma Gigante, a palma Redonda (ambas *Opuntia ficus indica*– Mill) e a palma Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dick).

Vale salientar a expansão da cultura da palma forrageira nos últimos anos, chegando a regiões onde não era tradicionalmente utilizada. No norte de MG o uso da palma forrageira tem sido recomendada pela EPAMIG e pela EMATER-MG como alternativa para alimentação dos rebanhos durante o período da seca (EPAMIG, 2011; EMATER, 2012).

Assim, o uso da palma forrageira como reserva estratégica de forragem tem se mostrado essencial para a manutenção da atividade pecuária na região semiárida durante o período de escassez de chuvas (Lima et al., 2007; Ferreira et al., 2009a; Moreira et al., 2011). No entanto, os palmais vem sofrendo com os ataques da cochonilha do carmim (Santos et al., 2006a). As variedades Redonda, Gigante e IPA-20 são reconhecidas por serem mais produtivas e mais resistentes à seca, porém foram

identificadas como sendo mais susceptíveis ao ataque desse inseto (Santos et al., 2006b; Vasconcelos et al., 2009; Lopes et al., 2010). Grandes áreas têm sido dizimadas, trazendo perdas econômicas aos sistemas produtivos locais. É necessário, portanto, a adoção de ações estratégicas que permitam o controle da cochonilha do carmim na região, como o plantio de genótipos de palma forrageira resistentes a esse inseto.

A cochonilha do carmim

As cochonilhas são insetos hemípteros fitófagos pertencentes à Família Dactylopiidae, que possui um único gênero, o *Dactylopius*, que abriga reconhecidamente nove espécies de cochonilhas: *Dactylopius ceylonicus* Green, *D. coccus* Costa, *D. confusus* Cockerell, *D. opuntiae* Cockerell, *D. tomentosus* Lamarck, *D. austrinos* De Lotto, *D. confertus* De Lotto, *D. salmianus* De Lotto e *D. zimmermanni* De Lotto (Moreno et al., 2009; Moreno et al., 2011). Todas as espécies são originadas do continente americano. As fêmeas desse gênero caracterizam-se por possuir corpo pequeno, de 1 a 6 mm de comprimento, coberto por secreção serosa branca como algodão e cheios do princípio colorante ácido carmínico (Portilo et al., 2005; Moreno et al., 2009).

Das nove espécies pertencentes ao gênero *Dactylopius*, oito são consideradas silvestres e apenas uma, a *D. coccus* Costa, vulgarmente denominada “cochonilha fina”, é considerada adequada para uso comercial, por produzir corante em maior quantidade e de qualidade superior (Portilo et al., 2005). O corante extraído da cochonilha tem diversas aplicações, especialmente na indústria de cosméticos, alimentícia, farmacêutica e têxtil (Hernandez et al., 2006; Moreno et al., 2009).

A cochonilha do carmim alimenta-se de plantas cactáceas, especialmente dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea*, sendo que 80 espécies foram identificadas como

hospedeiras desse inseto em diversos países (Moreno et al., 2009). A cochonilha suga a seiva para se alimentar, ocasionando clorose nos cladódios e frutos, debilidade da planta, queda prematura de frutos e cladódios além de favorecer o aparecimento de infecções por agentes patógenos. Altas densidades populacionais dessa praga podem causar a morte da planta (Rueda, 2011).

Os machos adultos são alados e possuem um par de asas membranosas semelhantes ao mosquito. Vivem apenas para fecundar a fêmea, morrendo em seguida. A condição sésil da fêmea e a mobilidade limitada do macho adulto fazem deles totalmente dependentes de seu hospedeiro. Sua disseminação ocorre, devido a seu hábito estacionário, principalmente quando a planta é transportada de um local para outro ou quando o inseto é levado acidentalmente em roupas ou meios de transporte (Santos et al., 2006a).

Em 2003 foi confirmado pelo Departamento de Sanidade Vegetal do Ministério da Agricultura que é a *D. opuntiae* que está causando prejuízos aos palmais nordestinos (MAPA, 2010). A cochonilha *D. opuntiae* é a espécie mais agressiva do gênero, desenvolvendo-se em qualquer porção da planta e em qualquer estágio de desenvolvimento. Possui também um tempo de vida mais curto e um ciclo reprodutivo com um maior número de gerações por ano que a *D. coccus*, sendo também capaz de infestar um maior número de espécies hospedeiras. A *D. opuntiae* tem sido utilizada na África do Sul em áreas com infestação de *Opuntia ficus indica* com a finalidade de controlar essa cactácea (Moreno et al., 2009).

No combate à cochonilha do carmim o controle mecânico pode ser utilizado em situações de pequenos focos e com baixa infestação pelo inseto, dessa forma são cortados os cladódios infestados e fornecidos aos animais. Em situações em que

grandes áreas apresentam maior nível de infestação, a realização do controle químico é o mais indicado (Santos et al., 2006a).

A utilização contínua de defensivos químicos tem como desvantagem a possibilidade de causar desequilíbrios na população de inimigos naturais e ainda gerar resistência pelo inseto ao produto utilizado (Brito et al., 2008). Além disso, precisam ser aplicados sobre toda a superfície dos cladódios, o que é dificultado pela própria estrutura da cultura e, em muitos casos, pela presença de plantas invasoras devido a ausência de tratamentos culturais. Também apresentam elevado custo e podem trazer implicações ambientais, o que dificulta sua adoção especialmente por pequenos produtores rurais. Sendo assim, o plantio de genótipos resistentes tem sido apontado como a melhor alternativa no combate a esse inseto (Vasconcelos et al., 2009).

Genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim

Dentre as alternativas para controle de pragas, o uso de plantas resistentes apresenta uma série de benefícios, especialmente em relação ao uso de produtos químicos. Pode-se citar que não oferece riscos para a saúde humana e animal, não polui o ambiente, não onera o custo de produção e não exige conhecimentos específicos dos agricultores para sua utilização (Lara, 1991).

Alguns estudos têm sido realizados pelo Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) e Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) para identificar genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim. Santos et al. (2006b) realizaram experimento com 438 clones pertencentes à coleção do IPA, implantando-os em uma área com risco de infestação. Ao final do experimento, constatou-se que apenas cinco clones não apresentavam incidência de cochonilha, um apresentava baixa incidência e três incidência média, classificados como muito resistentes, resistente e

medianamente susceptíveis, respectivamente. A palma Miúda e a palma Orelha de Elefante Africana estavam entre os clones considerados muito resistentes.

Os genótipos Miúda e Orelha de Elefante Africana também foram identificados por Vasconcelos et al. (2009) como os mais resistentes à cochonilha do carmim, dentre vinte clones avaliados. Silva et al. (2007a) avaliaram a resistência à cochonilha do carmim em clones de palma forrageira micropropagados *in vitro* e observaram que a palma Miúda e a palma Orelha de Elefante Mexicana, dentre outros genótipos, foram considerados resistentes ao inseto. A palma Miúda, a palma Orelha de Elefante Africana e a palma Orelha de Elefante Mexicana também foram identificadas por Lopes et al. (2010) como resistentes.

Os genótipos IPA-100004 (Miúda), IPA-200205 (IPA Sertânia), IPA-200016 (Orelha de Elefante Mexicana) e IPA- 200174 (Orelha de Elefante Africana) estão entre os que mais se destacaram quanto ao desempenho agrônomico (Santos et al., 2006b; Silva et al., 2007a; Vasconcelos et al. 2009). Dentre eles, apenas a palma Miúda é conhecida pelos produtores, porém é cultivada em menor escala (Cunha et al. 2008).

Deve-se salientar que, com exceção da palma Miúda, pouco se conhece sobre os efeitos desses genótipos sobre o desempenho animal. A avaliação de forrageiras não pode prescindir da utilização de animais, a fim de que os resultados obtidos sejam mais representativos das condições dos sistemas de produção em que serão utilizadas (Euclides & Euclides Filho, 1998).

A palma forrageira na alimentação de ruminantes

Composição nutricional

De maneira geral, a palma forrageira, seja do gênero *Opuntia* ou *Nopalea*, caracteriza-se por apresentar baixos níveis de proteína bruta (PB) (3,0 a 8,3%), fibra em

detergente neutro (FDN) (24,4 a 39,2%) e matéria seca (MS) (8,2 a 13,4%) em sua composição. Por outro lado, apresenta elevado teor de minerais (8,0 a 17,0%) e carboidratos não fibrosos (CNF) (46,3 a 57,8%) (Batista et al., 2003; Magalhães et al., 2004; Sosa et al., 2005; Gebremariam et al., 2006; Silva et al., 2007b; Vieira et al., 2008; Ferreira et al., 2009b; Pessoa et al., 2009). Possui também expressivo conteúdo em nutrientes digestíveis totais (NDT), sendo estimado valores de 63,7% (Melo et al., 2003), 66,1% (Cavalcanti et al., 2006) e 67,6% para a palma Gigante e 66,2% para a palma Miúda (Batista et al., 2003).

O baixo teor em PB da palma forrageira faz necessária a atenção com o teor desse nutriente na dieta, utilizando outras fontes para atender os requerimentos. Foi verificado por Batista et al. (2003) que da PB presente na palma forrageira, aproximadamente 60% é representado por PB solúvel, sendo que em torno de 70% dessa fração é de nitrogênio não proteico (NNP).

O baixo teor de FDN da palma é uma característica peculiar em relação a outras forragens. A sua inclusão na dieta tende a reduzir o teor de FDN, tornando-se necessário a sua associação com outro volumoso, para manter os níveis de fibra dentro do recomendável (Ferreira et al., 2009a).

Um aspecto nutricional interessante na palma é o seu alto conteúdo em CNF. Essa fração nutricional tem sido associada como determinante da rápida degradação apresentada pela palma, resultando em maior liberação de energia no ambiente ruminal (Ben Salem et al., 2002; Batista et al., 2003). Batista et al. (2003) observaram que carboidratos totais (CHT) representam 75,1% da composição da palma forrageira, sendo que aproximadamente 42% dos carboidratos presentes são de rápida fermentação ruminal, sem diferenças entre a palma Miúda e a palma Gigante. Observaram também

13,1 % de amido e 28,6 % de fibra solúvel em detergente neutro (pectina, *B*-glucanas e frutanas).

Efeitos sobre o consumo e a digestibilidade

O consumo é provavelmente a variável individual de maior importância na determinação do desempenho animal, tendo em vista que é o nível de consumo da dieta que determinará a quantidade de nutrientes que estará disponível para a digestão. Assim, consumo e digestibilidade definem a quantidade de nutrientes que será absorvida (Romney & Gill, 2000).

Andrade et al. (2002), Wanderley et al. (2002), Oliveira et al. (2007a) e Cavalcanti et al. (2008a) realizaram trabalhos com níveis crescentes de inclusão de palma Gigante em dietas para vacas em lactação. Apenas no trabalho de Oliveira et al (2007a) foi observada redução linear no consumo de MS, quando a palma foi incluída em níveis de até 51% da dieta, substituindo parcialmente o feno de tifton e totalmente o milho. Segundo os autores é provável que essa redução no consumo tenha ocorrido devido à redução nos teores de milho, reduzindo o teor de amido das dietas experimentais. Esse efeito também foi observado por Araújo et al. (2004), quando o milho foi substituído por palma Gigante em dietas para vacas em lactação.

Outros estudos também demonstram que a presença de palma Gigante na dieta de vacas em lactação, com níveis de inclusão entre 28,9 a 44,36 % da MS, não impede que os requerimentos de consumo de MS preconizados pelo NRC (2001) sejam atendidos (Melo et al., 2003; Magalhães et al., 2004; Melo et al., 2006; Ramalho et al., 2006a; Ramalho et al., 2006b).

Santos et al. (2001) avaliaram o desempenho de vacas leiteiras alimentadas com diferentes cultivares de palma forrageira. Os autores observaram que a palma Miúda foi consumida em maior quantidade que a palma Gigante, com base na MS, mas não houve

diferença sobre o total de MS dietética consumida. Torres et al. (2009) não observaram diferenças no consumo e na digestibilidade da MS e de nutrientes ao substituir a palma Gigante pela palma Miúda em dietas para novilhas, até a substituição total, representando 38% da dieta.

De maneira semelhante resultados de trabalhos conduzidos com ovinos e caprinos indicam que a inclusão de palma Gigante na dieta não traz efeitos negativos ou até aumenta o consumo de MS (Veras et al., 2005; Bispo et al., 2007; Tegegne et al., 2007; Costa et al., 2012). Apenas em situações onde foi incluída em altas proporções, acima de 50% na composição da dieta, foram observadas reduções de consumo (Gebremarian et al., 2006; Vieira et al., 2008).

Cavalcanti et al. (2008b) observaram que ovinos e caprinos alimentados com dieta contendo palma Gigante apresentaram maior consumo de MS do que aqueles que receberam a palma Orelha de Elefante Africana. As dietas continham 60% de palma e 25% de feno de capim buffel. Os autores sugerem que esses resultados podem ter ocorrido devido a maior presença de espinhos na palma Orelha de Elefante Africana.

A palma Gigante quando incluída na dieta em substituição a alimentos volumosos não traz prejuízos para, ou até aumenta, a digestibilidade da MS, MO e CHT, seja em dietas para vacas leiteiras (Oliveira et al., 2007a; Cavalcanti et al., 2008a) ou para ovinos e caprinos (Gebremarian et al., 2006; Bispo et al., 2007; Vieira et al., 2008). A melhoria na digestibilidade tem sido avaliada como consequência do aumento no teor de CNF e redução no teor de FDN, que é a porção menos digestível da dieta.

No entanto, em situações de maior inclusão de palma Gigante, tem sido relatado redução na digestibilidade da FDN, tanto com vacas leiteiras (Andrade et al. 2002; Cavalcanti et al., 2006; Oliveira et al., 2007a) quanto com ovinos (Gebremarian et al., 2006; Tegegne et al., 2007). Esses autores relacionam esse efeito ao alto conteúdo em

CNF da palma forrageira que, em geral, ocasiona maior consumo dessa fração de carboidratos, gerando condições desfavoráveis à atividade celulolítica. Outra possível justificativa apresentada é a elevada taxa de passagem da palma forrageira, influenciando negativamente na digestibilidade da fibra.

Efeitos sobre a produção e a composição do leite

Vacas leiteiras em lactação representam uma categoria com alta exigência energética, especialmente devido à produção de leite (NRC, 2001). Dessa forma, o incremento energético de dietas destinadas a essa categoria, em situações onde a palma forrageira está presente, pode resultar em respostas positivas na produção de leite.

Santos et al. (2001) avaliaram as palmas Gigante, Redonda e Miúda em dietas para vacas leiteiras, com as rações consumidas apresentando níveis em torno de 67% de palma, 22% de silagem de restolho de milho e 11% de concentrado. Não foram observadas diferenças entre a produção de leite e a produção de leite corrigida para 4% de gordura (PLCG) proporcionadas pelas diferentes variedades de palma.

Oliveira et al. (2007b) observaram que a inclusão de palma Gigante até o nível de 51% da MS da dieta de vacas leiteiras não influenciou na produção de leite (média de 26,6 kg/vaca/dia) e na produção de leite corrigida para 3,5% de gordura, mesmo a palma tendo substituído parcialmente o milho. Wanderley et al. (2002) também não observaram efeito da substituição da silagem de sorgo por palma Gigante sobre a produção de leite (média de 25 kg/vaca/dia) e produção de leite corrigida para 3,5% de gordura.

Por outro lado, Cavalcanti et al. (2008a) observaram aumento linear na produção de leite e produção de leite corrigida para 3,5% de gordura com o fornecimento de palma Gigante em substituição ao capim tifton até ao nível de 50% da MS da dieta, quando os animais apresentaram produção de 20,5 kg de leite. Segundo os

autores, esse aumento pode ser explicado pelo aumento linear no consumo de NDT apresentado pelos animais à medida que cresceu o nível de inclusão de palma em substituição ao feno. Nos trabalhos de Silva et al. (2007b) e Wanderley (2008), onde foram avaliados diferentes volumosos associados à palma forrageira, não foram observados efeitos significativos sobre a produção de leite apresentada pelos animais.

É importante também que, em situações onde há um maior aporte energético decorrente de maior proporção de carboidratos de fácil fermentação ruminal, seja preservada a boa função ruminal, para que não haja prejuízos à saúde do animal. O teor normal de gordura do leite tem sido relacionado a boas condições ruminais, promovida por níveis de fibra adequados na dieta. Teores abaixo de 3,2% podem ser consequência de baixo conteúdo de fibra efetiva na dieta (Machado & Cassoli, 2007). Nos trabalhos revisados foram observados teores de gordura do leite superiores a 3,3% (Santos et al., 2001; Wanderley et al., 2002; Melo et al., 2003; Araújo et al., 2004; Ramalho et al., 2006a; Ramalho et al., 2006b; Oliveira et al., 2007b; Silva et al., 2007b; Cavalcanti et al., 2008a; Wanderley, 2008).

Efeitos sobre parâmetros ruminais: pH e ácidos graxos voláteis

Os ácidos graxos voláteis (AGV) ruminais são provenientes principalmente da fermentação dos carboidratos dietéticos, representando a principal fonte de energia para o animal. O tipo de AGV produzido no rúmen está relacionado com a composição da dieta, onde a degradação da fibra produz maiores quantidades de ácido acético, enquanto a maior proporção de grãos, ricos em CNF, frequentemente diminui a relação acetato:propionato, decorrente principalmente de mudanças na proporção de propionato ruminal (Firkins et al., 2006; Furlan et al., 2011).

As bactérias celulolíticas necessitam de pH igual ou superior a 6,2, enquanto as bactérias amilolíticas são ativas em condição de pH em torno de 5,8. É comum

observar valores mais baixos de pH por curtos intervalos de tempo, imediatamente após a alimentação, especialmente quando as dietas são ricas em concentrados. No entanto, quando a quantidade de fibra dietética é restrita e a taxa de fermentação de carboidratos é rápida, o pH pode declinar por períodos mais longos, trazendo prejuízos ao ambiente ruminal (Furlan et al., 2011; Valadares Filho & Pina, 2011).

Misra et al. (2006) observaram que a inclusão da palma Gigante em dietas à base de feno de capim bufel, em substituição a alimentos concentrados, promoveram aumento no pH ruminal em ovinos. A inclusão de palma na dieta também promoveu menor concentração molar de acetato, mas sem efeito significativo sobre a concentração de propionato no fluido ruminal.

Vieira et al. (2008) avaliaram a substituição de palma Gigante por feno de capim tifton em rações para caprinos. Quando a dieta continha o maior nível de palma (76,5 %) o pH ruminal observado foi de 5,75. É um pH baixo, já que situações com valores menores que seis são associadas à redução da atividade fibrolítica. Quando fornecida a dieta com menor nível de palma (37,3 %) e maior participação do feno, o pH ruminal médio observado foi 6,0.

Souza et al. (2009) observaram redução linear no pH ruminal com a redução na participação do feno de tifton e aumento da palma Gigante na dieta de caprinos, resultado da baixa concentração de fibra fisicamente efetiva. Não foram observados efeitos significativos das dietas sobre as proporções molares de acetato e propionato, apesar de, em termos numéricos, a presença de feno ter favorecido a proporção de acetato e reduzido a de propionato.

Santos et al. (2010) avaliaram dietas contendo em torno de 74% de palma forrageira associada com milho, feno de tifton ou casca de soja, utilizando ovinos fistulados. Os autores observaram valores médios de pH ruminal superiores a 6,2 para

todos os tratamentos. Observaram também que as dietas contendo feno de tifton ou casca de soja promoveram maior proporção molar de acetato e menor de propionato.

Bispo et al. (2007) observaram que a inclusão de palma Gigante em substituição ao feno de capim elefante até o nível de 56% da MS da dieta de ovinos causou redução linear no pH ruminal, no entanto, com pH acima de 6,2 para todos os tratamentos. Wanderley (2008) avaliou dietas para ovinos contendo em média 56% de palma Gigante, associada com diferentes volumosos e pequena proporção de farelo de soja. O autor observou em todos os horários de avaliação pH superior a 6,7, com valor médio de 7,05.

Nos trabalhos apresentados, os menores valores médios de pH foram observados quando as dietas continham alta presença de palma e concentrados, com pequena proporção ou ausência de outra forragem, ocasionando também conteúdo mais alto em CNF (Vieira et al., 2008; Souza et al., 2009). Esses resultados indicam a importância da presença de fibra fisicamente efetiva na dieta, estimulando a mastigação e consequente salivação, concorrendo para manutenção de pH ruminal adequado.

Efeitos sobre a síntese de proteína microbiana

A proteína de origem microbiana representa fonte significativa desse nutriente para animais ruminantes, apresentando excelente balanço de aminoácidos essenciais, sendo importante que sua síntese ruminal seja otimizada. A disponibilidade de energia e proteína provenientes da dieta influencia a eficiência de utilização do nitrogênio (Rius et al., 2010). Como alimentos concentrados e forragens possuem diferentes taxas e extensões de degradação ruminal, interferindo na disponibilidade de energia e nitrogênio, deve-se considerar que a síntese de proteína microbiana ruminal também pode diferir dependendo dos ingredientes presentes na dieta (Cabrita et al. 2006; Ramos et al., 2009).

Vieira et al. (2008) não observaram efeitos significativos sobre o suprimento de proteína microbiana para o intestino delgado para dietas contendo níveis de palma Gigante variando entre 37,3 e 76,5%, indicando que todas as dietas possuíam PB degradável e carboidratos fermentáveis suficientes para otimizar a síntese de proteína microbiana. Foi observada média de 100,8 g de PB microbiana/kg de MO digestível consumida. Souza et al. (2009) observaram valor médio de 119,28 g de PB microbiana/kg MO digestível consumida para dietas com 60% de palma Gigante e níveis variáveis de feno de tifton e casca de soja.

Misra et al. (2006) e Tegegne et al. (2007) enfatizam a importância de que dietas contendo palma forrageira sejam convenientemente suplementadas com fontes proteicas, para permitir síntese de proteína microbiana satisfatória. Essa afirmação é fortalecida pelos resultados obtidos por Pessoa et al. (2009), em que dietas contendo 57% de palma Gigante e 3,5% de uréia quando suplementadas com farelo de soja e caroço de algodão apresentaram maior síntese e eficiência de síntese de proteína microbiana quando comparadas à dieta controle, que não continha nenhum dos suplementos protéicos.

Ferreira et al. (2009b) avaliaram dietas para vacas leiteiras contendo 50% de palma Gigante e 25% de concentrados, associados a diferentes volumosos (bagaço de cana, feno de tifton, feno de capim elefante, silagem de sorgo e silagem de sorgo + bagaço de cana). Os autores concluíram que os volumosos avaliados não causaram prejuízo à síntese e à eficiência de síntese de proteína microbiana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, S.G. & SANTOS, D.C. Palma forrageira. In: KILL, L.H.P.; MENEZES, E.A. (Ed.). **Espécies vegetais exóticas com potencialidades para o semi-árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2005, p.91-127.
- ANDRADE, D.K.B.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C. et al. 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**, v.31, n.5, p.2088-2097, 2002.
- ARAÚJO, P.R.B.; FERREIRA, M.A.; BRASIL, L.H.A. et al. Substituição do milho por palma forrageira em dietas completas para vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1850-1857, 2004.
- BATISTA, A.M.; MUSTAFA, A.F.; McALLISTER, T. et al. Effects of variety on chemical composition, *in situ* nutrient disappearance and *in vitro* gas production of spineless cacti. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.83, n.5, p.440-445, 2003.
- BEN SALEM, H.; NEFZAOU, A; BEN SALEM, L. Supplementing spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) based diets with urea-treated straw or oldman saltbush (*Atriplex nummularia*). Effects on intake, digestion and sheep growth. **Journal of Agricultural Science**, v.138, n.1, p.85-92, 2002.
- BISPO, S.V.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C. et al. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1902-1909, 2007.
- BRITO, C.H.; LOPES, E.B.; ALBUQUERQUE, I.C. et al. Avaliação de produtos alternativos e pesticidas no controle da cochonilha-do-carmim na Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.8, n.2, p.1-5, 2008.
- CABRITA, A.R.J.; DEWHURST, R.J.; ABREU, J.M.F. et al. Evaluation of the effects of synchronising the availability of N and energy on rumen function and production responses of dairy cows – a review. **Animal Research**, v.55, n.1, p.1-24, 2006.
- CAVALCANTI, C.V.A.; FERREIRA, M.A.; CARVALHO, M.C. et al. 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**, v.37, n.4, p.689-693, 2008a.
- CAVALCANTI, C.V.A.; FERREIRA, M.A.; CARVALHO, MC. et al. 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 Science**, v.28, n.2, p.145-152, 2006.
- CAVALCANTI, M.C.A.; BATISTA, A.M.V.; GUIM, A. Consumo e comportamento ingestivo de caprinos e ovinos alimentados com palma gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill) e palma orelha de elefante (*Opuntia* sp.). **Acta Scientiarum Animal Science**, v.30, n.2, p.173-179, 2008b.

- COSTA, R.G.; TREVIÑO, I.H.; MEDEIROS, G.R. et al. Effects of replacing corn with cactus pear on the performance of Santa Inês lambs. **Small Ruminant Research**, v.102, n.1, p.13-17, 2012.
- CUNHA, M. V. et al. Características agronômicas de genótipos de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) no semi-árido de Pernambuco. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45, Lavras-MG, 2008. **Anais ...** 2008.
- EMATER-MG - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais [2012]. Programa Minas Rural, exibido em 15/09/12. Disponível em: <http://www.emater.mg.gov.br/portal.cgi?flagweb=site_pgn_video_minas_rural&id=9815>. Acesso em: 20/10/2012.
- EPAMIG - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. [2011]. Palma forrageira: EPAMIG pesquisa alternativa para o semiárido mineiro. Disponível em: http://www.epamig.br/index.php?option=com_content&task=view&id=1308&Itemid=68. Acesso em: 20/10/2012.
- EUCLIDES, V.P.B & EUCLIDES FILHO, K. Uso de animais na avaliação de forrageiras. Campo Grande, MS, 1998 (Documento nº 74). Disponível em: <<http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/doc/doc74/>>. Acesso em: 14/08/2010.
- FERREIRA, M.A.; SILVA, F.M.; BISPO, S.V. et al. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semi-árido do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.322-329, 2009a (supl. especial).
- FERREIRA, M.A.; SILVA, R.R.; RAMOS, A.O. et al. 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**, v.38, n.1, p.159-165, 2009b.
- FIRKINS, J.L.; HRISTOV, A.N.; HALL, MB et al. Integration of ruminal metabolism in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.89, E. Suppl., p.E31-E51, 2006.
- FURLAN, R.L.; MACARI, M.; FARIA FILHO, D.E. Anatomia e fisiologia do trato gastrointestinal. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Ed.) **Nutrição de ruminantes**. 2.ed. Jaboticabal:Funep, 2011. p.1-25.
- GEBREMARIAN, T., MELAKU, S., YAMI, A. Effect of different levels of cactus (*Opuntia ficus-indica*) inclusion on feed intake, digestibility and body weight gain in tef (*Eragrostis tef*) straw-based feeding of sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v.131, p.42-51. 2006
- HERNÁNDEZ, A.F.; AMADOR, B.M.; PUENTE, E.O.R. et al. Reproducción de cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (Homóptera: Dactylopiidae). **Revista Mexicana de Biodiversidad**, v.77, n.1, p.97-72, 2006.
- LARA, F.M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. 2.ed. São Paulo: Ícone, 1991. 336p.
- LIMA, G.F.C.; ARAÚJO, G.G.L.; MACIEL, F.C. Produção e conservação de forragens em escala para sustentabilidade dos rebanhos caprinos e ovinos na agricultura de base familiar. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAPRINOS E OVINOS DE CORTE, 3., 2007, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SEBRAE-PB: EMEPA-PB, 2007. (CD-ROM).

- LOPES, E.B.; BRITO, C.H.; ALBUQUERQUE, I.C. et al. Seleção de genótipos de palma forrageira (*Opuntia* spp.) e (*Nopalea* spp.) resistentes à cochonilha-docarmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell, 1929) na Paraíba, Brasil. **Engenharia Ambiental – Espírito Santo do Pinhal**, v.7, n.1, p.204-215, 2010.
- MACHADO P.F. & CASSOLI, L.D. Interpretação das análises de leite visando otimização do balanceamento da dieta e manejo nutricional. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO INTENSIVA DE LEITE, 8., 2007, Uberlândia. **Anais...** Piracicaba: Agrispoint, 2007. p.177-190.
- MAGALHÃES, M.C.S.; VÉRAS, A.S.C.; CARVALHO, F.F.R. et al. Inclusão de cama de frango em dietas à base de palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) para vacas mestiças em lactação. 2. Digestibilidade aparente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1909-1919, 2004 (supl. 1).
- MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO [2010]. **Cochonilha do Carmim – Formulários de espécies incluídas no regime de proteção**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/vegetal/Importacao/Requisitos%20Sanit%C3%A1rios/Rela%C3%A7%C3%A3o%20de%20Pragas/Cochonilha%20do%20Carmim%20na%20Palma%20Forrageira.pdf>. Acesso em 10/03/2012.
- MELO, A.A.S.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C. et al. Desempenho leiteiro de vacas alimentadas com caroço de algodão em dieta à base de palma forrageira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.7, p.1165-1171, 2006.
- MELO, A.A.S.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C. et al. 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**, v.32, n.3, p.727-736, 2003.
- MISRA, A.K.; MISHRA, A.S.; TRIPATHI, M.K. et al. Intake, digestion and microbial protein synthesis in sheep on hay supplemented with prickly pear cactus [*Opuntia ficus indica* (L.) Mill.] with or without groundnut meal. **Small Ruminant Research**, v.63,n.1-2, p.125-134, 2006.
- MOREIRA, J.N.; DUBEUX JR. J.C.B.; MELLO, A.C.L. et al. Pastos e manejo do pastejo de áreas dependentes de chuvas. In: VOLTOLINI, T.V. (Ed.). **Produção de caprinos e ovinos no Semiárido**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. p.233-252.
- MORENO, C.K.C.; TECANTE, A.; CASAS, A. et al. Distribution and habitat in Mexico of *Dactylopius* Costa (Hemiptera Dactylopiidae) and their Cacti Hosts (Cactaceae: Opuntioideae). **Neotropical Entomology**, v.40, n.1, p.62-71, 2011.
- MORENO, C.K.C.; TECANTE, A.; CASAS, A. The *Opuntia* (Cactaceae) and *Dactylopius* (Hemiptera Dactylopiidae) in Mexico: a historical perspective of use, interaction and distribution. **Biodiversity and Conservation**, v.18, n.13, p.3337-3355, 2009.
- NOBEL, P. S. Biologia Ambiental. In: SEBRAE/PB (Co-ed.) **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. João Pessoa:SEBRAE, 2001, p.36-48.
- NUTRIENTS REQUERIMENTS OF DAIRY CATTLE - NRC. Seventh revised edition. Washington, D. C.: National Academy Press, 2001. 381p.

- OLIVEIRA, V.S.; FERREIRA, M.A.; GUIM, A. et al. Substituição total do milho e parcial do feno de capim tifton por palma forrageira em dietas para vacas em lactação. Consumo e digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1419-1425, 2007a.
- OLIVEIRA, V.S.; FERREIRA, M.A.; GUIM, A. et al. 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**, v.36, n.4, p.928-935, 2007b.
- PESSOA, R.A.S.; LEÃO, M.I.; FERREIRA, M.A. et al. Balanço de compostos nitrogenados e produção de proteína microbiana em novilhas leiteira alimentadas com palma forrageira, bagaço de cana-de-açúcar e uréia associados a diferentes suplementos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.941-947, 2009.
- PORTILLO, L. Origen de *Dactylopius coccus* Costa (Hemiptera:Dactylopiidae): Norte o Sudamérica? **Dugesiana**, v.12, n.1, p.1-8, 2005.
- RAMALHO, R.P.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C. et al. Substituição do farelo de soja pela mistura raspa de mandioca e uréia em dietas para vacas mestiças em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1212-1220, 2006a.
- RAMALHO, R.P.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C. et al. Substituição do milho pela raspa de mandioca em dietas para vacas primíparas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1221-1227, 2006b.
- RAMOS, S.; TEJIDO, M.L.; MARTÍNEZ, M.E. et al. Microbial protein synthesis, ruminal digestion, microbial populations, and nitrogen balance in sheep fed diets varying in forage- to-concentrate ratio and type of forage. **Journal of Animal Science**, v.87, n.9, p.2924-2934, 2009.
- RIUS, A.G.; MCGILLIARD, M.L.; UMBERGER, C.A. et al. Interactions of energy and predicted metabolizable protein in determining nitrogen efficiency in the lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.93, n.5, p.2034-2043, 2010.
- ROMNEY, D.L. & GILL, M. Intake of forages. In: GIVENS, D.I; OWEN E.; AXFORD R.F.E. et al. (Ed.) **Forage Evaluation in Ruminant Nutrition**. London:CABI, 2000, p.43-62.
- RUEDA, I.P.; FLORES, J.R.L.; LEIVA, E.R. et al. Ciclo de vida e parâmetros poblacionales de *Symphorobius barbery* Banks (Neuroptera:Hemerobiidae) criado por *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera:Dactylopiidae). **Acta Zoológica Mexicana**, v.27, n.2, p.325-340, 2011.
- SANTOS, A.O.A.; BATISTA, A.M.V.; MUSTAFA, A. et al. Effects of bermudagrass hay and soybean hulls inclusion on performance of sheep fed cactus-based diets. **Tropical Animal Health and Production**, v.42, n., p.487-494, 2010.
- SANTOS, D.C.; FARIAS, I.; LIRA, M.A. et al. **Manejo e utilização da palma forrageira (Opuntia e Nopalea) em Pernambuco**. Recife: IPA, 2006a. 48p. (IPA. Documentos, 30).
- SANTOS, D. C.; LIRA, M.A.; FARIAS, I. et al. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim *dactylopius* sp, em condições de campo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, João Pessoa, 2006. **Anais ... SBZ**, João Pessoa, 2006b.

- SANTOS, D.C.; SANTOS, M.V.F.; FARIAS, I. et al. Desempenho produtivo de vacas 5/8 holando/zebu alimentadas com diferentes cultivares de palma forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.1, p.12-17, 2001.
- SILVA, D. M. P.; HOULLOU-KIDO, L.M; SANTOS, D.C. et al. Resistance of in vitro grown forage cactus clones to *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera; Dactylopiidae). In: INTERNATIONAL CONGRESS ON CACTUS PEAR AND COCHINEAL, 4, JOÃO PESSOA, 2007. **Anais ...**, João Pessoa, 2007.
- SILVA, R.R.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C. et al. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) associada a diferentes volumosos em dietas para vacas da raça holandesa em lactação. **Acta Scientiarum Animal Science**, v.29, n.3, p.317-324, 2007.
- SOSA, M.Y.; BRASIL, L.H.A.; FERREIRA, M.A. et al. Diferentes formas de fornecimento de dietas à base de palma forrageira e comportamento ingestivo de vacas da raça holandesa em lactação. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.27, n.2, p.261-268, 2005.
- SOUZA, E.J.; GUIM, A.; BATISTA, A.M.V. et al. Effects of soybean hulls inclusion on intake, total tract nutrient utilization and ruminal fermentation of goats fed spineless cactus (*Opuntia ficus indica* – Mill) based diets. **Small Ruminant Research**, v.85, n.2-3, p.63-69, 2009.
- TEGEGNE, F.; KIJORA, C.; PETERS, K.J. Study on the optimal level of cactus pear (*Opuntia ficus indica*) supplementation to sheep and its contribution as source of wáter. **Small Ruminant Research**, v.72, n.2, p.157-164, 2007.
- TORRES, L.C.L.; FERREIRA, M.A.; GUIM, A. et al. Substituição da palma gigante por palma miúda em dietas para bovinos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.11, p.2264-2269, 2009.
- VALADARES FILHO, S.C. & PINA, D.S. Fermentação ruminal. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Ed.) **Nutrição de ruminantes**. 2.ed. Jaboticabal:Funep, 2011. p.161-192.
- VASCONCELOS, A.G.V.; LIRA, M.A.; CAVALCANTE, V.L.B. et al. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius* sp). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.827-831, 2009.
- VÉRAS, R.M.L.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C. et al. Substituição do milho por farelo de palma forrageira em dietas para ovinos em crescimento. Consumo e digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.351-356, 2005.
- VIEIRA, E.L.; BATISTA, A.M.V.; GUIM, A. et al. Effects of hay inclusion on intake, *in vivo* nutrient utilization and ruminal fermentation of goats fed spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* Mill) based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v.141, n.3-4, p.199-208, 2008.
- WANDERLEY, W. L.; FERREIRA, M. A.; ANDRADE, D. K. B. et al. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.273-281, 2002.
- WANDERLEY, W. L.; FERREIRA, M.A.; BATISTA, A.M.V. et al. Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais em ovinos recebendo silagens e fenos em

associação à palma forrageira. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.2, p.444-456, 2012.

WANDERLEY, W. L. **Silagens e fenos em associação à palma forrageira para vacas em lactação e ovinos**. 2008. 66f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

CAPÍTULO 2

Avaliação nutricional da palma Gigante e genótipos resistentes à cochonilha do carmim

Resumo

Objetivou-se avaliar os efeitos de genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim (Miúda, IPA Sertânia, Orelha de Elefante Mexicana e Orelha de Elefante Africana) sobre consumo, digestibilidade, parâmetros ruminais, balanço de nitrogênio e síntese de proteína microbiana, comparados aos efeitos da palma Gigante em dietas para ovinos. Foram utilizados cinco ovinos machos, castrados, providos de cânula ruminal, com peso corporal médio de $53,2 \pm 4,8$ kg. Os tratamentos experimentais continham um genótipo de palma forrageira (400 g/kg MS), feno de alfafa (585 g/kg MS) e mistura mineral (15 g/kg MS). A dieta contendo a palma Gigante (PGG) foi considerada o tratamento controle. Não houve diferenças significativas ($P > 0,05$) nos consumos de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) e energia metabolizável (EM) entre a dieta PGG e as demais, mas a dieta contendo palma Orelha de Elefante Mexicana (PMX) proporcionou maior ($P < 0,05$) consumo de proteína bruta (PB). A dieta PGG apresentou menor ($P < 0,05$) digestibilidade da PB que a dieta contendo palma IPA Sertânia (PST) e a dieta PMX, assim como menor ($P < 0,05$) digestibilidade da fibra em detergente neutro (FDN) que a dieta contendo palma Miúda (PMD) e as dietas PST e PMX. A dieta controle promoveu menor ($P < 0,05$) pH ruminal que a dieta contendo palma Orelha de Elefante Africana (PAF), menor ($P < 0,05$) concentração de N-NH₃ ruminal que as dietas PST e PMX e menor ($P < 0,05$) proporção molar de acetato que as dietas PMD, PMX e PAF. Conclui-se que a palma Miúda, a palma IPA Sertânia, a palma Orelha de Elefante Mexicana e a palma Orelha de Elefante Africana podem substituir a palma gigante.

Palavras-chave: *Dactylopius*, *Nopalea*, *Opuntia*, ovinos, palma forrageira, semiárido

Abstract

This study aimed to evaluate the effects of cactus pear genotypes resistant to the carmine cochineal (“Miúda”, “IPA Sertânia”, “Orelha de Elefante Mexicana” e “Orelha de Elefante Africana”) on intake, digestibility, ruminal parameters, nitrogen balance and microbial protein synthesis and compared with the effects of the “Gigante” cactus pear. Five male castrated sheep (53.2 ± 4.8 kg BW) with rumen cannula were used. The experimental diets contained one genotype of cactus pear (440 g/kg DM), alfalfa hay (585 g/kg DM) and mineral mixture (15 g/kg DM). The diet containing “Gigante” cactus pear (PGG) was the control treatment. There were no significant differences ($P>0.05$) in the intakes of dry matter (DM), organic matter (OM) and metabolizable energy (ME) for PGG diet and others. The diet containing “Orelha de Elefante Mexicana” cactus pear (PMX) provided higher ($P<0.05$) crude protein (CP) intake. The PGG diet showed lower ($P<0.05$) CP digestibility than diet containing “IPA Sertânia” cactus pear (PST) and PMX diet and lower neutral detergent fiber (NDF) digestibility than the diet containing “Miúda” cactus pear (PMD) and the PST and PMX diets. The control diet promoted lower ($P<0.05$) ruminal pH than the diet containing “Orelha de Elefante Africana” cactus pear (PAF), lower ($P<0.05$) ruminal ammonia concentration than PST and PMX diets and lower ($P<0.05$) molar proportion of acetate than the diets PMD, PMX and PAF. It is concluded that the “Miúda”, “IPA Sertânia”, “Orelha de Elefante Mexicana” and “Orelha de Elefante Africana” cactus pear can replace “Gigante” cactus pear.

Keywords: cactus pear, *Dactylopius*, *Nopalea*, *Opuntia*, semiarid, sheep

1. Introdução

A palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) é uma planta adaptada a regiões áridas e semiáridas. Representa uma importante opção de produção de forragem, dando suporte à produção animal em locais onde existem limitações ao desenvolvimento de outras atividades econômicas (Barrios e Uriaz, 2001).

Santos et al. (2006a) estimaram uma área de aproximadamente 500.000 ha plantada no Brasil com palma forrageira, localizada principalmente na região semiárida nordestina, mas que vem sofrendo com os ataques da cochonilha do carmim (*Dactylopius sp.*). As fêmeas desse inseto possuem o corpo pequeno, cheio do princípio colorante ácido carmínico e coberto por secreção serosa branca como algodão. Alimentam-se exclusivamente de plantas cactáceas, sugando a seiva e inoculando toxinas, causando clorose e queda dos cladódios e frutos. Situações de alta infestação podem causar a morte da planta (Rueda et al., 2011).

A palma Gigante, a palma Redonda e o Clone IPA-20 (todos *Opuntia ficus indica* Mill), por serem reconhecidas como variedades mais produtivas e resistentes à seca, ocupam a maior parte das áreas cultivadas. No entanto, foram identificadas como sendo mais susceptíveis ao ataque da cochonilha do carmim (Santos et al., 2006b; Vasconcelos et al., 2009). Como consequência, grandes áreas estão sendo dizimadas devido aos ataques desse inseto, reduzindo drasticamente as reservas estratégicas de forragem para os rebanhos.

Aliado aos extensos prejuízos causados por essa praga, atualmente a região enfrenta um longo período de seca, agravando o problema de escassez de alimentos para os rebanhos. Os produtores, na maioria agricultores familiares, assistem à queda na produção pecuária e à morte de animais, já que as reservas de forragem estão escassas e são poucos os recursos financeiros para aquisição de insumos.

Assim, são necessárias ações estratégicas para minimizar esses problemas. No combate à cochonilha do carmim, tem sido apontada como a melhor alternativa o plantio de genótipos resistentes a essa praga (Vasconcelos et al., 2009). Alguns genótipos já foram selecionados e testados quanto ao desempenho agrônômico (Santos et al., 2006b; Silva et al., 2007), mas ainda não foram testados na alimentação animal.

Objetivou-se avaliar os efeitos de genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim (Miúda, IPA Sertânia, Orelha de Elefante Mexicana e Orelha de Elefante Africana) sobre consumo, digestibilidade, parâmetros ruminais, balanço de nitrogênio e síntese de proteína microbiana, comparados aos efeitos da palma Gigante em dietas para ovinos.

2. Material e Métodos

2.1. Animais e dietas

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Arcoverde, pertencente ao Instituto Agrônômico de Pernambuco – IPA, Brasil. Foram utilizados cinco ovinos machos, castrados, providos de cânula ruminal, com peso corporal médio de $53,2 \pm 4,8$ kg. Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas de estrutura metálica, dotadas de bebedouros e comedouros individuais e sistemas coletores de fezes e urina. Foram respeitadas as normas do Conselho Nacional para Controle de Animais em Experimentação (CONCEA) (Brasil, 2008).

O delineamento experimental utilizado foi o quadrado latino 5 x 5. Cada período experimental teve duração de 15 dias, sendo dez dias para adaptação dos animais às dietas e cinco dias para coleta de dados e amostras. Os animais receberam controle de endo e ectoparasitos antes do início do experimento e foram pesados no início e no final de cada período experimental.

Foram estudados os genótipos palma Gigante (*Opuntia ficus indica* Mill), palma Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck), palma IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck), palma Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw) e palma Orelha de Elefante Africana (*Opuntia undulata* Griffiths). Os tratamentos experimentais consistiram de ração completa contendo um genótipo de palma forrageira, feno de alfafa e mistura mineral (Tabela 1). A dieta contendo a palma Gigante foi considerada o tratamento controle.

Tabela 1
Ingredientes das dietas experimentais (g/kg MS)

	Tratamento ^a				
	PGG	PMD	PST	PMX	PAF
Palma forrageira					
Gigante	400	--	--	--	--
Miúda	--	400	--	--	--
IPA Sertânia	--	--	400	--	--
Orelha de Elefante Mexicana	--	--	--	400	--
Orelha de Elefante Africana	--	--	--	--	400
Feno de alfafa	585	585	585	585	585
Suplemento mineral	15	15	15	15	15

^a PGG, PMD, PST, PMX e PAF referem-se às dietas experimentais contendo as palmas forrageiras Gigante, Miúda, IPA Sertânia, Orelha de Elefante Mexicana e Orelha de Elefante Africana, respectivamente.

A alimentação foi fornecida *ad libitum* duas vezes ao dia, com 60% do total ofertado às 8:00 h e 40% às 16:00 h, sendo observado, em média, sobras de 7,2 % da matéria seca total oferecida. O feno de alfafa e a palma Gigante foram adquiridos em empresas particulares e os demais genótipos de palma forrageira foram cultivados na estação experimental de Arcoverde-PE. O feno foi picado (4 mm) em máquina forrageira, para facilitar a homogeneização da ração. As raquetes de palma foram processadas em máquina forrageira imediatamente antes do fornecimento e misturadas aos outros ingredientes.

2.2. *Digestibilidade in vivo e balanço de nitrogênio*

Nos últimos cinco dias de cada período experimental foram coletadas amostras de alimentos e sobras e realizada pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas. Foi realizada coleta total de fezes, sendo registrada diariamente a quantidade excretada, retirada uma alíquota de 5% do total e seca conforme descrito anteriormente. Ao final do período eram confeccionadas amostras compostas dos alimentos e das sobras e fezes de cada animal, sendo processadas em moinho do tipo Willey, com peneira de 1 mm, para posterior determinação da composição química. A digestibilidade aparente dos nutrientes foi estimada utilizando a equação: $DN = (\text{nutriente consumido} - \text{nutriente excretado nas fezes}) / \text{nutriente consumido}$.

Nos últimos cinco dias de cada período também foi realizada a coleta total de urina. A cada recipiente coletor foram adicionados 100 ml de HCl 6N para evitar perdas de nitrogênio e possível fermentação. Foi coletada amostra diária de 5% do total excretado por cada animal e mantida refrigerada para formação de amostra composta ao final do período experimental. Dessa amostra composta foi retirada alíquota de 80 ml e armazenada em recipiente plástico a -20°C, para posteriores análises. O balanço de compostos nitrogenados foi obtido pela diferença entre o total de nitrogênio ingerido e o total de nitrogênio excretado nas fezes e na urina.

Foi conduzido um segundo ensaio de digestibilidade com duração de um período experimental (15 dias), conforme descrito anteriormente, com o objetivo de determinar os teores de NDT do feno de alfafa e possibilitar a estimativa dos teores de NDT dos genótipos de palma forrageira. Os ovinos receberam dieta exclusiva de feno de alfafa (985 g/kg de MS) e mistura mineral (15 g/kg de MS), sendo observada, em média, sobra de 6% da MS total ofertada.

A partir da determinação da digestibilidade dos nutrientes do feno de alfafa, foi calculado o seu teor de NDT (Weiss, 1999). Conhecendo-se o consumo e o teor de NDT do feno de alfafa, assim como das dietas experimentais a partir do primeiro ensaio de digestibilidade, foi calculado por diferença (Silva e Leão, 1979) o teor de NDT do genótipo de palma forrageira presente na dieta.

2.3. Análises laboratoriais

As amostras de alimentos, sobras e fezes foram analisadas para matéria seca (MS) (método 934.01), matéria orgânica (MO) (método 942.05), nitrogênio (N) (método 984.13) e extrato etéreo (EE) (método 920.39) de acordo com os procedimentos de AOAC (1990). As análises de fibra em detergente neutro (FDN) foram realizadas utilizando α -amilase termoestável e sem o uso de sulfito de sódio (Van Soest et al. (1991). Fibra em detergente ácido (FDA) (método 973.18) e lignina (sa) (método 973.18) foram determinadas de acordo com o AOAC (1990). Os teores de açúcares totais foram determinados pelo método Lane-Eynon e os teores de amido pelo método de hidrólise ácida (AOAC, 1990). As análises de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) e nitrogênio não proteico (NNP) foram realizadas de acordo com Licitra et al. (1996). As estimativas de matéria seca indigestível (MSi) e fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) dos genótipos de palma forrageira foram realizadas através de incubação *in situ* por 264 horas (Valente et al., 2011).

Os carboidratos totais (CHT) foram estimados de acordo com Sniffen et al. (1992), onde $CHT = 100 - (\% PB + \% EE + \% Cinzas)$. Carboidratos não-fibrosos (CNF) foram estimados de acordo com Mertens (1997): $CNF = 100 - (PB\% + EE\% + FDN\% + cinzas\%)$. Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados segundo Weiss (1999): $NDT = PBD + FDND + CNFD + (EED * 2,25)$, onde PBD,

FDND, CNFD e EED referem-se à proteína bruta digestível, fibra em detergente neutro digestível, carboidratos não fibrosos digestíveis e extrato etéreo digestível, respectivamente. Na estimativa da energia metabolizável (EM) (Mcal/kg de MS), foi considerado que 1 kg de NDT contém 4,409 Mcal de energia digestível (ED) e que a eficiência de utilização da ED digestível foi de 0,82 (NRC, 2007).

2.4. Parâmetros ruminais e síntese de proteína microbiana

Foram colhidas amostras de fluido ruminal (300 ml) a cada 26 horas, nos horários correspondentes a hora zero (imediatamente antes da alimentação), 2, 4, 6 e 8 horas após o fornecimento da primeira alimentação, respectivamente do 1º ao 5º dia do período de coleta. Uma porção do conteúdo ruminal foi colhida de diferentes pontos do rúmen, filtradas em pano de algodão e imediatamente feita a medição do pH com potenciômetro digital portátil. Três alíquotas de 16 ml de fluido ruminal de cada animal foram colocadas em recipiente plástico contendo 1 ml de ácido clorídrico a 6 N e armazenadas a -20°C.

Para determinação de nitrogênio amoniacal, as amostras de fluido ruminal foram descongeladas e centrifugadas a 3.000 x g (4°C) durante 15 minutos e utilizada a metodologia proposta por Preston (1986). Para a determinação de ácidos graxos voláteis as amostras de fluido ruminal foram descongeladas e centrifugadas a 15.000 x g (4°C) por 60 minutos. Foi utilizado cromatógrafo a gás modelo CG-Master (fabricado por Ciola & Gregori, Brasil), equipado com coluna HP-FFAP de 50 m x 0,2 mm x 0,30 µm (sílica fundida). As temperaturas do detector, injetor e coluna foram de 250, 240 e 130 °C, respectivamente. Foi utilizado o ácido 2-etilbutírico como padrão interno e para a calibração do integrador foi utilizado uma mistura de ácidos graxos voláteis de concentração conhecida como padrão externo.

A estimativa de síntese de proteína microbiana foi realizada através da determinação da excreção de derivados de purina, conforme proposto por Chen e Gomes (1992). As amostras de urina foram analisadas para alantoína, ácido úrico, xantina e hipoxantina (Chen e Gomes, 1992). Para determinação da quantidade de purinas microbianas absorvidas (X mmol/dia) a partir da excreção de derivados de purina (Y mmol/dia) na urina foi utilizada a seguinte equação:

$$Y = 0,84X + (0,150PV^{0,75}e^{-0,25X}), \text{ onde PV é o peso corporal do animal.}$$

O fluxo intestinal de N microbiano foi calculado a partir das purinas microbianas absorvidas (X mmol/dia), utilizando a seguinte equação:

$$\text{N microbiano (g N/dia)} = 70X / 0,83 \times 0,116 \times 1000$$

2.5. Análise estatística

As variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância (ANOVA) com aplicação do teste F, utilizando o Sistema de Análise Estatística e Genética - SAEG 9.0 (2007). Para comparação de médias entre o tratamento controle (PGG) e os demais, foi aplicado o teste Dunnett a 5% de probabilidade (Dunnett, 1955). Foi utilizado o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + P_j + G_k + e_{ijk}$$

Onde Y_{ijk} é a variável observada, μ é a média da população, A_i é o efeito do animal, P_j é o efeito do período, G_k é o efeito do genótipo de palma forrageira e e_{ijk} é o erro experimental.

3. Resultados

3.1. Composição química

Os genótipos de palma forrageira apresentaram baixos teores de MS, PB, FDN, MSi e FDNi, porém, altos teores de CNF (Tabela 2). Foram observados maiores teores

de MO e CNF para a palma Gigante. A palma Miúda apresentou maior conteúdo em amido e açúcares. A palma Orelha de Elefante Mexicana apresentou teor de PB superior às demais. Os teores de EM dos genótipos de palma forrageira foram semelhantes, com ressalva apenas para a palma Orelha de Elefante Africana, com teor 7,7% inferior ao da palma Gigante.

Tabela 2
Composição química dos genótipos de palma forrageira (g/kg MS)

	Gigante	Miúda	IPA Sertânia	Orelha de Elefante Mexicana	Orelha de Elefante Africana
Matéria seca (g/kg)	82	96	74	77	82
Matéria orgânica	925	848	815	859	860
Proteína bruta	46	46	59	69	51
Nitrogênio não proteico	5,3	7,0	3,5	8,7	4,1
Extrato etéreo	22	17	16	19	10
Fibra em detergente neutro	244	246	236	262	250
Fibra em detergente ácido	130	128	140	139	155
Lignina	34	16	15	29	30
Carboidratos totais	857	785	740	771	799
Carboidratos não fibrosos	614	539	504	509	549
Açúcares totais	93	137	90	115	99
Amido	143	252	165	135	185
PIDN ^a	6,3	7,5	5,5	6,9	5,4
PIDA ^b	2,5	2,0	2,0	1,9	2,7
MSi ^c	92	96	85	97	97
FDNi ^d	72	63	60	80	79
EM ^e (Mcal/ kg MS)	2,310	2,383	2,285	2,332	2,133

^a Proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN).

^b Proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA).

^c Matéria seca indigestível (MSi).

^d Fibra em detergente neutro indigestível (FDNi).

^e Energia metabolizável (EM).

O feno de alfafa apresentou 882 g de MS/kg de matéria natural, 882 g de MO, 192 g de PB, 524 g de FDN, 359 g de FDA, 71 g de lignina, 676 g de CHT e 152 g de CNF por kg de MS. Os teores de PIDN e PIDA foram de 38 e 9,2 g/kg de MS,

respectivamente. O teor de EM do feno de alfafa foi estimado em 2,122 Mcal/kg de MS. As dietas experimentais apresentaram composições semelhantes (Tabela 3).

Tabela 3
Composição química das dietas experimentais (g/kg MS)

	Tratamento ^a				
	PGG	PMD	PST	PMX	PAF
Matéria seca (g/kg)	179	206	165	170	180
Matéria orgânica	886	855	842	860	860
Proteína bruta	130	131	136	140	133
Extrato etéreo	17	15	15	16	12
Fibra em detergente neutro	404	405	401	412	407
Fibra em detergente ácido	262	261	266	265	272
Carboidratos totais	738	710	692	704	715
Carboidratos não fibrosos	334	305	290	292	308

^a PGG, PMD, PST, PMX e PAF referem-se às dietas experimentais contendo as palmas forrageiras Gigante, Miúda, IPA Sertânia, Orelha de Elefante Mexicana e Orelha de Elefante Africana, respectivamente.

3.2. Consumo e digestibilidade

Não houve diferenças significativas ($P>0,05$) nos consumos de MS, MO, FDN, CHT, CNF e EM entre a dieta controle e as demais dietas (Tabela 4). A dieta PMX proporcionou maior ($P<0,05$) consumo de PB e a dieta PAF menor ($P<0,05$) consumo de EE que a dieta controle. Ao expressar o consumo de CNF em relação ao consumo de MS (CCNF/CMS) e ao consumo de FDN (CCNF/CFDN), os animais que receberam a dieta controle apresentaram maior ($P<0,05$) relação CCNF/CMS que as demais dietas e CCNF/CFDN superior ($P<0,05$) às dietas PST, PMX e PAF.

Não foram observadas diferenças significativas ($P>0,05$) na digestibilidade da MS, MO, EE, CHT e CNF entre a dieta controle e as demais (Tabela 5). As dietas PST e PMX apresentaram maior ($P<0,05$) digestibilidade da PB e as dietas PMD, PST e PMX apresentaram maior ($P<0,05$) digestibilidade da FDN que a dieta controle. Não

foram observadas diferenças significativas ($P>0,05$) entre os teores de EM da dieta PGG e demais dietas.

Tabela 4
Efeitos dos genótipos de palma forrageira sobre o consumo de nutrientes (g/dia)

	Tratamento ^a					EPM ^d
	PGG	PMD	PST	PMX	PAF	
Matéria seca	1232	1327	1326	1326	1182	22,43
Matéria seca (%PV)	2,30	2,53	2,50	2,52	2,17	0,0466
Matéria orgânica	1091	1135	1116	1139	1020	19,43
Proteína bruta	165	168	183	192*	161	3,32
Fibra em detergente neutro	495	529	529	542	485	9,34
Fibra em detergente neutro (%PV)	0,92	1,01	1,00	1,03	0,89	0,0194
Extrato etéreo	21	20	19	21	14*	0,297
Carboidratos totais	906	947	914	926	844	15,31
Carboidratos não fibrosos	411	418	385	384	358	6,635
Energia metabolizável (Mcal/dia)	2,646	2,889	2,853	2,878	2,451	47,73
CNF/MS ^b (g/g)	0,33	0,31*	0,29*	0,29*	0,30*	0,0022
CNF/FDN ^c (g/g)	0,83	0,79	0,73*	0,71*	0,73*	0,0073

^a PGG, PMD, PST, PMX e PAF referem-se às dietas experimentais contendo as palmas forrageiras Gigante, Miúda, IPA Sertânia, Orelha de Elefante Mexicana e Orelha de Elefante Africana, respectivamente.

^b Carboidratos não fibrosos /matéria seca.

^c Carboidratos não fibrosos /fibra em detergente neutro.

^d Erro padrão da média (EPM).

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

Tabela 5
Efeitos dos genótipos de palma forrageira sobre o coeficiente de digestibilidade aparente e a energia das dietas

	Tratamento ^a					EPM ^c
	PGG	PMD	PST	PMX	PAF	
Matéria seca	0,631	0,664	0,662	0,658	0,627	0,00497
Matéria orgânica	0,660	0,691	0,689	0,681	0,656	0,00501
Proteína bruta	0,686	0,703	0,728*	0,733*	0,705	0,00498
Extrato etéreo	0,440	0,473	0,440	0,471	0,402	0,01258
Fibra em detergente neutro	0,423	0,506*	0,511*	0,508*	0,437	0,0088
Carboidratos totais	0,659	0,693	0,689	0,678	0,651	0,0052
Carboidratos não fibrosos	0,948	0,934	0,934	0,916	0,945	0,0071
EM ^b (Mcal/kg MS)	2,148	2,176	2,151	2,169	2,075	18,946

^a PGG, PMD, PST, PMX e PAF referem-se às dietas experimentais contendo as palmas forrageiras Gigante, Miúda, IPA Sertânia, Orelha de Elefante Mexicana e Orelha de Elefante Africana, respectivamente.

^b Energia metabolizável (EM). ^c Erro padrão da média (EPM).

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

3.3. Parâmetros ruminais

Quando fornecida a dieta controle observou-se menor ($P<0,05$) pH ruminal que as demais dietas para o horário de 6 horas após a alimentação (Tabela 6). Os animais que receberam a dieta PAF apresentaram valor médio de pH ruminal superior ($P<0,05$) aos que consumiram a dieta controle.

Tabela 6
Efeitos dos genótipos de palma forrageira sobre parâmetros ruminais

	Tratamento ^a					EPM ^c
	PGG	PMD	PST	PMX	PAF	
pH (média)	6,31	6,42	6,43	6,44	6,55*	0,0175
Tempo após alimentação						
0 h	6,94	6,94	6,94	6,72	6,96	0,0348
2 h	6,12	6,12	6,20	6,28	6,32	0,0348
4 h	6,14	6,40	6,22	6,40	6,40	0,0361
6 h	6,10	6,36*	6,34*	6,40*	6,60*	0,0308
8 h	6,26	6,30	6,44	6,42	6,46	0,0261
N amoniacal (mg/dl)	11,0	10,7	16,9 *	14,8*	13,0	0,4301
AGV ^b totais (mM/L)	136,3	132,7	135,1	133,9	129,1	2,7988
Proporção molar						
Acetato	65,3	67,3*	66,8	67,4*	68,6*	0,2360
Propionato	24,7	23,7	22,8	22,7	23,4	0,2942
Butirato	10,0	9,0	10,4	9,9	8,1*	0,1641
Acetato:propionato	2,82	3,01	3,11	3,10	3,01	0,0510

^a PGG, PMD, PST, PMX e PAF referem-se às dietas experimentais contendo as palmas forrageiras Gigante, Miúda, IPA Sertânia, Orelha de Elefante Mexicana e Orelha de Elefante Africana, respectivamente.

^b Ácidos graxos voláteis (AGV).

^c Erro padrão da média (EPM).

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

Foram observadas maiores ($P<0,05$) concentrações de N-NH₃ ruminal quando fornecidas as dietas PST e PMX. As dietas PMD, PMX e PAF proporcionaram maior ($P<0,05$) proporção molar de acetato ruminal que a dieta controle. Foi observada menor ($P<0,05$) proporção molar de butirato quando fornecida a dieta PAF.

3.4. Balanço de nitrogênio e síntese de proteína microbiana

Observou-se maior ($P < 0,05$) consumo de N quando fornecida a dieta PMX e maior ($P < 0,05$) excreção urinária de N quando fornecidas as dietas PST e PMX, no entanto, houve retenção de nitrogênio semelhante ($P > 0,05$) entre a dieta controle e as demais (Tabela 7). Não foram observados efeitos significativos ($P > 0,05$) sobre a síntese de proteína microbiana.

Tabela 7

Efeitos dos genótipos de palma forrageira sobre balanço de nitrogênio e síntese de proteína microbiana

	Tratamento ^a					EPM ^c
	PGG	PMD	PST	PMX	PAF	
N ingerido (g/dia)	26,3	26,9	29,6	30,7*	25,8	0,5322
N excretado nas fezes (g/dia)	8,2	8,0	8,1	8,2	7,7	0,1712
N excretado na urina (g/dia)	11,2	12,4	15,1*	16,1*	12,0	0,3096
N retido (g/dia)	6,9	6,5	6,5	6,4	6,2	0,3464
Proporção do N ingerido	26,0	23,8	22,0	21,1	24,3	0,8758
Excreção de DP ^b (mM/dia)	21,1	19,4	22,9	23,3	16,8	0,7361
Proteína microbiana (g/dia)	82,2	75,8	89,3	90,1	65,1	2,8985
Eficiência microbiana (g PB/kg NDT)	112,4	96,3	115,2	114,5	96,0	3,1750

^a PGG, PMD, PST, PMX e PAF referem-se às dietas experimentais contendo as palmas forrageiras Gigante, Miúda, IPA Sertânia, Orelha de Elefante Mexicana e Orelha de Elefante Africana, respectivamente.

^b Derivados de purina (DP).

^c Erro padrão da média (EPM).

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

4. Discussão

As composições nutricionais observadas para os genótipos de palma forrageira estão condizentes com os valores de MS (63-191 g/kg), MO (697-856 g/kg de MS), PB (29,7-79 g/kg de MS) e FDN (238-338 g/kg de MS) apresentados em estudos com *Opuntia ficus indica* Mill (Ben Salem et al., 2004; Atti et al., 2006; Abidi et al., 2009; Degu et al., 2009), com exceção apenas do maior teor de MO observado para a palma Gigante. Poucos estudos foram realizados com *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck, em

que valores de MS (120 g/kg), MO (814-892 g/kg de MS), PB (62 g/kg de MS), FDN (269 g/kg de MS) e CNF (474 g/kg de MS) (Batista et al., 2003a; 2003b) foram bem próximos aos observados para a palma Miúda e a palma IPA Sertânia.

Salienta-se os baixos teores observados para MSi e FDNi, demonstrando a sua alta degradabilidade potencial. A palma forrageira apresenta alta degradabilidade ruminal, com mais de 80% da MS desaparecendo até 48 horas de incubação, o que é atribuído ao seu alto conteúdo em CNF (Batista et al., 2003a; Carvalho et al., 2006). Os expressivos teores de EM estimados para os genótipos de palma forrageira são comparáveis aos de forragens como o feno de alfafa e a silagem de milho (NRC, 2007), evidenciando o potencial energético desse alimento.

Os resultados observados para consumo de MS diferem daqueles apresentados por Cavalcanti et al. (2008), nos quais ovinos e caprinos que receberam palma gigante apresentaram maior consumo que aqueles que receberam palma Orelha de Elefante Africana na dieta. As dietas continham 600 g/kg de MS de palma forrageira e 250 g/kg de MS de feno de capim buffel. A maior presença de espinhos na palma Orelha de Elefante Africana e a maior palatabilidade da palma Gigante foram apresentados como possíveis justificativas para o comportamento observado. Vale salientar que a palma forrageira havia sido picada a faca, enquanto no presente estudo a palma foi processada com máquina forrageira, o que aparentemente diminui o problema com espinhos e melhora a homogeneização da dieta devido a maior exposição da mucilagem.

Alguns estudos com vacas leiteiras (Andrade et al. 2002; Cavalcanti et al., 2006; Oliveira et al., 2007) e com ovinos (Gebremarian et al., 2006; Tegegne et al., 2007) tem relatado decréscimo na digestibilidade da FDN com o aumento na proporção de palma forrageira na dieta. Esses resultados têm sido justificados pelo aumento da proporção de CNF na dieta, causando alterações no pH ruminal e/ou na taxa de

passagem. Apesar de, no presente estudo, as proporções dos genótipos de palma forrageira nas dietas serem iguais, observa-se que os animais que receberam a dieta controle apresentaram maior consumo relativo de CNF, com maiores relações CCNF/CMS e CCNF/CFDN.

Outro aspecto a ser considerado é que a fração CNF pode ter diferentes componentes, como carboidratos não estruturais (açúcares e amido), fibra solúvel em detergente neutro (frutanas, β -glucanas e pectina) e ácidos orgânicos, influenciando o padrão de fermentação ruminal (Hall, 2003). Segundo Batista et al. (2003b) as diferenças na degradabilidade ruminal entre variedades de palma forrageira são decorrentes principalmente de diferentes padrões de fermentação dos carboidratos. Assim, a maior proporção de CNF consumida quando fornecida a dieta contendo palma gigante, associada a diferenças nos constituintes dessa fração, podem justificar os efeitos das dietas sobre a digestibilidade da FDN.

A maior proporção de CNF consumidos pelos animais que receberam a dieta controle também pode justificar a menor digestibilidade da PB observada para essa dieta. Andrade et al. (2002) observaram que vacas leiteiras recebendo dietas com maior proporção de palma forrageira apresentaram redução na digestibilidade da PB. Alterações na condição ruminal podem alterar a população microbiana e afetar negativamente a degradação ruminal da proteína. Em situações em que ocorre redução da digestão ruminal da fibra pode haver restrição do acesso microbiano à proteína que está ligada a essa fração, reduzindo sua degradação (Bach et al., 2005).

Outro aspecto a ser considerado é que em situações em que não ocorre fermentação completa de alimentos presentes no rúmen, como em condições de menor pH ruminal, pode haver maior passagem de carboidratos potencialmente digestíveis para o ceco e colo, promovendo fermentação e formação de proteína microbiana. Como

essa proteína formada não é absorvida, poderá haver aumento na excreção de N fecal e redução na digestibilidade aparente (Orskov et al., 1970; Ben-Ghedhalia et al., 1989; Hall, 2002).

O menor valor de pH ruminal observado quando a dieta controle foi fornecida, na observação realizada seis horas após a alimentação, também é indicativo de padrão de fermentação diferente do promovido pelas demais dietas. Na avaliação do pH ruminal é importante considerar não apenas o valor médio diário, mas também o tempo em que o pH permanece abaixo de um determinado valor limite (Commun et al., 2009). Os animais que receberam a dieta controle permaneceram por mais tempo com o pH ruminal abaixo de 6,2, apresentando pH 6,26 apenas oito horas após fornecida a alimentação. O pH ruminal entre 6,0 e 6,1 representa um limiar, sendo necessário ser mantido acima desses valores para não haver prejuízo à atividade celulolítica (Mould et al., 1983).

A menor proporção molar de acetato observada quando fornecida a dieta controle é indicativo de menor atividade celulolítica e menor pH ruminal, o que é condizente com dietas com maior teor de CNF na composição (Calsamiglia et al., 2008; Ramos et al., 2009; Martínez et al., 2010). Apesar de não ter sido observada diferença significativa na relação acetato:propionato, a dieta controle foi a única que propiciou relação inferior a três. A menor produção de butirato apresentada por animais que receberam a dieta PAF pode estar relacionada a alterações na população microbiana ruminal, decorrentes de diferenças no substrato fermentado (Firkins et al., 2007).

As concentrações de N-NH₃ ruminal podem estar associadas à quantidade, ao tipo e à degradabilidade das fontes nitrogenadas e carboidratos presentes no rúmen. A eficiência de utilização de amônia pelos microrganismos ruminais é um processo dependente de energia, sendo também importante a sincronia na disponibilização de

nutrientes para formação da proteína microbiana (Lapierre e Lobley, 2001; Bach et al. 2005; Reynolds e Kristensen, 2008). Quando a taxa de degradação da proteína excede a taxa de fermentação de carboidratos, N pode ser perdido na forma de amônia (Nocek e Russell, 1988).

As maiores concentrações de N-NH₃ ruminal observadas quando fornecidas as dietas PST e PMX estão relacionadas à maior disponibilidade de nitrogênio que não foi plenamente aproveitado pelos microrganismos. Como amônia é convertida em uréia no fígado e eliminada na urina, a maior concentração de N-NH₃ ruminal justifica a maior excreção de N urinário pelos animais que consumiram essas dietas (Reynolds e Kristensen, 2008). Os valores de N-NH₃ ruminal estão acima do mínimo de 5 mg/ dL, preconizado para que não haja limitação ao crescimento microbiano (Satter e Slyter, 1974).

Em estudos em que cabras leiteiras foram alimentadas com dietas contendo palma forrageira em níveis variando entre 370 e 760 g/kg de MS, foram observados valores de 100,8 (Vieira et al., 2008) e 119,3 g PB microbiana/kg de MO digestível (Souza et al., 2009), que são próximos ao observado neste trabalho. Os resultados indicam que não houve limitação à síntese de proteína microbiana quando utilizadas dietas contendo genótipos resistentes à cochonilha do carmim, comparadas com a dieta controle.

5. Conclusões

A palma Miúda, a palma IPA Sertânia, a palma Orelha de Elefante Mexicana e a palma Orelha de Elefante Africana são genótipos resistentes à cochonilha do carmim que podem substituir a palma Gigante.

Referências

- Abidi, S.; Ben Salem, H.; Vasta, V.; Garcia, A.I.M.; Alcaide, E.M, 2009. Ruminant fermentation of spiny (*Opuntia amyclae*) and spineless (*Opuntia ficus indica* f. *inermis*) cactus cladodes and diets including cactus. *Anim. Feed Sci. Technol.* 149, 333-340.
- Andrade, D.K.B., Ferreira, M.A., Vêras, A.S.C., Farias, I., Dias, F.M., Lira, M.A., 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). *R. Bras. Zootec.* 31, 2088-2097.
- Association of Official Analytical Chemists, 1990. *Official Methods of Analysis*, 15th ed. AOAC, Arlington.
- Atti, N.; Mahouachi, M.; Rouisse, H., 2006. The effect of spineless cactus (*Opuntia ficus indica* f. *inermis*) supplementation on growth, carcass, meat quality and fatty acid composition of male goat kids. *Meat Sci.* 73, 229-235.
- Bach, A., Calsamiglia, S., Stern, M.D., 2005. Nitrogen metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci.* 88, E. Suppl.:E9-E21.
- Barrios, E.P.; Urias, A.M., 2001 Domesticação das Opuntias e variedades cultivadas. In: SEBRAE/PB (Co-ed.) *Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira*. SEBRAE, João Pessoa, 58-64.
- Batista, A.M., Mustafa, A.F., McAlister, T., Wang, Y., Soita, H., McKinnon, J.J., 2003a. Effects of variety on chemical composition, *in situ* nutrient disappearance and *in vitro* gas production of spineless cacti. *J. Sci. Food Agri.* 83, 440-445.
- Batista, A.M.; Mustafa, A.F.; Santos, G.R.A.; Carvalho, F.F.R.; Dubeux, J.C.B.; Lira, M.A; Barbosa, S.B.P., 2003b. Chemical composition and ruminal dry matter and crude protein degradability of spineless cactus. *J. Agronomy & Crop Science* 189, 123-126.
- Ben-Ghedalia, D., Yosef, E., Miron, J, Est, Y., 1989. The effects of starch- and pectin-rich diets on quantitative aspects of digestion in sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 24, 289-298.
- Ben Salen, H.; Nefzaoui, A; Ben Salen, L., 2004. Spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) and oldman saltbush (*Atriplex nummularia* L.) as alternative supplements for growing Barbarine lambs given straw-based diets. *Small Rumin. Res.* 51, 65-73.
- Brasil, 2008. Lei Federal nº 11.794/08, de 08 de outubro de 2008. *Diário Oficial da União*, Brasília - DF.
- Calsamiglia, S.; Cardoso, P.W.; Ferret, A., 2008. Changes in rumen microbial fermentation are due to a combined effect of type of diet and pH. *J. Anim. Sci.* 86, 702-711.

- Carvalho, G.G.P., Pires, A.J.V., Veloso, Detmann, E., Silva, F.F., Silva, R.R., 2006. Degradabilidade ruminal do feno de alguns alimentos volumosos para ruminantes. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 58, 575-580.
- 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 Sci. Anim. Sci. 28, 145-152.
- Cavalcanti, , M.C.A.; Batista, A.M.V.; Guim, A.; Lira, M.A.; Rubeiro, V.L.; Ribeiro Neto, A.C., 2008. Consumo e comportamento ingestivo de caprinos e ovinos alimentados com palma gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill) e palma orelha de elefante (*Opuntia* sp.). Acta Sci. Anim. Sci. 30, 173-179.
- Chen, X.B., Gomes, M.J., 1992. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives – an overview of the technical details. International Feed Research Unit. Occasional publication. Rowet Research Institute, Aberdeen, U.K.
- Commun, L., Mialon, M.M., Martin, C., Baumont, R., Veissier, I., 2009. Risk of subacute ruminal acidosis in sheep with separate access to forage and concentrate. J. Anim. Sci. 87, 3372-3379.
- Degu, A; Melaku, S., Berhane, G., 2009. Supplementation of isonitrogenous oil seed cakes in cactus (*Opuntia ficus indica*) – tef straw (*Eragrostis tef*) based feeding of Tigray Highland sheep. Anim. Feed Sci. Technol. 148, 214-226.
- Dunnet, C.W., 1955. A multiple comparison procedure for comparing several treatments with a control. J. Amer. Statist. Assoc. 50, 1096-1121.
- Firkins, J.L.; Yu, Z.; Morrison, M., 2007. Ruminal nitrogen metabolism: perspectives for integration of microbiology and nutrition for dairy. J. Dairy Sci. 90, E1-E16.
- Gebremarian, T.; Melaku, S.; Yami, A., 2006. Effect of different levels of cactus (*Opuntia ficus-indica*) inclusion on feed intake, digestibility and body weight gain in tef (*Eragrostis tef*) straw-based feeding of sheep. Anim. Feed Sci. Technol. 131, 42-51.
- Hall, M. B., 2003. Challenges with non-fiber carbohydrate methods. J. Anim. Sci. 81, 3226-3232.
- Hall, M. B., 2002. Working with non-NDF carbohydrates with manure evaluation and environmental considerations. In: Proceedings of Mid-South Ruminant Nutrition Conference, Texas.
- Lapierre, H., Lobleey, G.E., 2001. Nitrogen recycling in the ruminant: a review. J. Dairy Sci. 84, E. Suppl.: E223-E236.
- Licitra, G., Hernandez, T.M., Van Soest, P.J., 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. Anim. Feed Sci. Technol. 57, 347-358.

- Martínez, M.E.; Ranilla, M.J.; Tejido, M.L.; Saro, C.; Carro, M.D., 2010. The effect of the diet fed to donor sheep on *in vitro* methane production and ruminal fermentation of diets of variable composition. *Anim. Feed Sci. Technol.* 158, 126-135.
- Mertens, D.R., 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80, 1463-1481.
- Mould, F.L., Orskov, E.R., Mann, S.O., 1983. Associative effects of mixed feeds. I. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen pH on cellulolysis *in vivo* and dry matter digestion of various roughages. *Anim. Feed Sci. Technol.* 10, 15-30.
- National Research Council - NRC, 2007. Nutrient Requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, DC.
- Nocek, J.E., Russel, J.B., 1988. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *J. Dairy Sci.* 71, 2070-2107.
- Oliveira, V.S., Ferreira, M.A., Guim, A., Modesto, E.C., Lia, L.E., Silva, F.M., 2007. Substituição total do milho e parcial do feno de capim tifton por palma forrageira em dietas para vacas em lactação. Consumo e digestibilidade. *R. Bras. Zootec.* 36, 1419-1425.
- Orskov, E.R., Fraser, C., Mason, V.C, Mann, S.O., 1970. Influence of starch digestion in the large intestine of sheep in caecal fermentation, caecal microflora and faecal nitrogen excretion. *Br. J. Nutr.* 24, 671-682.
- Preston, T.R., 1986. Better utilization of crop residues and by products in animal feeding: research guidelines. A practical manual for research workers. FAO, Rome.
- Ramos, S.; Tejido, M.L.;Martínez, M.E.; Ranilla, M.J.; Carro, M.D., 2009. Microbial protein synthesis, ruminal digestion, microbial populations, and nitrogen balance in sheep fed diets varying in forage- to-concentrate ratio and type of forage. *J. Animal Sci.* 87, 2924-2934.
- Reynolds, C.K.; Kristensen, N.B., 2008. Nitrogen recycling through the gut and the nitrogen economy of ruminants: an asynchronous symbiosis. *J. Animal Sci.* 86, E293-E305.
- Rueda, I.P.; Flores, J.R.L., Leiva, E.R., Delgado, M.R., 2011. Ciclo de vida e parâmetros populacionais de *Symphorobius barbery* Banks (Neuroptera:Hemerobiidae) criado por *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera:Dactylopiidae). *Acta Zoo. Mex.* 27, 325-340.
- Sistema de Análise Estatística e Genética – SAEG, 2007. Versão 9.0. UFV, Viçosa, MG.
- Santos, D.C., Farias, I., Lira, M.A., Santos, M.V.F, Arruda, G.P., Coelho, R.S.B., Dias, F.M., Melo, J.N., 2006a. Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco. IPA, Recife.

- Santos, D.C., Lira, M.A., Farias, I. Dias, F.M, Lira, M.A., 2006b. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim *dactylopius* sp, em condições de campo. In: Anais da 43ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. SBZ, João Pessoa.
- Satter, L.D.; Slyter, L.L., 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production *in vitro*. Br. J. Nutr. 32, 199-209.
- Silva, J.F.C.; Leão, M.I., 1979. Fundamentos de nutrição dos ruminantes. Piracicaba.
- Silva, D. M. P., Houllou-Kido, L.M; Santos D.C. , Ferreira, R.G., Santos, V.F., Ferreira, W.M., Lima, M.S., Falcão, H.M, Tabosa, F.S., 2007. Resistance of *in vitro* grown forage cactus clones to *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera; Dactylopiidae). In: Proceedings of 4th International Congress on Cactus Pear and Cochineal, João Pessoa.
- 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. J. Anim. Science 70, 3562-3577.
- Souza, E.J.; Guim, A.; Batista, A.M.V.; Santos, K.L.; Silva, J.R.; Moraes, N.A.P.; Mustafa, A.F., 2009. Effects of soybean hulls inclusion on intake, total tract nutrient utilization and ruminal fermentation of goats fed spineless cactus (*Opuntia ficus indica* – Mill) based diets. Small Rumin. Res. 85, 63-69.
- Tegegne, F.; Kijora, C.; Peters, K.J., 2007. Study of the optimal level of cactus pear (*Opuntia ficus indica*) supplementation to sheep and its contribution as source of water. Small Rumin. Res. 72, 157-164.
- Valente, T.N.P., Detmann, E., Valadares Filho, S.C., Cunha, M., Queiróz, A.C., Sampaio, C.B., 2011. *In situ* estimation of indigestible compounds contents in cattle feed and feces using bags made from different textiles. R. Bras. Zootec. 40, 666-675.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74, 3583-3597.
- Vasconcelos, A.G.V., Lira, M.A., Cavalcanti, V.L.B., Santos, M.V.F, Willadino, L., 2009. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius* sp). R. Bras. Zootec. 38, 827-831.
- Vieira, E.L.; Batista, , A.M.V.; Guim, A.; Carvalho, F.F.; Nascianto, A.C.; Araújo, R.F.S.; Mustafa, A.F., 2008. Effects of hay inclusion on intake, *in vivo* nutrient utilization and ruminal fermentation of goats fed spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* Mill) based diets. Anim. Feed Sci. Technol. 141, 199-208.
- Weiss, W., 1999. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: Proceedings of 61th Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers. Ithaca: Cornell University.

CAPÍTULO 3

Palma Gigante e genótipos resistentes à cochoilha do carmim em dietas para vacas em lactação

Resumo

Objetivou-se avaliar os efeitos de genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim (Miúda, IPA Sertânia e Orelha de Elefante Mexicana) sobre consumo, digestibilidade, produção e composição do leite e síntese de proteína microbiana, comparados aos efeitos da palma Gigante em dietas para vacas em lactação. Foram utilizadas oito vacas da raça Girolando, distribuídas em dois quadrados latinos contemporâneos 4 x 4. Os tratamentos experimentais consistiram de ração completa contendo um genótipo de palma forrageira (440 g/kg de MS), silagem de sorgo (380 g/kg de MS), farelo de soja (150 g/kg de MS), uréia (8 g/kg de MS) e mistura mineral (17 g/kg de MS). A dieta contendo palma Miúda (PMD) proporcionou maiores ($P < 0,05$) consumos de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) e nutrientes digestíveis totais (NDT) do que a dieta controle, contendo palma Gigante (PGG). Observou-se maior ($P < 0,05$) consumo de PB quando fornecida a dieta PMD e a dieta contendo palma IPA Sertânia (PST) e menor ($P < 0,05$) consumo de CNF quando fornecidas a dieta PST e a dieta contendo palma Orelha de Elefante Mexicana (PMX). A dieta PGG apresentou menor ($P < 0,05$) digestibilidade da MS e MO que PMD e PST e menor ($P < 0,05$) digestibilidade da PB e FDN que PMD, PST e PMX. Foram observadas menores ($P < 0,05$) produções de leite, proteína, lactose e sólidos totais quando fornecidas PST e PMX, menor ($P < 0,05$) produção de leite corrigido para gordura e menor ($P < 0,05$) teor de proteína no leite quando fornecida PMX. A dieta PMX proporcionou maior ($P < 0,05$) relação ácidos graxos insaturados:ácidos graxos saturados (AGI:AGS) e maior ($P < 0,05$) proporção de ácidos graxos desejáveis (AGD). A dieta PGG apresentou síntese de proteína microbiana semelhante ($P > 0,05$) às demais dietas. Conclui-se que a palma Miúda é o genótipo resistente à cochonilha do carmim mais indicado para o fornecimento em dietas para vacas em lactação.

Palavras-chave: *Dactylopius*, *Nopalea*, *Opuntia*, palma forrageira, produção de leite, semiárido

Abstract

This study aimed to evaluate the effects of three cactus pear genotypes resistant to the cochineal insect: “Miúda”, “IPA Sertânia” and “Orelha de Elefante Mexicana”. The effects of these genotypes on intake, digestibility, milk yield and composition and microbial protein synthesis are compared with the effects of the ‘Gigante’ cactus pear in diets for lactating cows. Eight Girolando cows were used, distributed into two 4 x 4 contemporary Latin squares. The experimental treatments consisted of a total mixed ration containing one genotype of cactus pear (440 g/kg DM), sorghum silage (380 g/kg DM), soybean meal (150 g/kg DM), urea (8 g/kg DM) and mineral mixture (17 g/kg DM). The diet containing “Gigante” cactus pear (PGG) was the control treatment. The diet containing “Miúda” cactus pear (PMD) provided greater intakes ($P < 0.05$) of dry matter (DM), organic matter (OM) and total digestible nutrients (TDN) than the control diet. Greater CP intake ($P < 0.05$) was observed when the PMD diet and diet containing “IPA Sertânia” cactus pear (PST) were provided; a lower non-fibrous carbohydrate (NFC) intake ($P < 0.05$) was observed when the PST diet and the diet containing “Orelha de Elefante Mexicana” cactus pear (PMX) were provided. The control diet showed lower ($P < 0.05$) DM and OM digestibility than PMD and PST and lower ($P < 0.05$) CP and neutral detergent fiber (NDF) digestibility than PMD, PST and PMX. Lower ($P < 0.05$) milk, protein, lactose and total solids yield were observed when PST and PMX were supplied. The supply of PMX promoted lower ($P < 0.05$) fat-corrected milk yield and milk protein content. The PMX diet provided a greater ($P < 0.05$) ratio of unsaturated to saturated fatty acids and a greater proportion ($P < 0.05$) of desirable fatty acids. The PGG diet showed microbial protein synthesis similar ($P > 0.05$) to other diets. It is concluded that the “Miúda” cactus pear is the carmine cochineal resistant genotype that is most suitable to be supplied in diets for lactating cows.

Keywords: cactus pear, *Dactylopius*, milk yield, *Nopalea*, *Opuntia*, semiarid

1. Introdução

A região semiárida brasileira, apesar do clima adverso, tem na exploração pecuária uma importante alternativa econômica, praticada em grande parte em pequenas propriedades por produtores que utilizam a mão de obra familiar. O uso da palma forrageira mostra-se essencial para a manutenção da atividade pecuária da região, pois possui características adaptativas que possibilitam seu desenvolvimento nessas condições. Além disso, seu alto conteúdo em carboidratos não fibrosos faz com que apresente expressivo teor energético quando comparada a outras forragens tropicais. Devido ao seu alto teor de umidade, também supre grande parte das necessidades de água dos animais, minimizando um dos maiores problemas para a criação nessas regiões (Ben Salem, 2010).

No Brasil, os genótipos mais utilizados são a palma Gigante, a palma Redonda (ambas *Opuntia ficus indica*– Mill) e a palma Miúda (*Nopalea cochennilifera* Salm-Dick), com área plantada estimada em 500.000 ha (Santos et al., 2006a). No entanto, grandes áreas têm sido dizimadas devido ao ataque da cochonilha do carmim (*Dactylopius sp.*) As fêmeas desse inseto caracterizam-se por possuir corpo pequeno, coberto por secreção serosa branca como algodão e cheios do princípio colorante ácido carmínico. Alimentam-se exclusivamente de plantas cactáceas, sugando a seiva e inoculando toxinas, causando clorose e queda dos cladódios e frutos, debilidade e, em situações de alta infestação, morte da planta (Rueda et al., 2011).

Outro aspecto agravante é que os genótipos palma Redonda e palma Gigante, que ocupam a maior parte das áreas cultivadas, foram identificados como sendo mais susceptíveis ao ataque da cochonilha do carmim. Sendo assim, o plantio de genótipos resistentes tem sido apontado como a melhor alternativa no combate a esse inseto (Vasconcelos et al., 2009).

O Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA) e a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) têm selecionado clones de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim e alguns genótipos, dentre eles IPA-100004 (Miúda), IPA-200205 (IPA Sertânia) e IPA-200016 (Orelha de Elefante Mexicana) destacaram-se com relação ao desempenho agronômico (Santos et al., 2006b; Silva et al., 2007; Vasconcelos et al. 2009). No entanto, com exceção da palma Miúda, pouco se conhece sobre o desempenho animal obtido quando são utilizados. Salienta-se que a avaliação de forrageiras não pode prescindir da utilização de animais, a fim de que os resultados obtidos sejam representativos das condições existentes nos sistemas de produção (Euclides e Euclides Filho, 1998).

Objetivou-se avaliar os efeitos de genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim (Miúda, IPA Sertânia e Orelha de Elefante Mexicana) sobre consumo, digestibilidade, produção e composição do leite e síntese de proteína microbiana, comparados aos efeitos da palma Gigante em dietas para vacas em lactação.

2. Material e Métodos

2.1. Animais e dietas

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Arcoverde, pertencente ao Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), Brasil. Foram obedecidas as normas do Conselho Nacional para Controle da Experimentação Animal (CONCEA) (Brasil, 2008). Foram utilizadas oito vacas da raça Girolando, com peso corporal médio de 490 kg \pm 69 kg, produção inicial de leite de 15,5 \pm 2,3 kg/dia, tempo médio de lactação de 50 dias, sendo mantidas em baias individuais. Os animais foram divididos em dois quadrados latinos 4 x 4. Cada período experimental teve duração de 21 dias,

sendo os primeiros 14 dias para adaptação dos animais à dieta e os sete dias restantes para colheita de dados e amostras.

Foram estudados os genótipos palma Gigante (*Opuntia ficus indica* Mill), palma Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck), palma IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) e palma Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw). Os tratamentos experimentais consistiram de ração completa contendo um genótipo de palma forrageira, silagem de sorgo, farelo de soja, uréia e mistura mineral (Tabela 1). A uréia foi misturada com sulfato de amônio como fonte de enxofre, na proporção de 9:1, respectivamente. A dieta contendo a palma Gigante (PGG) foi considerada o tratamento controle. As dietas foram formuladas de acordo com as recomendações do NRC (2001), para atender às exigências de vacas em lactação com 500 kg de peso vivo e produção de leite de 16 kg/dia com 4,0 % de gordura.

Tabela 1
Ingredientes das dietas experimentais (g/kg MS)

	Tratamento ^a			
	PGG	PMD	PST	PMX
Palma forrageira				
Gigante	440	--	--	--
Miúda	--	440	--	--
IPA Sertânia	--	--	440	--
Orelha de Elefante Mexicana	--	--	--	440
Silagem de sorgo	385	385	385	385
Farelo de soja	150	150	150	150
Uréia + sulfato de amônio	8	8	8	8
Mistura mineral	17	17	17	17

^a PGG, PMD, PST e PMX referem-se às dietas experimentais contendo as palmas forrageiras Gigante, Miúda, IPA Sertânia e Orelha de Elefante Mexicana, respectivamente.

A alimentação foi fornecida *ad libitum* duas vezes ao dia (60% às 7:00 h e 40% às 15:30 h), permitindo sobra de 5 a 10% da matéria seca total oferecida. A palma Gigante utilizada foi adquirida de um produtor da região e as demais foram cultivadas

na estação experimental. A silagem de sorgo foi confeccionada na própria estação experimental. As palmas foram picadas em máquina forrageira no momento do fornecimento e misturada aos outros ingredientes no cocho.

2.2. Ensaio de digestibilidade

A produção de matéria seca fecal das vacas, para cálculo da digestibilidade aparente dos nutrientes, foi estimada com uso do indicador externo LIPE[®] (Hidroxifenilpropano lignificado e enriquecido). Foi administrado durante sete dias, sendo dois para adaptação e cinco para realização das coletas, no horário da alimentação da manhã, em cápsulas com dose de 500 mg/animal/dia (Rodriguez et al., 2006).

As amostras de fezes foram retiradas diretamente da ampola retal, uma vez ao dia durante os cinco dias do período de coleta, nos horários de 6:00h, 8:00h, 10:00h, 12:00h e 14:00h, do 1º ao 5º dia, respectivamente. As amostras de cada vaca em cada período sofreram pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 65 °C por 72 horas e moídas em moinho tipo Willey com peneira de 1 mm, para posterior formação de amostras compostas. As amostras de fezes foram analisadas e as produções de matéria seca fecal estimadas pelo Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFMG.

Também foram coletadas, secas e moídas amostras de alimentos e sobras em cada período experimental, para posterior determinação da composição química. A digestibilidade aparente dos nutrientes foi estimada utilizando a equação: $DN = (\text{consumo do nutriente} - \text{excreção fecal do nutriente}) / \text{consumo do nutriente}$.

2.3. Análises químicas

As amostras de alimentos, sobras e fezes foram analisadas para matéria seca (MS) (método 934.01), matéria orgânica (MO) (método 942.05), nitrogênio (N)

(método 984.13) e extrato etéreo (EE) (método 920.39) de acordo com os procedimentos de AOAC (1990). As análises de fibra em detergente neutro (FDN) foram realizadas conforme Van Soest et al. (1991), utilizando α -amilase termoestável e sem o uso de sulfito de sódio. As análises de fibra em detergente ácido (ADF) e lignina (sa) (método 973.18) foram realizadas de acordo com o AOAC (1990). A determinação de açúcares totais foi realizada pelo método Lane-Eynon e a determinação de amido pelo método de hidrólise ácida, conforme descrito por AOAC (1990). As determinações de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína bruta em detergente ácido (PIDA) e nitrogênio não proteico (NNP) foram realizadas de acordo com o proposto por Licitra et al. (1996). As estimativas de matéria seca indigestível (MSi) e fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) dos genótipos de palma forrageira foram realizadas através de incubação *in situ* por 264 horas, conforme proposto por Valente et al. (2011).

Os carboidratos totais (CT) foram estimados de acordo com Sniffen et al. (1992), onde $CT = 100 - (\% PB + \% EE + \% Cinzas)$. Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados segundo Hall (2000): $CNF = 100 - [(\%PB - \%PB \text{ derivada da uréia} + \% uréia) + \%EE + \%FDN + \%cinzas]$. Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados segundo Weiss (1999): $NDT = PBD + FDND + CNFD + (EED * 2,25)$, onde PBD, FDND, CNFD e EED referem-se à proteína bruta digestível, fibra em detergente neutro digestível, carboidratos não fibrosos digestíveis e extrato etéreo digestível, respectivamente.

2.4. Produção e composição do leite

Os animais foram ordenhados manualmente duas vezes ao dia (5:30h e 14:00h), sendo a produção de leite (PL) registrada individualmente. A produção de leite corrigida para 4% de gordura foi calculada conforme descrito pelo NRC (2001):

$PLCG = 0,4 \times PL + 15$ ($PL \times \%G/100$). A eficiência alimentar (EA) foi calculada a partir da relação entre a PLCG e o consumo de MS, para cada vaca em cada período experimental.

Foram coletadas amostras de leite de cada animal, no 6º e 7º dias de coleta, em quantidade equivalente a 3% das produções da manhã e da tarde, para formação de amostra composta. Parte da amostra composta (50 ml) foi armazenada em recipiente contendo conservante Bronopol e enviada ao laboratório PROGENE (Programa de Gerenciamento de Rebanhos Leiteiros do Nordeste) para determinação de gordura, proteína, lactose e extrato seco total. Outra fração da amostra composta foi desproteïnizada com ácido tricloroacético a 25% (10 ml de leite:5ml de ácido), filtrada em papel filtro e armazenada a -20°C, para posteriores análises de alantoína e uréia realizadas no filtrado.

Para extração dos ácidos graxos do leite foi utilizada a técnica descrita por Murphy e McNeill (1995), por congelamento, descongelamento e centrifugação. A obtenção de ésteres metílicos de ácidos graxos foi realizada através da transesterificação dos triacilgliceróis, conforme metodologia descrita por ISO (1978), com o emprego de solução de n-heptano e KOH/ metanol. Os ésteres de ácidos graxos foram quantificados com uso de cromatógrafo a gás (modelo CG-Master, fabricado por Ciola & Gregori, São Paulo), equipado com detector de ionização por chama e coluna capilar de sílica fundida com 100 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de cianopropil polisiloxano. Gás de arraste (H_2) com vazão de 1,2 ml/min, com 30 ml/min de N_2 (*make up*), 30 e 300 ml/min para o H_2 e ar sintético para a chama do detector. Volume injetado de 1 µL, com split 1:100. Temperaturas de 220 °C para o injetor e 230 °C para o detector. A temperatura inicial da coluna foi de 60 °C mantida por sete minutos, sendo elevada a 140 °C com taxa de 40 °C/ min e mantida por 20

minutos, e finalmente elevada a 225 °C a uma taxa de 5 °C/min, mantida por 15 minutos. A identificação dos ácidos graxos foi realizada através de comparação dos tempos de retenção com padrões Sigma (EUA), sendo as concentrações obtidas por meio de cálculo das áreas dos picos.

2.5. Nitrogênio uréico e síntese de proteína microbiana

No 12º dia de cada período experimental foram coletadas amostras de sangue, quatro horas após a alimentação da manhã, utilizando heparina como anticoagulante, sendo posteriormente centrifugadas a 5.000 rpm durante 10 minutos. O plasma resultante foi armazenado a -20°C para posterior análise de uréia. Na mesma ocasião foi coletada amostra *spot* de urina de cada vaca, sendo homogeneizada, filtrada e retirada uma alíquota de 10 ml. Essas alíquotas foram diluídas em 40 ml de ácido sulfúrico 0,036N e armazenadas a -20 °C para posteriores análises de creatinina, uréia, alantoína e ácido úrico. As determinações de uréia, creatinina e ácido úrico foram realizadas por meio de kits comerciais (Doles), seguindo as recomendações do fabricante. As determinações de alantoína foram feitas pelo método calorimétrico, conforme descrito por Chen e Gomes (1992). Os valores de N uréico foram obtidos pela multiplicação dos valores de uréia pelo fator 0,466.

A estimativa de síntese de proteína microbiana foi realizada através da determinação da excreção de derivados de purina, conforme proposto por Chen e Gomes (1992). Para determinação da quantidade de purinas microbianas absorvidas (X mmol/dia) a partir da excreção de derivados de purina (Y mmol/dia) foi utilizada a seguinte equação:

$$Y = 0,85X + (0,385W^{0,75})$$
, onde $W^{0,75}$ representa o peso metabólico do animal (kg).

O fluxo intestinal de N microbiano foi calculado a partir das purinas microbianas absorvidas (X mmol/dia), utilizando a seguinte equação:

$$N \text{ microbiano (g N/dia)} = 70X / (0,83 \times 0,116 \times 1000).$$

2.6. Análise estatística

As variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância (ANOVA) com aplicação do teste F, utilizando o Sistema de Análise Estatística e Genética - SAEG 9.0 (2007). Para comparação de médias entre o tratamento controle (PGG) e os demais, foi aplicado o teste Dunnett a 5% de probabilidade (Dunnett, 1955). Foi utilizado o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + P_j + Q_k + G_l + (A * Q)_{ik} + (G * Q)_{lk} + e_{ijkl}$$

Onde Y_{ijkl} é a variável observada, μ é a média da população, A_i é o efeito do animal, P_j é o efeito do período, Q_k é o efeito do quadrado, G_l é o efeito do genótipo de palma forrageira, $(A * Q)_{ik}$ é a interação entre animal e quadrado, $(G * Q)_{lk}$ é a interação entre genótipo e quadrado e e_{ijkl} é o erro experimental.

3. Resultados

3.1. Composição química dos alimentos e dietas

Os genótipos avaliados de palma forrageira apresentaram baixos teores de MS, MSi, PB e FDN, no entanto, altos teores de CNF (Tabela 2). A palma Gigante apresentou maiores teores de MO e CNF que os demais genótipos enquanto a palma Miúda apresentou maiores teores de amido e açúcares. O teor de PB da palma Orelha de Elefante Mexicana foi maior que dos demais genótipos. As dietas apresentaram composições químicas semelhantes (Tabela 3).

Tabela 2
Composição química dos ingredientes das dietas experimentais (g/ kg MS)

	Palma forrageira				Silagem de sorgo	Farelo de soja
	Gigante	Miúda	IPA Sertânia	Orelha de Elefante Mexicana		
Matéria seca (g/kg)	87	96	77	75	301	879
Matéria orgânica	929	846	831	869	934	929
Proteína bruta	46	50	57	66	54	486
Nitrogênio não proteico	5,2	7,5	3,4	8,4	nd ^e	nd
Extrato etéreo	23	17	15	20	23	22
Fibra em detergente neutro	252	244	241	272	679	178
Fibra em detergente ácido	133	139	139	135	397	102
Lignina	34	16	15	29	64	5.4
Carboidratos totais	860	779	760	783	858	421
Carboidratos não fibrosos	608	536	519	511	179	245
Açúcares totais	92	136	93	115	nd	nd
Amido	142	250	170	134	nd	nd
PIDN ^a	6,3	7,4	6,0	7,4	15	27
PIDA ^b	2,5	2,2	2,1	2,0	6,4	2,0
MSi ^c	92	96	85	97	nd	nd
FDNi ^d	72	63	60	80	nd	nd

^a Proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN).

^b Proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA).

^c Matéria seca indigestível (MSi).

^d Fibra em detergente neutro indigestível (FDNi).

^e Nd = não determinado.

Tabela 3
Composição química das dietas experimentais (g/ kg MS)

	Tratamento ^a			
	PGG	PMD	PST	PMX
Matéria seca (g/kg)	154	166	139	136
Matéria orgânica	916	879	873	889
Proteína bruta	137	138	141	145
Extrato etéreo	22	19	18	21
Fibra em detergente neutro	399	395	394	408
Fibra em detergente ácido	226	229	229	227
Carboidratos totais	757	721	713	723
Carboidratos não fibrosos	370	339	332	327
Nutrientes digestíveis totais	582	629	614	593

^a PGG, PMD, PST e PMX referem-se as dietas experimentais contendo as palmas forrageiras Gigante, Miúda, IPA Sertânia e Orelha de Elefante Mexicana, respectivamente.

3.2. Consumo

A dieta contendo palma Miúda (PMD) proporcionou maiores ($P<0,05$) consumos de MS, MO, PB, FDN e CT que a dieta PGG (Tabela 4). A dieta PST proporcionou maiores ($P<0,05$) consumos de MS, em % do peso vivo (PV), e de PB, mas menores ($P<0,05$) consumos de EE e CNF. Quando fornecida a dieta PMX foram observados menores ($P<0,05$) consumos de MO, EE, CT e CNF, comparado ao fornecimento de PGG. Ao expressar o consumo de CNF em relação ao consumo de MS e ao consumo de FDN, os animais que receberam a dieta PGG apresentaram maior ($P<0,05$) relação CCNF/CMS que as demais dietas e CCNF/CFDN superior ($P<0,05$) às dietas PST e PMX.

Tabela 4
Efeitos dos genótipos de palma forrageira sobre o consumo de nutrientes (kg/dia)

	Tratamento ^a				EPM ^d
	PGG	PMD	PST	PMX	
Matéria seca	13,06	14,96*	13,63	12,11	0,175
Matéria seca (% PV)	2,61	3,01*	2,81*	2,48	0,0247
Matéria orgânica	11,95	13,11*	11,90	10,80*	0,148
Proteína bruta	1,86	2,18*	2,06*	1,90	0,027
Fibra em detergente neutro	4,96	5,58*	5,28	4,92	0,060
Fibra em detergente neutro (% PV)	1,04	1,12*	1,09	1,00	0,0133
Extrato etéreo	0,29	0,29	0,25*	0,26*	0,003
Carboidratos totais	9,80	10,65*	9,58	8,64*	0,121
Carboidratos não fibrosos	4,84	5,08	4,30*	3,72*	0,075
Nutrientes digestíveis totais	7,92	9,51*	8,44	7,25	0,169
CNF/MS ^b (kg/kg)	0,37	0,34*	0,31*	0,31*	0,003
CNF/FDN ^c (kg/kg)	0,98	0,91	0,81*	0,76*	0,012

^a PGG, PMD, PST e PMX referem-se às dietas experimentais contendo as palmas forrageiras Gigante, Miúda, IPA Sertânia e Orelha de Elefante Mexicana, respectivamente.

^b Carboidratos não fibrosos /matéria seca.

^c Carboidratos não fibrosos /Fibra em detergente neutro.

^d Erro padrão da média (EPM).

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

3.3. Digestibilidade aparente

As dietas PMD e PST apresentaram maior ($P<0,05$) digestibilidade da MS, MO, PB, FDN e CT que a dieta PGG (Tabela 5). A dieta PMX apresentou maior ($P<0,05$) digestibilidade da PB e FDN.

Tabela 5
Efeitos dos genótipos de palma forrageira sobre o coeficiente de digestibilidade aparente

	Tratamento ^a				EPM ^b
	PGG	PMD	PST	PMX	
Matéria seca	0,582	0,667*	0,652*	0,608	0,007
Matéria orgânica	0,611	0,693*	0,679*	0,637	0,006
Proteína bruta	0,748	0,819*	0,822*	0,782*	0,004
Extrato etéreo	0,554	0,593	0,592	0,606	0,013
Fibra em detergente neutro	0,342	0,489*	0,494*	0,431*	0,011
Carboidratos totais	0,596	0,680*	0,659*	0,615	0,006
Carboidratos não fibrosos	0,856	0,892	0,865	0,869	0,007

^a PGG, PMD, PST e PMX referem-se às dietas experimentais contendo as palmas forrageiras Gigante, Miúda, IPA Sertânia e Orelha de Elefante Mexicana, respectivamente.

^b Erro padrão da média (EPM).

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

3.4. Produção e composição do leite

Os animais que receberam a dieta PST apresentaram menor ($P<0,05$) produção de leite (PL) que aqueles que receberam a dieta PGG (Tabela 6). O fornecimento da dieta PMX proporcionou menores ($P<0,05$) PL, PLCG e teor de proteína no leite. Foram observadas menores ($P<0,05$) produções diárias de proteína, lactose e sólidos totais quando fornecidas as dietas PST e PMX, comparadas à dieta PGG. As dietas PMD e PST apresentaram menor ($P<0,05$) eficiência alimentar (EA) que a dieta PGG.

Tabela 6
Efeitos dos genótipos de palma forrageira sobre a produção de leite e a eficiência alimentar

	Tratamento ^a				EPM ^b
	PGG	PMD	PST	PMX	
Produção (kg/dia)					
Leite	13,6	13,5	12,9*	12,7*	0,095
Leite corrigido para 4% de gordura	14,0	14,1	13,4	13,0*	0,129
Gordura	0,57	0,58	0,55	0,53	0,0067
Proteína	0,45	0,45	0,41*	0,40*	0,0042
Lactose	0,63	0,62	0,59*	0,58*	0,0042
Sólidos totais	1,79	1,79	1,69*	1,64*	0,0140
Composição (g/kg)					
Gordura	42,3	43,0	43,0	42,0	0,040
Proteína	33,1	33,3	32,1	31,7*	0,019
Lactose	46,0	45,8	45,4	45,8	0,011
Sólidos totais	132	133	131	130	0,043
Eficiência alimentar	1,08	0,95*	0,99*	1,08	0,014

^a PGG, PMD, PST e PMX referem-se às dietas experimentais contendo as palmas forrageiras Gigante, Miúda, IPA Sertânia e Orelha de Elefante Mexicana, respectivamente.

^b Erro padrão da média (EPM).

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

Quando fornecida a dieta PST observou-se menores ($P < 0,05$) proporções dos ácidos graxos saturados (AGS) $C_{4:0}$, $C_{10:0}$, $C_{12:0}$, $C_{15:0}$ e $C_{18:0}$, no entanto, maior proporção de $C_{16:0}$, que o observado quando fornecida a dieta PGG (Tabela 7). A dieta PMX proporcionou menores ($P < 0,05$) teores de $C_{15:0}$ e $C_{16:0}$, mas maiores ($P < 0,05$) teores de $C_{18:0}$ e $C_{18:1}$, resultando em menor ($P < 0,05$) proporção de AGS e maiores ($P < 0,05$) proporção de ácidos graxos insaturados (AGI), relação AGI:AGS e proporção de ácidos graxos desejáveis (AGD).

Tabela 7

Efeitos dos genótipos de palma forrageira sobre o perfil de ácidos graxos do leite (g/kg de ácidos graxos)

	Tratamento ^a				EPM ^d
	PGG	PMD	PST	PMX	
4:0	33,7	28,6	16,1*	27,5	0,1401
6:0	10,1	6,4	8,4	8,6	0,0759
8:0	7,8	5,0	5,9	5,6	0,0556
10:0	42,4	33,9	16,3*	38,3	0,2787
12:0	66,7	60,4	25,0*	57,8	0,3011
14:0	173,0	194,9	197,1	157,8	0,4457
14:1	9,4	58,0	8,9	7,7	0,0810
15:0	15,7	72,0*	8,9*	9,2*	0,0692
16:0	384,3	396,0	492,8*	335,8*	0,9161
16:1	17,1	8,5	12,8	23,9	1,1818
17:0	6,2	3,4	5,8	6,1	0,0460
18:0	58,3	36,6	28,7*	91,3*	0,4535
18:1	168,8	208,1	165,2	221,4*	0,7043
18:2	6,6	5,2	8,1	8,9	0,0704
Ácidos graxos saturados	798,1	772,5	805,0	738,0*	0,7687
Ácidos graxos insaturados	201,9	227,5	195,0	262,0*	0,7682
AGI:AGS ^b	0,25	0,29	0,24	0,35*	0,0157
Ácidos graxos desejáveis ^c	260,2	264,1	223,7	353,3*	0,7376

^a PGG, PMD, PST e PMX referem-se às dietas experimentais contendo as palmas forrageiras Gigante, Miúda, IPA Sertânia e Orelha de Elefante Mexicana, respectivamente.

^b Ácidos graxos insaturados: ácidos graxos saturados

^c Ácidos graxos desejáveis = Ácidos graxos insaturados + 18:0

^d Erro padrão da média (EPM).

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

3.5. Nitrogênio uréico e síntese de proteína microbiana

Os animais que consumiram as dietas PMD, PST e PMX apresentaram maior (P<0,05) nível de N uréico no plasma (NUP) e maior (P<0,05) excreção de N uréico na urina (NUU) (Tabela 8). Os animais que consumiram as dietas PST e PMX apresentaram maior (P<0,05) concentração de N uréico no leite (NUL), quando comparados aos animais que receberam a dieta PGG. Não foram observadas diferenças (P>0,05) na síntese e na eficiência de síntese de proteína microbiana entre a dieta PGG e as demais.

Tabela 8
Efeitos dos genótipos de palma forrageira sobre a excreção de uréia e a síntese de proteína microbiana

	Tratamento ^a				EPM ^b
	PGG	PMD	PST	PMX	
Uréia excretada					
N uréico no plasma (mg/dl)	13,4	18,2*	26,5*	27,8*	0,4346
N uréico no leite (mg/dl)	6,0	7,1	10,6 *	9,7 *	0,3141
N uréico na urina (g/dia)	74,2	136,6*	156,6*	161,11*	5,8269
Produção microbiana					
Derivados de purinas (mmol/dia)	203,1	233,0	207,9	190,9	5,2377
Proteína microbiana (g/dia)	857,3	1029,2	898,4	805,1	28,677
Proteína microbiana (g PB/kg NDT)	107,6	111,4	109,7	111,8	3,1367

^a PGG, PMD, PST e PMX referem-se às dietas experimentais contendo as palmas forrageiras Gigante, Miúda, IPA Sertânia e Orelha de Elefante Mexicana, respectivamente.

^b Erro padrão da média (EPM).

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

4. Discussão

A composição observada para os genótipos de palma forrageira está de acordo com o apresentado em outros estudos realizados com os gêneros *Nopalea* e *Opuntia*. Os valores de MSi e FDNi são inferiores aos de forragens como capim elefante, cana de açúcar e silagem de milho (Valente et al., 2011). Como as dietas apresentaram teores de NDT muito próximos, é possível inferir que os teores de NDT dos genótipos de palma forrageira são semelhantes.

Todas as dietas proporcionaram consumo de FDN inferior a 1,2% PV/dia, proposto como o nível de consumo de FDN limitante para vacas em lactação (Mertens, 1994). Durante a condução do presente experimento, observou-se que os animais que recebiam a dieta PMD apresentavam grande apetência. Os maiores teores de açúcares e amido observados para a palma miúda podem contribuir para a alta palatabilidade

atribuída a esse genótipo (Santos et al., 2001), justificando parcialmente o maior consumo de MS proporcionado.

Tem sido demonstrado que a inclusão de maiores níveis de palma forrageira em dietas para vacas em lactação pode reduzir a digestibilidade da FDN (Andrade et al. 2002; Cavalcanti et al., 2006; Oliveira et al., 2007), o que tem sido associado ao aumento no teor de CNF da dieta, ocasionando possível redução no pH ruminal e/ou aumento na taxa de passagem. Apesar de no presente trabalho os níveis de inclusão dos genótipos de palma forrageira terem sido iguais, a dieta PGG proporcionou maiores relações CCNF/CMS e CCNF/CFDN, o que pode justificar a menor digestibilidade da FDN.

Zebeli et al. (2008) reportaram que o pH ruminal e a taxa de passagem da digesta explicam 62% da variação na digestibilidade da FDN da dieta de vacas em lactação. Zebeli et al. (2006) analisaram dados de pesquisas e observaram efeito linear negativo entre a relação CNF/FDN e pH ruminal e que a digestibilidade da FDN decresce linearmente com o aumento da relação CNF/FDN da dieta de vacas leiteiras.

A palma forrageira é rica em carboidratos de rápida fermentação, com mais de 80% da MS desaparecendo em até 48 horas de incubação ruminal, com maior potencial de produção de gás *in vitro* para a palma Gigante que para a palma Miúda (Batista et al. 2003). Altos níveis dietéticos de carboidratos de rápida fermentação podem resultar em menor pH ruminal, reduzindo a degradação da fibra, devido à redução da população ou à atividade de microrganismos celulolíticos (Dijkistra et al., 2012), sendo os valores de pH entre 6,0 e 6,1 considerados um limiar (Mould et al., 1983). A ocorrência de flutuações diárias e o tempo em que o pH permanece abaixo de um determinado valor limite também são significativos (Commun et al., 2009).

A menor digestibilidade da PB observada para a dieta PGG também pode estar relacionada com a maior proporção de CNF consumido. Andrade et al. (2002) observaram redução na digestibilidade da PB quando maior proporção de palma foi incluída na dieta. Alterações no pH ruminal e/ou no substrato fermentado, causando alterações na população microbiana, podem trazer consequências negativas para a degradação ruminal da proteína, que depende da ação de enzimas proteolíticas e não proteolíticas. A menor digestão ruminal da fibra pode influenciar na degradação da proteína através da redução do acesso microbiano à proteína que está ligada à fração fibrosa (Bach et al., 2005)

Adicionalmente, quando o alimento não é completamente fermentado no rúmen, como em condições de menor pH ruminal, pode haver maior passagem de carboidratos potencialmente digestíveis para o ceco e o colo, promovendo fermentação e formação de proteína microbiana. Como não há absorção dessa proteína, pode haver aumento na excreção de N fecal (Orskov et al., 1970; Ben-Ghedhalia et al., 1989; Hall, 2002), com consequente redução na digestibilidade aparente.

Deve-se considerar que CNF possui diferentes componentes, como carboidratos não estruturais (açúcares e amido), fibra solúvel em detergente neutro (frutanas, β -glucanas e pectina) e ácidos orgânicos, podendo gerar diferentes padrões de fermentação ruminal (Hall, 2003). O perfil da dieta em CNF tem o potencial de afetar o suprimento de nutrientes metabolizáveis para o animal e alterar a produção e a composição do leite, com resultados variáveis (Hall et al., 2010). Assim, a menor produção de leite observada quando fornecidas as dietas PST e PMX pode ser resultado do padrão de fermentação ruminal, resultando em menor disponibilidade de nutrientes metabolizáveis, visto que não houve diferença no consumo de NDT quando fornecidas essas dietas e a dieta controle.

O menor consumo de MO também pode ter influenciado negativamente na PL observada para a dieta PMX, devido à menor disponibilidade de material fermentescível no ambiente ruminal. A EA da dieta PGG foi superior a das dietas PMD e PST, mas não diferiu da dieta PMX, resultado do consumo de MS numericamente inferior proporcionado por essa dieta. A menor PLCG observada quando fornecida a dieta PMX decorre da menor PL proporcionada por essa dieta, já que não houve efeito sobre o teor de gordura do leite. Os teores observados de gordura, acima de 4% para todos os tratamentos, indicam que foi mantido um nível adequado de fibra efetiva na dieta e função ruminal normal (Mertens, 1997), apesar de possíveis diferenças no padrão de fermentação.

Quanto à proteína do leite, o menor teor observado quando fornecida a dieta PMX pode estar relacionado a um padrão de fermentação ruminal diferente daquele produzido pela dieta PGG. Abrahamse et al. (2008) observaram que dietas contendo maior proporção de CNF, mesmo proporcionando consumos de energia digestível semelhantes, promovem maior suprimento de carboidratos fermentescíveis, podendo resultar em maior teor de proteína no leite. A maior proporção de propionato formado no rúmen aumenta a sua disponibilidade no fígado, podendo poupar aminoácidos que seriam destinados para a produção de glicose, disponibilizando-os para a formação de proteína do leite na glândula mamária (Firkins et al., 2006). As menores produções diárias de proteína, lactose e sólidos totais observadas quando fornecidas as dietas PST e PMX resultam principalmente da menor produção de leite proporcionada por essas dietas.

Quanto aos ácidos graxos do leite, observou-se que a dieta PMX promoveu alterações desejáveis, quando comparado com o perfil produzido pela dieta PGG. No sentido de reduzir possíveis problemas à saúde humana, tem sido recomendado a

redução no consumo de AGS de alimentos de origem animal, especialmente o láurico ($C_{12:0}$), o mirístico ($C_{14:0}$) e o palmítico ($C_{16:0}$), que tem sido associados a problemas cardiovasculares. Já o ácido esteárico ($C_{18:0}$), apesar de saturado, não tem efeito sobre os níveis de colesterol sanguíneo (Mensink et al., 2003). Assim, a dieta PMX promoveu menor proporção de $C_{16:0}$ e maior de $C_{18:0}$, maior relação AGI:AGS e maior proporção de AGD no leite, que podem ser considerados aspectos benéficos à saúde de pessoas que consumam esse alimento.

No caso da dieta PST, observou-se maior teor de $C_{16:0}$ e menor teor de $C_{18:0}$ no leite, o que pode ser considerado desfavorável, mas sem efeito sobre a relação AGI:AGS e a proporção de AGD na gordura do leite. Como a metade dos AG do leite com 12 a 16 C origina-se da síntese *de novo* na glândula mamária e a outra metade, assim como todos os AG a partir de 18 C, tem origem principalmente na dieta, os seus teores no leite podem sofrer influência dos AG presentes nos alimentos fornecidos. No entanto, deve-se considerar que ocorre extensa biohidrogenação dos AGI de 18 C pelos microrganismos ruminais, o que influencia decisivamente a proporção de $C_{18:0}$ presente na gordura do leite (Lee e Jenkins, 2011).

As maiores concentrações de NUP observadas quando fornecidas as dietas PMD e PST podem ser parcialmente explicadas pelo maior consumo de PB dietética (Burgos et al. 2007). No caso da dieta PMX, que propiciou consumo de PB igual à dieta PGG, a maior concentração de NUP pode ser um indicativo de menor eficiência de utilização da PB consumida (Olmos Colmenero e Broderick, 2006). Adicionalmente, como NUL pode ser utilizado como um indicador de eficiência de utilização de N por vacas leiteiras (Jonker et al., 1988), os maiores teores produzidos pelas dietas PST e PMX também sugerem utilização menos eficiente da PB dietética. É interessante observar

que essas dietas foram as que promoveram menor produção diária de proteína do leite quando comparadas à dieta PGG.

Deve-se considerar que a eficiência de utilização de N pelos microrganismos ruminais pode ser influenciada pela quantidade, tipo e degradabilidade dos carboidratos e proteínas presentes na dieta (Lapierre e Lobley, 2001). Alterações na degradação e fermentação ruminal das fontes de energia e proteína podem ocasionar perda de N na forma de amônia ou decréscimo na síntese de proteína microbiana (Nocek e Russell, 1988). A maior excreção de NUU quando utilizadas as dietas PMD, PST e PMX pode ser um indício de consumo de PB dietética acima da exigência para o nível de produção apresentado pelos animais (Jonker et al., 1988). A maior excreção de NUU está relacionada à maior concentração de NUP, já que existe relação positiva entre essas variáveis (Burgos et al., 2007).

Observou-se a produção média de 897,5g de PB microbiana/dia, não havendo diferenças entre os resultados obtidos a partir das dietas PMD, PST e PMX e a dieta PGG. O NRC (2001) preconiza eficiência de síntese de proteína microbiana de 130 g PB microbiana/ kg de NDT consumido. Foi proposto por Valadares Filho et al. (2006) adotar 120 g de PB microbiana/kg de NDT consumido como valor de referência para condições tropicais, o que é próximo aos valores observados neste trabalho. Assim, os resultados indicam que o uso de genótipos resistentes à cochoilha do carmim em substituição à palma Gigante não foi fator limitante à síntese de proteína microbiana.

5. Conclusões

A palma Miúda é o genótipo resistente à cochoilha do carmim indicado para a inclusão em dietas para vacas em lactação em substituição à palma Gigante. Os genótipos IPA Sertânia e Orelha de Elefante Mexicana apresentaram desempenhos

satisfatórios e podem vir a ser recomendados em situações em que outros fatores sejam considerados, como aqueles relativos ao desempenho agrônômico. A palma Orelha de Elefante Mexicana demonstrou potencial em atribuir características desejáveis ao perfil de ácidos graxos do leite, o que pode representar um campo aberto para pesquisas futuras.

Referências

- 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. *J. Dairy Sci.* 91, 4778-4792.
- Andrade, D.K.B., Ferreira, M.A., Vêras, A.S.C., Farias, I., Dias, F.M., Lira, M.A., 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). *R. Bras. Zootec.* 31, 2088-2097.
- Association of Official Analytical Chemists, 1990. *Official Methods of Analysis*, 15th ed. AOAC, Arlington.
- Bach, A., Calsamiglia, S., Stern, M.D., 2005. Nitrogen metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci.* 88, E. Suppl.:E9-E21.
- Batista, A.M., Mustafa, A.F., McAlister, T., Wang, Y., Soita, H., McKinnon, J.J., 2003. Effects of variety on chemical composition, *in situ* nutrient disappearance and *in vitro* gas production of spineless cacti. *J. Sci. Food Agri.* 83, 440-445.
- Ben-Ghedalia, D., Yosef, E., Miron, J, Est, Y., 1989. The effects of starch- and pectin-rich diets on quantitative aspects of digestion in sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 24, 289-298.
- Ben Salem, H., 2010. Nutritional management to improve sheep and goat performances in semiarid regions. *R. Bras. Zootec.* 39, 337-347.
- Brasil, 2008. Lei Federal nº 11.794/08, de 08 de outubro de 2008. *Diário Oficial da União*, Brasília - DF.
- Burgos, S.A., Fadel, J.G., DePeters, E.J., 2007. Prediction of ammonia emission from dairy cattle manure based on milk urea nitrogen: relation on milk urea nitrogen to urine urea nitrogen excretion. *J. Dairy Sci.* 90, 5499-5508.
- 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 Sci. Anim. Sci.* 28, 145-152.

- Chen, X.B., Gomes, M.J., 1992. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives – an overview of the technical details. International Feed Research Unit. Occasional publication. Rowett Research Institute, Aberdeen, U.K.
- Commun, L., Mialon, M.M., Martin, C., Baumont, R., Veissier, I., 2009. Risk of subacute ruminal acidosis in sheep with separate access to forage and concentrate. *J. Anim. Sci.* 87, 3372-3379.
- Dijkstra, J., Ellis, J.L., Kebreab, E., Strathe, A.B., López, S., France, J., Bannink, A., 2012. Ruminal pH regulation and nutritional consequences of low pH. *Anim. Feed Sci. Technol.* 172, 22-33.
- Dunnett, C.W., 1955. A multiple comparison procedure for comparing several treatments with a control. *J. Amer. Statist. Assoc.* 50, 1096-1121.
- Euclides, V.P.B, Euclides Filho, K., 1998. Uso de animais na avaliação de forrageiras. Embrapa-CNPGC, Campo Grande.
- Firkins, J.L., Hristov, A.N., Hall, M.B., Varga, G.A., St-Pierre, N.R., 2006. Integration of ruminal metabolism in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89, E. Suppl.: E31-E51.
- Hall, M.B., 2000. Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen. Florida: University of Florida, p.A-25 (Bulletin 339).
- Hall, M. B., 2003. Challenges with non-fiber carbohydrate methods. *J. Anim. Sci.* 81, 3226-3232.
- Hall, M.B., Larson, C.C., Wilcox, C.J., 2010. Carbohydrate source and protein degradability alter lactation, ruminal, and blood measures. *J. Anim. Sci.* 93, 311-322.
- Hall, M. B., 2002. Working with non-NDF carbohydrates with manure evaluation and environmental considerations. In: Proceedings of Mid-South Ruminant Nutrition Conference, Texas.
- International Organization for Standardization – ISO, 1978. Animal and vegetable fats and oils –Preparation of methyl esters of fatty acids. : ISO, Geneve, pp.1-6.
- Jonker, J.S., Kohn, R.A., Erdman, R.A., 1998. Using milk urea nitrogen to predict nitrogen excretion and utilization efficiency in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81, 2681-2692.
- Lapierre, H., Lobleey, G.E., 2001. Nitrogen recycling in the ruminant: a review. *J. Dairy Sci.* 84, E. Suppl.: E223-E236.
- Lee, Y.J., Jenkins, T.C., 2011. Biohydrogenation of linolenic acid to stearic acid by the rumen microbial population yields multiple intermediate conjugated diene isomers. *J. Nutr.* 141, 1445-1450.

- Licitra, G., Hernandez, T.M., Van Soest, P.J., 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 57, 347-358.
- Mensink, R.P., Zock, P.L., Kester, A.D.M., Katan, M.B., 2003. Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta analysis of 60 controlled trials. *Am. J. Clin. Nutr.* 2003, 1146-1155.
- Mertens, D.R., 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80, 1463-1481.
- Mertens, D.R., 1994. Regulation of forage intake. In: Fahey, JR., G.C. et al. (Eds.) Forage quality, evaluation and utilization. *Am. Soc. Agron.*, Madison, WI. pp.450-493.
- Mould, F.L., Orskov, E.R., Mann, S.O., 1983. Associative effects of mixed feeds. I. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen pH on cellulolysis in vivo and dry matter digestion of various roughages. *Anim. Feed Sci. Technol.* 10, 15-30.
- Murphy, J.J., McNeill, G.P., 1995. Effects on milk fat composition and cow performance of feeding concentrates containing full fat rapessed and maize distillers grains on grass-silage based diets. *Livest. Prod. Sci.* 44, 1-11.
- National Research Council, 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th revised ed. National Academic Science, Washington, DC, USA.
- Nocek, J.E., Russel, J.B., 1988. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *J. Dairy Sci.* 71, 2070-2107.
- Oliveira, V.S., Ferreira, M.A., Guim, A., Modesto, E.C., Lia, L.E., Silva, F.M., 2007. Substituição total do milho e parcial do feno de capim tifton por palma forrageira em dietas para vacas em lactação. Consumo e digestibilidade. *R. Bras. Zootec.* 36, 1419-1425.
- Olmos Colmenero, J.J., Broderick, G.A., 2006. Effect of dietary crude protein concentration on milk production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89, 1704-1712.
- Orskov, E.R., Fraser, C., Mason, V.C, Mann, S.O., 1970. Influence of starch digestion in the large intestine of sheep in caecal fermentation, caecal microflora and faecal nitrogen excretion. *Br. J. Nutr.* 24, 671-682.
- Rodriguez, N.M.; Saliba, E.O.S.; Guimarães Júnior, R., 2006. Uso de indicadores para estimativa de consumo a pasto e digestibilidade. In: Anais da 43^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. SBZ, João Pessoa.
- Rueda, I.P.; Flores, J.R.L., Leiva, E.R., Delgado, M.R., 2011. Ciclo de vida e parâmetros poblacionales de *Symphorobius barbery* Banks

- (Neuroptera:Hemerobiidae) criado por *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera:Dactylopiidae). Acta Zoo. Mex. 27, 325-340.
- Santos, D.C., Farias, I., Lira, M.A., Santos, M.V.F, Arruda, G.P., Coelho, R.S.B., Dias, F.M., Melo, J.N., 2006a. Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco. IPA, Recife.
- Santos, D.C., Lira, M.A., Farias, I. Dias, F.M, Lira, M.A., 2006b. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim *Dactylopius* sp, em condições de campo. In: Anais da 43ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. SBZ, João Pessoa.
- Santos, D.C., Santos, M.V.F., Farias, I., Dias, F.M., Lira, M.A., 2001. Desempenho produtivo de vacas 5/8 holando/zebu alimentadas com diferentes cultivares de palma forrageira. R. Bras. Zootec. 30, 12-17.
- Silva, D. M. P., Houllou-Kido, L.M; Santos D.C. , Ferreira, R.G., Santos, V.F., Ferreira, W.M., Lima, M.S., Falcão, H.M, Tabosa, F.S., 2007. Resistance of in vitro grown forage cactus clones to *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera; Dactylopiidae). In: Proceedings of 4th International Congress on Cactus Pear and Cochineal, João Pessoa.
- Sistema de Análise Estatística e Genética – SAEG, 2007. Versão 9.0. UFV, Viçosa, MG.
- 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. J. Anim. Science 70, 3562-3577.
- Valadares Filho, S.C., Paulino, P.V.R., Magalhães, K.A. (Eds.), 2006. Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR-Corte, 1 ed., UFV, Viçosa, MG.
- Valente, T.N.P., Detmann, E., Valadares Filho, S.C., Cunha, M., Queiróz, A.C., Sampaio, C.B., 2011. *In situ* estimation of indigestible compounds contents in cattle feed and feces using bags made from different textiles. R. Bras. Zootec. 40, 666-675.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74, 3583-3597.
- Vasconcelos, A.G.V., Lira, M.A., Cavalcanti, V.L.B., Santos, M.V.F, Willadino, L., 2009. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius* sp). R. Bras. Zootec. 38, 827-831.
- Weiss, W., 1999. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: Proceedings of 61th Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers. Ithaca: Cornell University.

- Zebeli, Q., Dijkstra, J., Tafaj, M., Steingass, H., Ametaj, B.N., Drochner, W., 2008. Modeling the adequacy of dietary fiber in dairy cows based on the responses of ruminal pH and milk fat production to composition of the diet. *J. Dairy Sci.* 91, 2046-2066.
- Zebeli, Q., Tafaj, M.; Steingass, H., Metzler, B., Drochner, W., 2006. Effects of physically effective fiber on digestive process and milk fat content in early lactating dairy cows fed total mixed rations. *J. Dairy Sci.* 86, 651-668.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cochonilha do carmim representa um dos maiores problemas da pecuária nordestina na atualidade. Seu controle deve ser realizado utilizando alternativas de baixo custo e de fácil adoção pelo produtor rural.

O uso de genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim representa uma dessas alternativas. A avaliação nutricional dos genótipos realizada com ovinos indica que a palma Miúda, a palma IPA Sertânia, a palma Orelha de Elefante Mexicana e a Palma Orelha de Elefante Africana podem substituir a palma Gigante. Quando considerados os resultados obtidos para parâmetros de consumo e desempenho com vacas em lactação, a palma Miúda mostrou-se mais indicada para fazer essa substituição. Portanto, são necessários mais estudos que avaliem o fornecimento para outras categorias animais, possibilitando uma avaliação mais ampla desses genótipos.

Os resultados obtidos ampliam as opções de genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim para uso na alimentação de ruminantes. Para escolha do genótipo a ser utilizado, poderão ser consideradas características agronômicas e disponibilidade regional do genótipo, dentre outras variáveis.