



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

**MAXIMIZAÇÃO DE DIETAS A BASE DE PALMA FORRAGEIRA E**  
**CANA-DE-AÇÚCAR PARA OVINOS**

**DARLAN SILVA DOS SANTOS**

**RECIFE - PE**  
**FEVEREIRO - 2020**

**DARLAN SILVA DOS SANTOS**

**MAXIMIZAÇÃO DE DIETAS A BASE DE PALMA FORRAGEIRA E  
CANA-DE-AÇÚCAR PARA OVINOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

**Área de concentração:** Nutrição Animal

**Comitê de orientação:**

Prof. Dr. Marcelo de Andrade Ferreira – Orientador principal

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Antonia Sherlânea Chaves Vêras

Dr<sup>a</sup>. Maria Gabriela da Conceição

**RECIFE - PE  
FEVEREIRO – 2020**

DARLAN SILVA DOS SANTOS

**MAXIMIZAÇÃO DE DIETAS A BASE DE PALMA FORRAGEIRA E  
CANA-DE-AÇÚCAR PARA OVINOS**

Dissertação defendida e aprovada pela Comissão Examinadora em 21 de fevereiro de  
2020

Orientador:

---

**Prof. Dr Marcelo de Andrade Ferreira**

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Departamento de Zootecnia

Examinadores:

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Luciana Felizardo Pereira Soares**

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Departamento de Zootecnia

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Maria Josilaine Matos dos Santos Silva**

Universidade Federal de Alagoas - *Campus Arapiraca*

Departamento de Zootecnia

**RECIFE - PE**

**FEVEREIRO – 2020**

## **BIOGRAFIA**

Darlan Silva dos Santos, Filho de Maria Elta Silva dos Santos e Claudení José dos Santos, nasceu em 17 de setembro de 1993, em Arapiraca, Alagoas. No ano de 2012 ingressou no curso de Zootecnia na Universidade Federal de Alagoas (UFAL), *Campus* Arapiraca, foi bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq). Em julho de 2017 concluiu o curso, obtendo o título de Zootecnista em agosto de 2018. Em março de 2018, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), concentrando seus estudos na área de Nutrição Animal, tendo, em 21 de fevereiro de 2020, submetido à defesa da presente dissertação.

*A DEUS, grande arquiteto do universo.*  
*A meus pais, Maria Elta Silva dos Santos e Claudení José dos Santos, meus irmãos(as),*  
*Luan, Lucas, Darlene e Camilla, as minhas avós Genira Gomes de Lima e Antonia*  
*Bispo dos Santos (in memorian), a Cícera Gomes de Lima (in memorian), Cicero dos*  
*Santos (in memorian), Pastora Bispo da Silva (in memorian) Luzinete Alves (in*  
*memorian), por tudo que me ensinaram ao longo da minha jornada pela vida, pelo*  
*companheirismo, amor, carinho, confiança depositada e tudo que me foi acrescentado*  
*por estar ao lado dessas pessoas maravilhosas. A todos os meus amigos pela força e*  
*orações.*

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A meu orientador, Marcelo de Andrade Ferreira, por todas as experiências e conhecimentos passados, além dos conselhos valiosos de vida, por ser compreensível, amigo e pai nas horas certas.

As minhas coorientadoras, Maria Gabriela e Antonia Sherlânea, pelo fornecimento dos dados e por toda a ajuda para que eu pudesse encerrar mais uma etapa muito importante da minha vida.

Aos professores do Departamento de Zootecnia, pelo incentivo na construção do conhecimento.

Ao “GRUPO DA FIRMA” pela parceria e compartilhamento de conhecimentos.

Aos meus colegas Robert e Gláucia, por todo conhecimento de nutrição de ruminantes passado, por ter me ajudado bastante com suas dicas de laboratório e estatística e conselhos dentro da Pós-Graduação. Minha eterna gratidão.

À professora Josilaine Matos e seu esposo Agnaldo, por terem me acolhido em sua casa ao iniciar a pós-graduação e por toda força que deram!

Aos amigos do Bloco E, Ap 301, Edneide, Paulo, Janiele e Emanuele, pelo companheirismo e convivência.

Ao “GRUPO DA PINGA”, nos amigos Robert, Ana, Michelle, Gláucia, Juliana, Diego, Joelson e Paulo, por terem proporcionado tantos momentos bons de descontração. Vocês são demais!

Aos colegas que o mestrado me proporcionou, que direta ou indiretamente incentivaram e contribuíram para o meu sucesso, em especial, Leandro, Nágila, Alessandra, Carol, Ivson, Elis, Claudineide, Seu Pedro e Alisson, por todos os momentos felizes e palavras amigas.

A UFRPE, não só pela oportunidade de cursar o mestrado, mas por tudo que tem me proporcionado.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos, por ser esse apoiador e incentivador da pesquisa no país.

**Muito OBRIGADO a todos!**

*"Buscai, o Reino de Deus e a sua justiça, e todas suas necessidades vos serão dadas por acréscimo".*  
**(Mateus 6, 24-34)**

*"A vida em todas as manifestações é uma sucessão de testes e exames a que são submetidos os aprendizes da evolução".*  
**(Joanna de Ângelis)**

*"Tudo flui e nada permanece"*  
**(Heráclito)**

## SUMÁRIO

### **CAPITULO I**

LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE FIGURAS	10
RESUMO	11
ABSTRACT	12
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	13
REFERÊNCIAS	17
CAPITULO 1	18
<b>MAXIMIZAÇÃO DE DIETAS A BASE DE PALMA FORRAGEIRA E CANA-DE-AÇÚCAR PARA OVINOS</b>	18
INTRODUÇÃO	19
MATERIAL E MÉTODOS	20
RESULTADOS	25
DISCUSSÃO	29
REFERÊNCIAS	34

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Teor nutricional nos ingredientes das dietas

**Tabela 2.** Proporções dos ingredientes e composição nutricional das dietas

**Tabela 3.** Consumo de matéria seca e nutrientes e equações de regressão.

**Tabela 4.** Digestibilidade dos nutrientes.

**Tabela 5.** Comportamento ingestivo

**Tabela 6.** Balanço de nitrogênio, nitrogênio ureico no plasma e na urina, síntese e eficiência de proteína microbiana e equações de regressão

**Tabela 7.** Consumo e concentração plasmática de minerais e equações de regressão

**Tabela 8.** Consumo e excreção de água e equações de regressão

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1.** Consumo de matéria seca (MS) e de nutrientes digestivos totais (NDT)

**Figura 2.** Proporção entre o consumo via palma miúda e água bebida em relação a água consumida

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A região semiárida está presente em quase todo Nordeste brasileiro e apresenta condições edafoclimáticas e características próprias; tais como, irregularidade e má distribuição da precipitação pluviométrica, temperaturas elevadas, déficit hídrico, solos rasos e vegetação específica, denominada caatinga, resistente a longos períodos de estiagem (Correia et al. 2011). Apesar das condições adversas citadas, a pecuária é uma importante atividade socioeconômica nesta região.

A ovinocultura é uma atividade de extrema importância para o semiárido, pois além de ser fonte de renda para os pequenos produtores, também agrega valor sociocultural, estando a atividade sujeita a variação das estações chuvosa e seca. No período chuvoso a alimentação está presente em quantidade e qualidade nutricional. Porém, no período de estiagem, há um déficit na disponibilidade e qualidade das forragens, causando, muitas vezes, baixos índices produtivos no setor pecuário devido à perda de peso, baixa fertilidade, queda na produção de leite e morte dos animais. Em consequência disso, o produtor tem buscado alternativas de alimentação para os animais no período de seca.

No estado de Pernambuco, após o longo período de seca que ocorreu entre 2012 a 2015 (Marengo et al. 2016) e uma alta infestação da cochonilha do carmim (*Dactylopius coccus*) no mesmo período, levou a extinção de quase todos os palmais de palma gigante (*Opuntia ficus indica*, Mill), cultivada em larga escala no estado. Com isso, produtores da região aumentaram a compra de volumosos produzidos através da irrigação (silagem de milho e sorgo, feno de tifton e cana-de-açúcar), criando-se um mercado comercial de forragens, com preços elevados, onerando cada vez mais os sistemas de produção (Reis Filho e Oliveira 2014).

Contudo, foram realizadas várias pesquisas com outros genótipos de palma resistente a cochonilha do carmim, como as cultivares palma miúda, orelha de elefante mexicana e IPA, caracterizada pela adaptação às condições de seca, maior aceitabilidade pelos animais e menor quantidade de espinhos, na tentativa de reestabelecer os palmais dizimados e proporcionar alimentos de baixo custo aos produtores.

A palma forrageira é caracterizada por possuir elevado teor de carboidratos não fibrosos (CNF,  $58,55 \pm 8,13\%$ ) (Ferreira et al. 2012), sendo excelente fonte de energia para os microrganismos (Pinto et al. 2011). Por ser eficiente no uso da água, graças ao seu metabolismo MAC (Metabolismo ácido das crassuláceas) (Almeida 2012), apresentando em sua composição 90% de água e alta produtividade (25 toneladas de matéria seca/ha/ano) (Santos et al. 2006).

A palma forrageira é uma cultura de custo alto para sua implantação. No entanto, por ser uma cultura perene, esse custo vai se diluindo, retornando o investimento em aproximadamente 2 a 3 anos de sua implantação (Donato et al. 2017).

A palma forrageira possui características bastante distintas, como baixos teores de fibra em detergente neutro (FDN,  $26,79 \pm 5,07$ ) e proteína bruta (PB,  $4,81 \pm 1,16$ ), o que sugere o seu fornecimento consorciado com uma fonte de fibra fisicamente efetiva e proteica, para evitar problemas metabólicos (Ferreira et al. 2012). A cana-de-açúcar é uma fonte volumosa rica em fibra fisicamente efetiva, além de apresentar composição química favorável ao seu fornecimento aos animais nas épocas de baixa produção forrageira.

A substituição parcial da cana-de-açúcar pela palma miúda pode ser utilizada como estratégica para promover maior absorção de nutrientes, devido ao maior

equilíbrio entre os carboidratos fibrosos e não fibrosos, fornecimento de fibra fisicamente efetiva para manter saúde ruminal, suprimento de água e minerais para o animal em ambiente semiárido e ainda redução dos custos na alimentação animal.

Vale ressaltar, que a cana-de-açúcar apresenta seu ponto de colheita na época mais seca do ano em que as demais forrageiras estão escassas em disponibilidade e qualidade. É uma forrageira que possui alto teor de matéria seca que ajuda a atender a demanda de alimentos da região do Semiárido. Possui alto teor de açúcares oriundos da sacarose, capacidade de manter o seu valor nutritivo ao longo do tempo e já vem sendo utilizada como volumoso por muitos produtores com o objetivo de diminuir os custos com alimentação.

No entanto, a cana-de-açúcar apresenta baixo teor de proteína, precisando ser corrigida com fontes desse nutriente, e fibra de baixa qualidade, o que limita seu consumo pelos animais. Assim, faz-se necessário estudos que definam os limites para sua utilização *in natura* na dieta de ruminantes, a fim de maximizar a produção animal.

Nesse sentido, o estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da substituição parcial da cana-de-açúcar pela palma miúda na alimentação de ovinos sobre o consumo e digestibilidade, comportamento ingestivo, balanço de nitrogênio, consumo e excreção de água, síntese de proteína microbiana, consumo e concentração de minerais no plasma.

## REFERÊNCIAS

- Almeida, R.F., 2012. Palma forrageira na Alimentação de ovinos e caprinos no Semiárido. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 7, 08–14. INSS: 1981-8203. <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1113/1334>
- Correia, R.C., Kiill, L.H.P., Moura, M.S.B.D., Cunha, T.J.F., Jesus Junior, L.A.D., and Araujo, J.L.P. 2011. A região semiárida brasileira Produção de caprinos e ovinos no Semiárido. *Embrapa Semiárido*, 1, 21-48. <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54762/1/01-A-regiao-semiari-da-brasileira.pdf-18-12-2011.pdf>.
- Donato, P.R.D., Silva, J.A.D., Donato, S.L.R., Rodrigues, M.G. V and Peixoto, A.M. 2017. Índices técnicos, de produção e econômicos para a cultura de palma forrageira. *Informe Agropecuário*, 38, 97– 106.
- Ferreira, M.D.A., Valenca, S., Rocha, R.R.F., Antas, S. and Cost, C.T.F. 2012. The use of cactus as forage for dairy cows in semi- arid regions of Brazil. *Organic Farming and Food Production*.
- Marengo, J.A., Torres, R.R. and Alves, L.M. 2016. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future *Theoretical and Applied Climatology*, 129, 1189–1200.
- Pinto, T.F., Costa, R.G., de Medeiros, A.N., de Medeiros, G.R., de Azevedo, P.S., Oliveira, R.L. and Treviño, I.H. 2011. Use of cactus pear (*Opuntia ficus indica* Mill) replacing corn on carcass characteristics and non-carcass components in Santa Inês lambs. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 1333–1338.
- Reis Filho, R.J.C. dos R. and Oliveira, F.Z. 2014. Opções de produção de alimentos para a pecuária de Pernambuco - Uso das áreas irrigadas Fórum permante de convivência produtiva com as secas. <http://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal/Sebrae/UFs/PE/Anexos/fórum permanente de convivência produtiva com as secas 2.pdf>
- Santos, D.C., Iderval, F., Lira, M.A., Santos, M.V.F., Arruda, G.P., Coelho, R.S.B., Dias, F.M., Melo, J.N. 2006. Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*) em Pernambuco. In: Congresso nordestino de produção animal. [http://www.ipa.br/publicacoes\\_tecnicas/Pal01.pdf](http://www.ipa.br/publicacoes_tecnicas/Pal01.pdf)

## **CAPITULO 1**

---

### **MAXIMIZAÇÃO DE DIETAS A BASE DE PALMA FORRAGEIRA E CANA-DE-AÇÚCAR PARA OVINOS**

**RESUMO** Objetivou-se avaliar o efeito da substituição da cana-de-açúcar pela palma miúda sobre o consumo e a digestibilidade dos nutrientes, comportamento ingestivo, balanço de nitrogênio, consumo e excreção de água, síntese de proteína microbiana, consumo e concentração de minerais no plasma de ovinos. Foram utilizados cinco ovinos, distribuídos em quadrado latino, recebendo cinco níveis de substituição de cana-de-açúcar pela palma miúda (0; 180; 360; 540 e 720g/kg). Houve efeito quadrático para os consumos de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, fibra em detergente neutro, carboidratos não fibrosos, fibra em detergente neutro indigestível e nutrientes digestíveis totais, com valores máximos de 1163; 1083; 179,8; 325,0; 586,3; 160,0 e 888,0 g/d<sup>1</sup>, estimados com 433,4; 402,8; 434,2; 338,9, 397,1; 248,5 e 380,9g/kg de substituição, respectivamente. A digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes não foi alterada. O tempo de ruminação diminuiu, enquanto que o tempo em ócio e a eficiência de ruminação aumentaram linearmente. O consumo de nitrogênio, excreção fecal e balanço de nitrogênio apresentaram comportamento quadrático, com valores máximos de 28,79; 4,25; 13,2 g/dia, estimados com 425,9; 531,3 e 310,7g/kg de substituição, respectivamente. A excreção de nitrogênio urinário e ureico no plasma aumentaram linearmente. Já o nitrogênio ureico na urina não foi alterado. A eficiência e síntese de proteína microbiana não foram alteradas. Os consumos de Mg, Ca, P, Na e K aumentaram linearmente, assim como suas concentrações no plasma, exceto a concentração de Ca. O consumo total de água e aquele via alimento e palma aumentaram linearmente, enquanto que a ingestão voluntária de água apresentou efeito quadrático, com valor mínimo de consumo de 0,505 L<sup>-1</sup>, estimado com 508,7 % de substituição. A excreção de água via fezes e urina aumentaram linearmente. Recomenda-se, para maximizar o consumo de energia, a substituição de 380,9% da cana-de-açúcar por palma miúda na dieta de ovinos.

**Palavra-chave:** cactus, ovinocultura, ruminantes, volumoso

**ABSTRACT** The aim of this study was to evaluate the effects of the substitution of sugarcane with *Opuntia ficus-indica* MILL on the intake, digestibility of nutrients, ingestive behavior, nitrogen balance, water intake and excretion, microbial protein synthesis, intake and concentration of minerals in the plasma of the sheep. Five sheep were used, distributed in a latin square design, receiving five levels of substitution of sugarcane with *N. cochenillifera* (0; 180; 360; 540 and 720g/kg). There was a quadratic effect for dry matter, organic matter, crude protein, neutral detergent fiber, non-fibrous carbohydrates, indigestible neutral detergent fiber and total digestible nutrients, with maximum values of 1163; 1083; 179.8; 325.0; 586.3; 160.0 and 888.0 g/d<sup>-1</sup>, estimated with 433.4; 402.8; 434.2; 338.9; 397.1; 248.5 and 380.9 g/kg of substitution levels, respectively. The digestibility of dry matter and nutrients were not altered. Rumination time decreased, while idle time and rumination efficiency increased linearly. Nitrogen consumption, fecal excretion and nitrogen balance showed a quadratic behavior, with maximum values of 28.79; 4.25; 13.2 g/day, estimated with 425.9; 531.3 and 310.7g/kg of substitution levels, respectively. Urine nitrogen excretion and ureic nitrogen concentration in the plasma increased linearly. However, the urea nitrogen in the urine did not change. The efficiency and synthesis of microbial protein were not altered. The intake of Mg, Ca, P, Na and K increased linearly, as well as their plasma concentrations, except for the plasma Ca concentration. The total water consumption and that via food and *N. cochenillifera* increased linearly, while the voluntary water intake showed a quadratic effect, with a minimum consumption value of 0.505 L<sup>-1</sup>, estimated at 508.7 g/kg substitution level. The excretion of water via faeces and urine increased linearly. In order to maximize the energy intake, it is recommended to replace 380.9g/kg of sugarcane with *N. cochenillifera* in sheep feed.

**Keywords:** cactus, sheep farming, ruminants, roughage

## INTRODUÇÃO

As condições climáticas de regiões semiáridas, ocasionadas pelas secas periódicas de maior ou menor intensidade, afetam diretamente a potencialidade pecuária, não atendendo a quantidade e qualidade nutricional requerida pelo animal (Araújo 2015).

O uso de cactáceas (*Opuntia ficus-indica* MILL e *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) adaptadas ao clima Semiárido, apresentam algumas particularidades como eficiência no uso de água, elevada produção de matéria seca por hectare e rápida disseminação (Ben Salem 2010). Porém, a alta infestação da cochonilha do carmim (*Dactylopius coccus*) e a seca ocorrida de 2012 a 2015 no Nordeste, dizimaram quase todos os palmais de palma gigante (*Opuntia*) da região, causando sérios prejuízos ao setor agropecuário (Reis Filho e Oliveira 2014; Marengo et al. 2016).

Diante desse cenário, surgiu no Nordeste brasileiro um novo nicho de mercado: a produção comercial de forragens. Produtores de regiões com capacidade de irrigação passaram a produzir e comercializar alimentos forrageiros para pecuaristas, o que minimizou os impactos da falta de volumosos (Reis Filho e Oliveira 2014). Todavia, alimentos como cana-de-açúcar e silagem de milho têm sido vendidos a preços pouco acessíveis ao pequeno produtor.

Além de ser uma estratégia de alto custo, a comercialização de forragem minimiza o problema da escassez de alimento a curto prazo, o que confere susceptibilidade aos sistemas de produção a médio e longo período. Dessa forma, o retorno dos palmais, com cultivares resistentes à cochonilha do carmim na região do Semiárido pode ser uma solução para redução de custos no sistema produtivo. Porém, a implantação da palma forrageira tem um custo alto, cerca de R\$ 30.000,00/ha, mas sendo uma cultura perene, esse custo se dilui durante sua vida útil de dez anos, apresentando já no segundo ano lucros significativos, podendo se estabelecer a média de

R\$ 0,35/kg/MS da palma forrageira, sendo justificada sua implantação (Donato et al. 2017).

No entanto, a palma forrageira não deve ser fornecida aos ruminantes como fonte volumosa exclusiva, por ser um alimento com baixo teor de fibra fisicamente efetiva (Ferreira 2005). Logo, faz-se necessário a utilização de uma fonte de fibra, como a cana-de-açúcar, por possuir alto teor de fibra fisicamente efetiva e apresentar seu ponto de colheita na época mais seca do ano em que as demais forrageiras estão escassas em disponibilidade e qualidade.

Hipotetizou-se que existe uma relação ideal entre a cana-de-açúcar com a palma forrageira que maximiza o consumo e a digestão. Dessa maneira, objetivou-se avaliar o efeito da substituição parcial da cana-de-açúcar pela palma miúda na alimentação de ovinos sobre o consumo e digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes, comportamento ingestivo, balanço de nitrogênio, consumo e excreção de água, síntese de proteína microbiana, consumo e concentração de minerais no plasma.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido a latitude -8.05428, longitude -34.8813, 8° 3' 15" Sul, 34° 52' 53" Oeste e a uma altitude de 7m. De acordo com a classificação de Köppen o clima do município é tropical úmido Aw (Köppen e Geiger 1928).

Cinco ovinos machos castrados, sem padrão racial definido, com peso corporal de 63,38 kg ( $\pm 7,70$ kg.), foram distribuídos em quadrado latino 5x5 e alojados em baias individuais, providas de comedouros e bebedouros. O estudo teve duração total de 105 dias, com cinco subperíodos de 21 dias, que foram divididos em 14 dias de adaptação e 07 de amostragem.

As cinco dietas foram compostas de cinco níveis de substituição parcial de Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*, L.) por Palma Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) (0; 180; 360; 540 e 720g/kg). A palma miúda e cana-de-açúcar foram oferecidas trituradas e misturadas diariamente ao concentrado, na proporção de 70:30 (volumoso:concentrado). A alimentação foi oferecida às 08h00 e às 16h00, sendo pesada diariamente antes do fornecimento pela manhã, com o objetivo calcular a ingestão de alimentos dos animais, permitindo 5 a 10% de sobras.

Para manter o nível correto de cana-de-açúcar e palma miúda nas dietas, semanalmente era analisado o teor de matéria seca dos referidos ingredientes, realizando a correção dos níveis quando necessário.

**Tabela 1** Teor nutricional nos ingredientes das dietas

Nutrientes (g/kgMS)	Palma miúda	Cana-de-açúcar	Farelo soja	Milho moído	Farelo trigo
Matéria seca (g/kgMN)	119,0	311,2	918,0	897,6	897,1
Matéria orgânica	867,5	987,5	919,9	983,6	948,5
Proteína bruta	57,5	17,7	490,1	90,2	182,7
Fibra em detergente neutro <sup>a</sup>	268,5	394,0	167,4	111,3	344,8
FDNi <sup>b</sup>	125,0	264,9	29,4	43,8	134,2
Carboidratos não-fibrosos <sup>a</sup>	527,1	566,8	240,4	740,5	403,3
Potássio	28,4	6,8	20,2	3,5	10,3
Magnésio	81,0	1,8	2,9	1,1	4,1
Fósforo	22,0	0,8	5,9	2,6	10,2
Sódio	0,8	0,3	0,6	0,3	0,6
Cálcio	38,4	2,4	3,4	0,3	1,7

<sup>a</sup>Corrigido para cinzas e compostos nitrogenados, <sup>b</sup>Fibra em detergente neutro indigestível

O consumo de matéria seca (MS) e dos nutrientes foi calculado pela diferença entre o total ofertado e total contido nas sobras. As amostras dos alimentos *in natura* e sobras foram obtidas diariamente durante o período de coleta, sendo congeladas a -20°C para posterior análise da composição nutricional das dietas.

A cada mistura dos concentrados foram tiradas amostras de aproximadamente 200 g dos ingredientes para determinação da composição química.

**Tabela 2** Proporções dos ingredientes e composição nutricional das dietas

Itens	Substituição da cana-de-açúcar por palma miúda				
	0	180	360	540	720
<b>Ingredientes (g/ kg na MS)</b>					
Cana-de-açúcar	690,0	565,8	441,6	317,4	193,2
Palma miúda	0,0	124,2	248,4	372,6	496,8
Farelo de soja	207,5	208,9	210,3	211,7	213,1
Milho moído	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
Farelo de trigo	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
Mistura mineral	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
Sal comum	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
Ureia+sulfato de amônia <sup>a</sup>	6,0	4,6	3,2	1,8	0,4
<b>Composição química da dieta (g/ kg na MS)</b>					
Matéria seca (g/kg na MN)	381,9	315,6	260,5	222,6	194,7
Matéria orgânica	949,8	936,5	921,6	907,8	894,0
Matéria mineral	28,0	42,8	57,9	72,8	87,7
Proteína bruta	140,7	142,6	144,6	146,5	148,4
FDN <sup>b</sup>	325,1	311,1	293,7	278,9	263,8
FDNi	196,2	180,3	161,0	144,2	127,2
Carboidratos não fibroso	486,9	484,2	476,9	473,1	468,8
Nutrientes digestíveis totais	794,0	755,0	775,0	759,0	705,0
Potássio	9,4	12,1	14,8	17,5	20,2
Magnésio	2,1	2,9	3,6	4,4	5,2
Fósforo	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0
Sódio	4,1	4,1	4,3	4,3	4,4
Cálcio	3,8	8,3	12,7	17,2	21,7
Ca:P	1,2	2,5	3,5	4,5	5,5

<sup>a</sup>Nove partes de ureia e 1 parte de sulfato de amônio (AS), <sup>d</sup>Fibra fisicamente efetiva

O comportamento ingestivo foi avaliado no 15º dia de cada período experimental. Os ovinos foram observados a cada 10 minutos, durante 24 horas, registrando as atividades de alimentação, ruminação e ócio (Martin e Bateson, 2007). Foram estimadas as eficiências de alimentação e ruminação da MS e FDN (g/h) (Bürger et al. 2000).

Do 16º ao 18º dia de cada período, foi realizada a coleta total de fezes com o auxílio de bolsas coletoras, sendo pesada e quantificada a produção fecal após 24 horas e amostrado 20% do total produzido e congeladas a -20°C para posterior análises química e avaliação da digestibilidade aparente da MS e dos nutrientes. Nos mesmos dias, foi realizada a coleta total de urina utilizado funis coletores e mangueiras acoplados ao órgão genital dos animais para conduzir a urina até um recipiente

contendo 100 mL de ácido sulfúrico a 10%, o pH foi aferido a cada 6 horas, para ajuste, quando necessário, da quantidade de ácido utilizado afim de mantê-lo inferior a 3,0 (Chen et al. 1992). Ao final de cada dia de coleta foram determinados o peso e o volume total de urina.

Ao final do experimento, foram feitas amostras compostas dos alimentos, sobras e fezes por animal/período. Essas amostras foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C durante 72 horas, processadas em moinho com peneira de malha de 1 mm, para a análise de composição química e peneira de malha de 2 mm para determinação do indicador fibra em detergente neutro indigestível (FDNi). Foram determinados os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB) e nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) de acordo com AOAC (2000). A determinação de fibra em detergente neutro (FDN) foi segundo Mertens (2002), utilizando alfa-amilase estável ao calor corrigida para cinzas residuais, a FDN também foi corrigida para compostos nitrogenados (Licitra et al. 1996).

O teor de FDNi nas amostras de alimentos e sobras foi obtido através do procedimento de incubação ruminal *in situ* em bovino durante 288 horas (Krizsan e Huhtanen 2013). Foram quantificados os carboidratos não fibrosos (CNF) (Detmann e Valadares Filho 2010); determinado a digestibilidade aparente dos nutrientes e estimado ainda o consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT) (Weiss 1999).

O balanço de compostos nitrogenados foi estimado pela diferença do nitrogênio consumido e o nitrogênio excretado na urina e nas fezes. Para a determinação de nitrogênio ureico plasmático e concentração de K, Mg, P, Ca e Na no plasma, foi realizada coleta de sangue nos animais, no 18º dia de cada período experimental, 4

horas após a alimentação das 8h00, por meio de venopunção da jugular com agulhas 21Gx1” (BD Vacuteiner®, EUA), utilizando-se de tubos Vacuteiner® com anticoagulante (heparina). As amostras foram centrifugadas (3000 rpm/15 minutos) e o plasma obtido foi armazenado a -20°C.

Para determinação do nitrogênio ureico na urina, foi retirada uma alíquota da urina coletada para o balanço de nitrogênio. O nitrogênio ureico plasmático e urinário foram determinados por meio do método colorimétrico com kit comercial (LABTEST®).

Através do somatório das excreções urinárias de alantoína, xantina, hipoxantina e ácido úrico foi obtida a excreção total dos derivados de purina, sendo a absorção das purinas microbianas calculada a partir da excreção de derivados de purina (Chen et al. 1990). O fluxo intestinal de compostos nitrogenados microbianos foi calculado em função das purinas absorvidas (Chen et al. 1992). A eficiência da síntese de proteína microbiana foi obtida por meio da divisão da produção de proteína microbiana (g/dia) pela ingestão diária de NDT.

Para determinação do Ca e Mg, as amostras de alimentos foram submetidas a digestão nítrico-perclórica, e posteriormente determinados por meio de espectrômetro de absorção atômica (ICP-OES), utilizando-se aparelho modelo SpectrAA-200G. O P foi determinado pelo método colorimétrico do molibdato de amônia (Chen et al. 1956). Já o Na e K foram determinados por fotometria de chama, utilizando-se aparelho Micronal®.

O consumo de água foi avaliado no período de três dias de coleta total de fezes. O consumo de água via alimento, foi calculado em função do conteúdo de umidade dos alimentos fornecidos e sobras. A água bebida voluntariamente foi determinada pesando

a água fornecida e a sobra, ajustando diariamente em função da evaporação diária de água, em dois recipientes controle. Para excreção de água via urina e fezes, as fezes foram pré-secas a 55°C e posteriormente foi determinada a MS da urina e das fezes em estufa a 105°C por 16h.

Os dados foram analisados pelo procedimento MIXED no SAS (versão 9.4), de acordo com o modelo:  $Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + e_{ijk}$ . Em que  $Y_{ijk}$  = Variável dependente;  $\mu$  = média geral;  $\alpha_i$  = efeito fixo do tratamento  $i$ ;  $\beta_j$  = efeito aleatório do animal  $j$ ;  $\gamma_k$  = efeito fixo do período  $k$ ;  $e_{ijk}$  = efeito aleatório do erro associado a cada observação. Para todas as análises foi adotado um nível de significância de 0,05 como valor crítico da probabilidade de erro tipo I.

## RESULTADOS

Os consumos de MS, MO, PB, FDN, FDNi, CNF e NDT, apresentaram comportamento quadrático ( $P < 0,05$ ) (Tabela 3).

**Tabela 3** Consumo de matéria seca e nutrientes e equações de regressão

Item	Substituição (g/kg)					EPM	P-valor	
	0	180	360	540	720		L	Q
MS <sup>a</sup>	905,4	1086	1194	1090	1078	36,5	0,011	<0,001
MO <sup>a</sup>	865,8	1018	1118	1009	970,1	36,0	0,103	<0,001
PB <sup>a</sup>	139,8	164,5	188,7	165,9	167,0	8,1	0,053	0,009
FDN <sup>a</sup>	267,6	270,0	305,2	283,1	251,0	16,1	0,616	0,016
FDNi <sup>a</sup>	148,9	163,3	156,2	146,3	128,0	60,0	0,016	0,018
CNF <sup>a</sup>	454,2	542,4	605,4	547,2	507,4	21,7	0,132	<0,001
NDT <sup>a</sup>	719,0	819,8	925,0	826,9	760,2	30,9	0,379	<0,001
Máximo	Consumo <sup>a</sup>		Nível (g/kg)			Equação		
MS <sup>a</sup>	1163		433,4			$y = 915,64 + 1,1415x - 0,0132x^2$		
MO <sup>a</sup>	1083		402,8			$y = 871,04 + 1,0514x - 0,0130x^2$		
PB <sup>a</sup>	179,8		434,2			$y = 140,58 + 0,1806x - 0,0021x^2$		
FDN <sup>a</sup>	325,0		338,9			$y = 261,74 + 0,1867x - 0,0028x^2$		
CNF <sup>a</sup>	586,3		397,1			$y = 455,15 + 0,6607x - 0,0083x^2$		
FDNi <sup>a</sup>	160,0		248,5			$y = 150,63 + 0,0736x - 0,0015x^2$		
NDT <sup>a</sup>	888,0		380,9			$y = 715,30 + 0,9074x - 0,0119x^2$		

<sup>a</sup>g d<sup>-1</sup>, EPM erro padrão da média, L efeito linear, Q efeito quadrático

Não houve efeito dos níveis de substituição sobre a digestibilidade da MS e dos nutrientes ( $P>0,05$ ) (Tabela 4).

**Tabela 4** Digestibilidade dos nutrientes

Item	Substituição (g/kg)					EPM	<i>P-valor</i>	
	0	180	360	540	720		L	Q
MS <sup>a</sup>	789,3	763,4	789,1	763,4	755,8	1,365	0,146	0,775
MO <sup>a</sup>	805,3	780,4	814,6	791,9	786,8	1,151	0,496	0,700
PB <sup>a</sup>	871,9	851,0	867,6	849,0	845,1	0,837	0,058	0,969
FDN <sup>a</sup>	548,8	478,4	551,7	539,5	554,9	2,998	0,468	0,446
CNF <sup>a</sup>	940,8	927,2	931,28	915,6	903,2	1,148	0,340	0,696

<sup>a</sup>g/kg, EPM erro padrão da média, L efeito linear, Q efeito quadrático

O tempo de ruminação diminuiu, enquanto que o tempo despendido com ócio e as eficiências de ruminação aumentaram linearmente com a substituição da cana-de-açúcar pela palma miúda. Não houve efeito para o tempo e para as eficiências de alimentação em função da substituição (Tabela 5).

**Tabela 5** Comportamento ingestivo

Item	Substituição (g/kg)					EPM	<i>P-valor</i>	
	0	180	360	540	720		L	Q
Tempo gasto (h/d <sup>1</sup> )								
Alimentação	3,23	3,30	3,10	3,03	3,33	0,32	0,946	0,624
Ruminação <sup>a</sup>	8,30	8,47	7,97	6,17	4,80	0,43	0,001	0,180
Ócio <sup>b</sup>	12,47	12,23	12,93	14,80	15,87	0,57	0,001	0,103
Eficiência alimentação (g/h)								
		336,5	402,8	390,9				
MS	302,57	8	7	6	368,99	30,97	0,180	0,127
			106,3	107,0		11,81		
FDN	93,35	96,65	5	5	98,44		0,592	0,472
Eficiência de ruminação (g/h)								
		131,0	157,2	186,1		13,93		
MS <sup>c</sup>	109,30	8	2	6	238,03		0,001	0,250
FDN <sup>d</sup>	33,42	38,29	42,76	50,35	58,37	4,80	0,001	0,603

<sup>a</sup> $\hat{Y}=9,002-0,00517x$ , <sup>b</sup> $\hat{Y}=11,786+0,00521x$ , <sup>c</sup> $\hat{Y}=101,85+0,17365x$ , <sup>d</sup> $\hat{Y}=32,249+0,03441x$ , EPM erro padrão da média, L efeito linear, Q efeito quadrático

O nitrogênio consumido, fecal e o balanço de nitrogênio apresentaram comportamento quadrático ( $P<0,05$ ). O nitrogênio urinário e nitrogênio ureico no

plasma (NUP) aumentaram linearmente ( $P < 0,05$ ). O nitrogênio ureico na urina (NUU) e a síntese (SPMIC) e eficiência de síntese (EPMIC) de proteína microbiana não foram alterados com a substituição ( $P > 0,05$ ) (Tabela 6).

**Tabela 6** Balanço de nitrogênio, nitrogênio ureico no plasma e na urina, síntese e eficiência de proteína microbiana e equações de regressão

Item	Substituição (g/kg)					EPM	<i>P-valor</i>		
	0	180	360	540	720		L	Q	
Nitrogênio consumido <sup>a</sup>	22,3	7	26,32	30,20	26,55	26,72	1,65	0,051	0,009
Nitrogênio fecal <sup>a</sup>	2,87	3,91	3,99	3,98	4,12		0,19	<0,001	0,025
Nitrogênio urinário <sup>ad</sup>	11,7	5	9,39	12,76	13,74	17,30	1,42	0,005	0,101
Balanço de nitrogênio <sup>a</sup>	7,75	13,02	13,44	8,82	5,29		2,05	0,073	1
NUP <sup>be</sup>	16,9	8	17,26	17,22	20,31	20,19	2,48	0,039	0,465
NUU <sup>b</sup>	21,4	3	20,66	22,63	27,47	24,29	1,83	0,051	0,779
SPMIC <sup>a</sup>	43,1	9	49,01	40,08	44,98	40,47	4,26	0,495	0,676
EPMIC <sup>c</sup>	59,9	1	58,19	43,93	56,82	53,55	5,12	0,402	0,234
Máximo	(g/d <sup>-1</sup> )	Nível (g/kg)		Equação					
Nitrogênio consumido	28,79	425,9		$y=22,447+0,0298x-0,00035x^2$					
Nitrogênio fecal	4,25	531,3		$y=2,9873+0,0045x-0,00004x^2$					
Balanço de nitrogênio	13,19	310,7		$y=8,1696+0,0323x-0,00052x^2$					

<sup>a</sup>g/d<sup>-1</sup>, <sup>b</sup>mg/dL, <sup>c</sup>g/kg de NDT, <sup>d</sup> $\bar{Y}=9,918+0,00843x$ , <sup>e</sup> $\bar{Y}=16,478+0,00526x$ , EPM erro padrão da média, L efeito linear, Q efeito quadrático

O consumo P e Na apresentaram comportamento quadrático ( $P < 0,05$ ). O consumo de Ca, Mg e K aumentaram linearmente. A concentração de minerais no plasma aumentou linearmente, com exceção da concentração de Ca que não alterou com a substituição da cana-de-açúcar pela palma miúda (Tabela 7).

Observou-se aumento linear para todos os parâmetros ligados aos consumos e excreções de água ( $P < 0,05$ ), exceto para o consumo de água voluntária, que apresentou

comportamento quadrático com a substituição da cana-de-açúcar pela palma miúda

(Tabela 8)

Item	Substituição (g/kg)					EPM	<i>P</i> -valor	
	0	180	360	540	720		L	Q
Consumo (g d <sup>-1</sup> )								
Mg <sup>a</sup>	1,87	3,10	4,34	4,82	5,61	0,19	<0,001	0,137
Ca <sup>b</sup>	3,41	8,99	15,17	18,73	23,34	0,78	<0,001	0,144
P	2,94	3,66	4,34	4,14	4,28	0,14	<0,001	0,003
Na	3,73	4,45	5,15	4,47	4,75	0,16	<0,001	<0,001
K <sup>c</sup>	8,55	13,16	17,72	19,10	21,79	0,72	<0,001	0,223
Concentração plasmática (mg/dL)								
Mg <sup>d</sup>	2,60	2,86	2,92	2,97	3,03	0,11	0,019	0,354
Ca	9,60	9,39	9,21	9,77	9,60	0,25	0,646	0,392
P <sup>e</sup>	5,90	6,50	6,90	6,75	6,96	0,29	0,026	0,251
Na <sup>f</sup>	362	364	359	370	376	1,75	0,019	0,125
K <sup>g</sup>	10,9	14,7	13,8	20,9	20,5	0,54	0,002	0,949
Máximo	Consumo (gd-1)		Nível(g/kg)		Equação			
P	4,20		500,0		$y=2,9512+0,005x-0,00005x^2$			
Na	4,91		440,8		$y=3,7403+0,00529x-0,00006x^2$			

**Tabela 7** Consumo e concentração plasmática de minerais e equações de regressão

<sup>a</sup> Ld<sup>-1</sup>, <sup>b</sup> $\hat{Y}=1,7044+0,00424x$ , <sup>c</sup> $\hat{Y}=0,11+0,00633x$ , <sup>d</sup> $\hat{Y}=2,9976+0,00292x$ , <sup>e</sup> $\hat{Y}=0,4551+0,00038x$ , <sup>f</sup> $\hat{Y}=1,3832+0,00112x$ , L efeito linear, Q efeito quadrático, EPM erro padrão da média

**Tabela 8** Consumo e excreção de água e equações de regressão

	Substituição (g/kg)					EPM	<i>P</i> -valor	
	0	180	360	540	720		L	Q
Consumo de água								
Via alimento <sup>ab</sup>	1,476	2,668	3,405	3,964	4,648	0,187	<0,001	0,106
Via palma miúda <sup>ac</sup>	0,000	1,387	2,405	3,529	4,629	0,185	<0,001	0,512
Voluntário <sup>a</sup>	1,605	0,768	0,670	0,487	0,557	0,152	<0,001	0,011
Total <sup>ad</sup>	3,081	3,437	4,076	4,450	5,205	0,242	<0,001	0,557
Excreção de água								
Via fezes <sup>ae</sup>	0,466	0,490	0,564	0,765	0,667	0,059	0,003	0,691
Via urina <sup>af</sup>	1,456	1,664	1,615	1,802	2,396	0,141	<0,001	0,584

Mínimo	Consumo	Nível(g/kg)	Equação
Voluntário	0,5049	508,75	$y=1,5402-0,0041x+0,00004x^2$

<sup>a</sup> $\hat{Y}=2,1096+0,0051x$ , <sup>b</sup> $\hat{Y}=4,007+0,02756x$ , <sup>c</sup> $\hat{Y}=9,5804+0,01801x$ , <sup>d</sup> $\hat{Y}=2,682+0,00054x$ ,  
<sup>e</sup> $\hat{Y}=6,128+0,00132x$ , <sup>f</sup> $\hat{Y}=3,218+0,623x$ , <sup>g</sup> $\hat{Y}=11,084+0,01412x$ , EPM Erro padrão da  
média, L efeito linear, Q efeito quadrático

## DISCUSSÃO

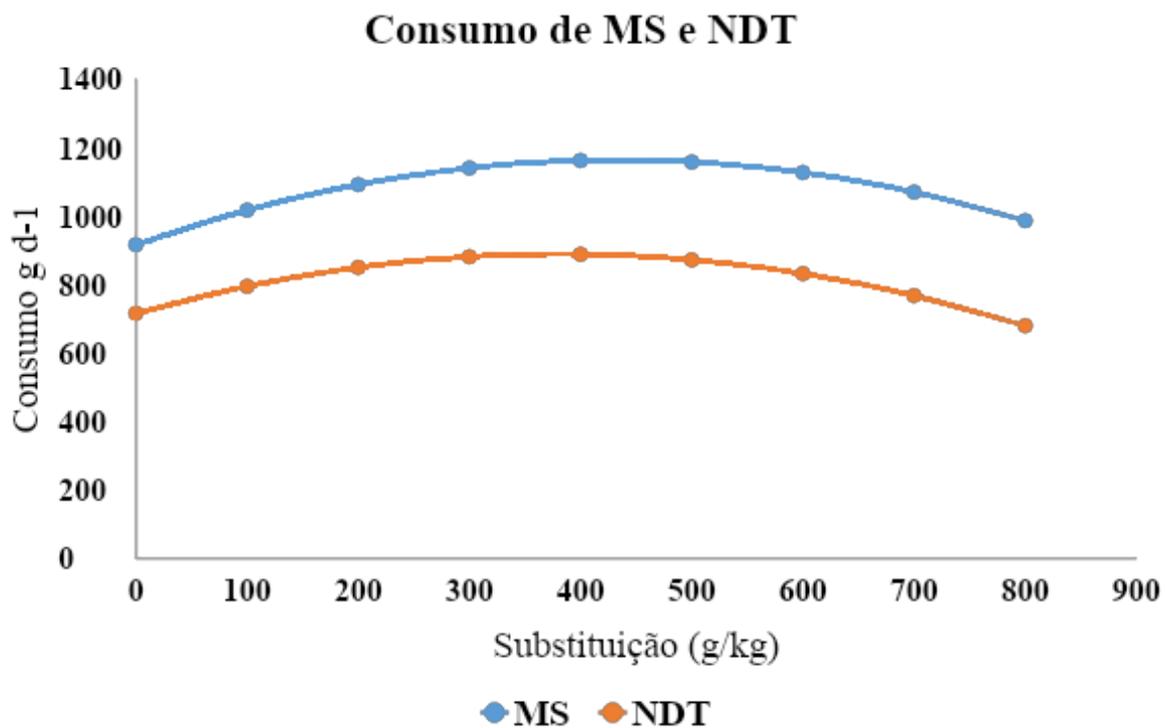
O aumento no consumo de MS observado até 433,4 g/kg de substituição da cana-de-açúcar por palma miúda se deve principalmente à redução dos teores de FDN (325,1 para 263,8 kg na MS) na dieta total (Tabela 2). Outro fator que pode ter contribuído para o aumento do consumo de MS é o menor teor de FDNi da palma miúda quando comparado à cana-de-açúcar (Tabela 1). Normalmente, dietas com maiores teores de FDNi estão relacionadas a um menor consumo de MS e o mesmo de forma contrária (Gadeken e Casper 2017). Como também a boa aceitabilidade da palma miúda pode ter favorecido o maior consumo de MS.

Os consumos de PB, MO, FDN e FDNi seguiram o mesmo comportamento observado para o consumo de MS (Tabela 3). No entanto, após o consumo máximo de FDN e FDNi, ocorreu uma diminuição desses nutrientes na dieta provavelmente em virtude da baixa concentração de FDN ocasionado pelo aumento dos teores de palma miúda nas dietas.

Foi verificado que o consumo máximo de NDT e CNF (380,9 e 397,1g/kg), foi estimado em um ponto anterior ao consumo de MS (433,4 g/kg) (Tabela 3). Isso pode ter ocorrido porque a palma miúda e a cana-de-açúcar tem alto teor de energia e a palma miúda apresenta baixo teor de fibra, fazendo com que a ingestão seja controlada por

efeito fisiológico, sendo alcançado o requerimento energético antes mesmo do animal obter o nível máximo de consumo MS.

A partir das equações de consumo, foram estimados os consumos de MS e NDT em diferentes níveis de substituição, a intervalos menores (Figura 1). Observou-se que entre o nível 300 e 500 g/kg de substituição, o consumo de MS e NDT foram praticamente constantes, mostrando que o consumo MS foi influenciado no primeiro momento pelo consumo de energia e logo depois, por outro fator, provavelmente físico.



**Fig. 1** Consumo de matéria seca (MS) e de nutrientes digestivos totais (NDT)

O consumo de MS pode ter declinado pelo fator físico devido ao alto teor de água da palma miúda, que provavelmente pode ter ocasionado o enchimento do rúmen.

Quando o teor de água na dieta exerce 75 a 80%, o consumo de MS é reduzido (Arnold 1962). Estabelecendo-se uma relação entre a umidade das dietas e o consumo de matéria seca, verificou-se comportamento quadrático ( $Y = 8736,8 + 268,78x - 1,8258y^2$ ,  $P < 0,001$ ), com consumo máximo de 1155,12 g d<sup>-1</sup>, observado com 73,6% de umidade. Esse valor ficou muito próximo daquele verificado em função dos níveis de substituição (1163 g d<sup>-1</sup>).

A digestibilidade da MS e dos nutrientes não foi alterada (Tabela 4) certamente devido à similaridade do CNF das dietas (Tabela 2), componente altamente digestivo, associado a lenta digestibilidade da FDN da palma miúda (Monteiro et al. 2018) e da cana-de-açúcar (Siqueira et al. 2012).

A redução observada no tempo de ruminação (Tabela 5) pode ser explicada pela substituição de um alimento rico em fibra fisicamente efetiva como a cana-de-açúcar, por outro com baixo teor de fibra (palma miúda), o que pode ter ocasionado a redução no consumo de FDN após o nível de 338,9 g/kg (Tabela 3), afetando o tempo de ruminação.

O maior tempo em ócio foi influenciado pelo menor tempo de ruminação (Tabela 5) e o menor tempo de ruminação foi influenciado pela dieta e proporcional a quantidade de fibra do alimento volumoso, logo, a redução da FDN nas dietas diminuiu o tempo de ruminação (Tabela 2).

A medida que os níveis de palma miúda foram aumentando nas dietas, os animais foram mais eficientes na ruminação de MS e FDN em consequência da diminuição da FDN (tabela 2) na dieta.

Quando o nível de palma miúda se elevou, o nitrogênio consumido diminuiu após o nível de 425,9 g/kg, o que é uma consequência do efeito quadrático da ingestão de MS e PB (Tabela 3), causando influência sobre as excreções de nitrogênio fecal e urinário.

Esses fatores de consumo e excreção de nitrogênio possivelmente determinaram valor máximo observado para o balanço de nitrogênio, estimado em 310,7g/kg de substituição.

O nitrogênio urinário e fecal estão diretamente relacionados ao consumo de nitrogênio e a concentração de NUP do animal (Kume et al. 2008; Gregorini et al. 2016). Sendo o nitrogênio urinário mais suscetível a perdas do que o nitrogênio fecal (Selbie et al. 2015), justifica-se as maiores perdas via urina (Tabela 6). Ainda, a ingestão de K e a concentração de NUP aumentam o volume urinário e em consequência, o nitrogênio via urina (Kume et al. 2008).

Como houve aumento na ingestão de MS e de nutrientes, com a inclusão da palma miúda na dieta, ocorreu conseqüentemente aumento do consumo e balanço de nitrogênio até o nível de 425,9 e 310,7 g/kg de substituição respectivamente. A elevada quantidade de energia que a palma miúda fornece, pode ter favorecido o maior balanço de nitrogênio, devido a sincronização de energia e proteína.

O aumento de NUP pode estar relacionado ao aumento do consumo de PB até o nível de 434,2 g/kg de substituição. A amônia em excesso no rúmen é absorvida e transformada em ureia no fígado, sendo uma parte reciclada e outra excretada na urina (Kozloski 2016).

A sincronização entre a disponibilidade de energia fermentável e o nitrogênio degradável no rúmen favorecem o aumento do crescimento microbiano (Alves et al. 2010). A palma miúda e a cana-de-açúcar, por sua vez, são ricas em CNF (Tabela 1), o que favorece a substituição de um alimento pelo outro compensando e mantendo o nível de energia das dietas. E provavelmente foi devido à sincronização de energia e proteína nas dietas (Tabela 2), que a eficiência e síntese de proteína microbiana não alteraram.

O aumento nas proporções de Mg, P, K e Na nas dietas (Tabela 2) e o consumo de MS, contribuíram para o aumento do consumo desses minerais (Tabela 7), esses valores foram superiores as exigências desses minerais para ovinos (NRC 2007). Não ultrapassando os níveis tóxicos de 0,6; 0,6; 20 e 4% para Mg, P, K e Na respectivamente (NRC 2005).

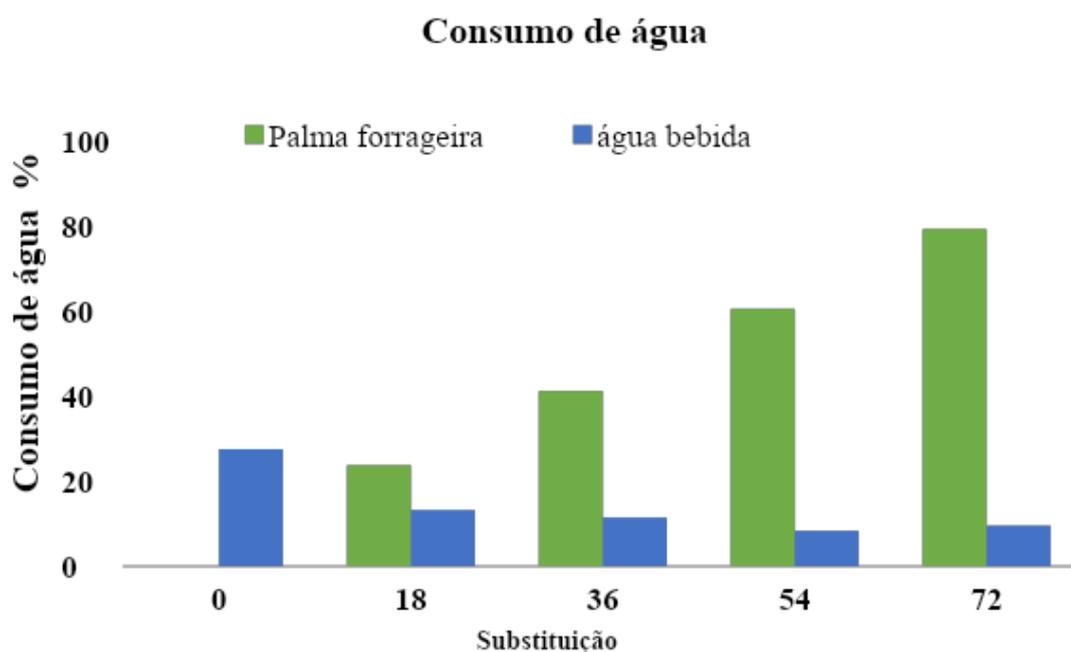
O aumento do consumo de Ca está relacionado as altas concentrações desse mineral na palma miúda. Entretanto, a elevada concentração de oxalato nesta cactácea, pode reduzir a disponibilidade do Ca (McDowell 1992) e reações hormonais podem ter mantido os níveis no plasma dentro das variações esperadas de 9-12 mg/dL (Suttle 2010). A relação Ca:P nas dietas (Tabela 2) variou entre 1,2:1 e 5,5:1. Estes resultados estão próximos ao preconizado de 1:1 e 7:1 (Wise et al. 1963).

Os níveis plasmáticos de Mg, P, K e Na aumentaram com o aumento no consumo de minerais (Tabela 7). O nível de Mg, K e P ficaram dentro dos limites considerados normais, 1,8 a 3,2; 13,6 a 22,6 e 5,0 a 7,3 mg/dL no plasma, respectivamente (McDowell 2003; Kaneko et al. 2008). Porém, as dietas que continham somente cana-de-açúcar, o K ficou abaixo de 13,6 mg/dL. Isso pode ter ocorrido devido à cana-de-açúcar apresentar baixo nível de K (Tabela 1). O Na excedeu o limite descrito na literatura 319,5 a 349,4 mg/dL no plasma (NRC 2007). No entanto, quando há um estado de saturação de minerais no organismo animal, o metabolismo desencadeia mecanismos para sua excreção.

O aumento no consumo de água via alimento foi proporcionado em sua maior parte pelo alto teor de umidade da palma miúda(Figura 2), mostrando que essa forrageira é uma fonte muito importante para o atendimento das exigências de água do animal, principalmente em locais onde há pouca disponibilidade, como a região semiárida, onde a palma miúda apresenta bom desenvolvimento.

**Fig. 2** Proporção entre o consumo via palma miúda e água bebida em relação a água consumida

O consumo de água bebida mínima foi de 0,500L, estimado em 508,8g/kg de



substituição da cana-de-açúcar por palma forrageira. Dessa forma, a quantidade de água que a palma forrageira fornece, reduz a ingestão de água bebida pelos animais (Figura 2).

A redução no consumo de MS implica em menor necessidade de ingestão de água (NRC 2007). No entanto, destaca-se que, mesmo os animais chegando ao limite de

consumo de MS em 433,4 g/kg de substituição (Tabela 3) e a palma miúda e a cana-de-açúcar terem fornecido água suficiente para atender as exigências dos animais, ainda assim, os animais continuaram ingerindo água bebida, constatando que não é somente o consumo de MS ou energia que determinam a ingestão de água, mais outros fatores, como os minerais presente na dieta e o clima da região.

O excesso de água fornecido pela palma forrageira é comumente correlacionado com o aumento da excreção de água via fezes e urina (Tabela 8), necessária para que se mantenha a homeostase no organismo do animal (Reece 2004).

Recomenda-se para maximizar o consumo de energia, a substituição em até 380,9 g/kg da cana-de-açúcar por palma forrageira na alimentação de ovinos.

#### **CONFORMIDADE COM PADRÕES ÉTICOS:**

Este estudo foi conduzido em estrita conformidade com a legislação brasileira de pesquisa e experimentação com animais e foi aprovado pelo Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizada em Recife, PE, Brasil (nº 069 / 2016).

#### **REFERÊNCIAS**

- Association of Official Analytical Chemists - AOAC,. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC, 15th ed. Arlington, VA, USA.
- Alves, E.M., Pedreira, M.S., Carlos Alberto Santana de Oliveira, C.A.S., Diego Nobre Ferreira, D.N., Moreira, B.S., Freire, L.D.R., 2010. Importância da sincronização do complexo proteína/energia na alimentação de ruminantes. Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia, Londrina, V. 4, N. 20, Ed. 125, Art. 845.
- Araújo, G.G.L. 2015. The impacts of climate change on water resources and livestock production in semi-arid regions. Revista Brasileira de Geografia Física, 08, 598–609.
- Arnold, G.W. 1962. Effects of pasture maturity on the diet of sheep. Australian Journal of Agricultural Research, 13, 701.
- Bürger, P.J., Pereira, J.C., Queiroz, A.C., Silva, J.F.C., Valadares Filho, S.C., Cecon, P.R. and Casali, A.D.P., 2000. Ingestive behavior in Holstein calves fed diets with different concentrate levels, Brazilian Journal Animal Science, 29, 236–242.

- Chen, P.S., Toribara, T.Y. and Warner, H. 1956. Microdetermination of Phosphorus Analytical Chemistry, 28, 1756–1758.
- Chen, X.B., Chen, Y.K., Franklin, M.F., Orskov, E.R. and Shand, W.J. 1992. The effect of feed intake and body weight on purine derivative excretion and microbial protein supply in sheep. *Journal of animal science*, 70, 1534–1542.
- Chen, X.B., Ørskov, E.R. and Hovell, F.D.D. 1990. Excretion of purine derivatives by ruminants: endogenous excretion, differences between cattle and sheep *British Journal of Nutrition*, 63, 121–129.
- Detmann, E., Souza, M.A., Valadares Filho, S.C., Queiroz, A.C., Berchielli, T.T., Saliba, E.O.S., Cabral, L.S., Pina, D.S., Ladeira, M.M., and Azevedo, J.A.G. 2012. *Methods for food analysis*. (Eds). National Institute of Science and Technology of Animal Science. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 214.
- Detmann, E. and Valadares Filho, S.C. 2010. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 62, 980–984.
- Donato, P.R.D., Silva, J.A.D., Donato, S.L.R., Rodrigues, M.G. V and Peixoto, A.M. 2017. Technical, production and economic indices for fodder palm cultivation. *Agriculture and Livestock Report*, 38, 97– 106.
- Ferreira, M. de A. 2005. *Forage Palm in Dairy Cattle Feeding In: I. U. UFRPE (ed), (Recife)*, 68
- Gadenken, D. and Casper, D. 2017. Evaluation of a high forage total mixed ration on the lactational performance of late lactation dairy cows. *Translational Animal Science*, 1, 108–115.
- Gregorini, P., Beukes, P.C., Dalley, D. and Romera, A.J. 2016. Screening for diets that reduce urinary nitrogen excretion and methane emissions while maintaining or increasing production by dairy cows. *Science of the Total Environment*, 551–552, 32–41.
- Kaneko, J., Harvey, J.J. and Bruss, M.L. 2008. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals Clinical Biochemistry of Domestic Animals*.
- Kozloski, G. V., 2016. *Bioquímica dos ruminantes*, 3rd ed. ufsm (ed), (Santa Maria).
- Köppen, W. and Geiger, R. 1928. *Klimate der Erde*. Gotha:Verlag Justus Perthes.
- Krizsan, S. J. and Huhtanen, P. 2013. Effect of diet composition and incubation time on feed indigestible neutral detergent fiber concentration in dairy cows. *American Dairy Science Association*, 96, 1715-1726.
- Kume, S., Nonaka, K., Oshita, T., Kozakai, T. and Hirooka, H. 2008. Effects of urinary excretion of nitrogen, potassium and sodium on urine volume in dairy cows *Livestock Science*, 115, 28–33.
- Licitra, G., Hernandez, T.M., and Van Soest, P.J., 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds, *Animal Feed Science and Technology*, 57, 347–358.
- Marengo, J.A., Torres, R.R. and Alves, L.M. 2016. Drought in Northeast Brazil-past, present, and future. *Theoretical and Applied Climatology*, 129, 1189–1200.
- Martin, P. and Bateson, P. 2007. *Measuring Behaviour: An Introductory Guide*, 3rd ed. (Cambridge).
- McDowell, L.R. 1992. *Minerals in Animal and Human Nutrition*, Academic Press (ed), (New York)
- McDowell, L.R. and McDowell, L.R. 2003. Chapter 5 – Magnesium Minerals in *Animal and Human Nutrition*, 151–178.
- Mertens, D.R., 2002. Gravimetric determination of amylase treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles:

- collaborativestudy. *Journal of AOAC International*, 85, 1217–1240.
- Monteiro, C.C.F., Ferreira, M.A., Veras, A.S.C., Guido, S.I., Almeida, M.P., Silva, R.C. and Inacio, J.G. 2018. A new cactus variety for dairy cows in areas infested with *dactylopius opuntiae*. *Animal Production Science*, 59, 479–485.
- Mineral Tolerance of Animals-NRC: Second Revised Edition, 2005. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council-NRC. 2007. *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Reece, W.O. 2004. *Dukes' physiology of domestic animals*, 12th ed. Cornell University Press (ed), (Ithaca).
- Reis Filho, R.J.C. dos R. and Oliveira, F.Z. 2014. Opções de produção de alimentos para a pecuária de Pernambuco - Use of irrigated areas Permanent forum of productive coexistence with droughts. [http://www.sebrae.com.br/Sebrae/PortalSebrae/UFs/PE/Anexos/fórum permanente de convivência produtiva com as secas 2.pdf](http://www.sebrae.com.br/Sebrae/PortalSebrae/UFs/PE/Anexos/fórum%20permanente%20de%20conviv%C3%ancia%20produtiva%20com%20as%20secas%20.pdf)
- Salem, H. B. 2010. Nutritional management to improve sheep and goat performances in semiarid regions. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 337–347.
- Selbie, D.R., Buckthought, L.E. and Shepherd, M.A. 2015. The Challenge of the Urine Patch for Managing Nitrogen in Grazed Pasture Systems, 129, 229-292.
- Siqueira, G.R., Roth, M. de T.P., Moretti, M.H., Benatti, J.M.B. and Rwsende, F.D. 2012. Use of sugar cane in ruminant feed. *Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 13, 991–1008.
- Suttle, N.F. 2010. *Mineral Nutrition of Livestock*, 4th Edition.
- Valente, T.N.P. Detmann, E. Queiroz, A.C. Valadares Filho, S. de C. Gomes, D.I., Figueiras, J.F. 2011. Evaluation of ruminal degradation profiles of forages using bags made from different textiles. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 666–675.
- Weiss, W.P., Conrad, H.R., and St. Pierre, N.R. 1992. A theoretically based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. *Animal Feed Science and Technology*, 39, 95– 110.
- Wise, M.B., Ordoveza, A.L., Barrick, E.R. 1963. Influence of variations in dietary calcium:phosphorus ratio on performance and blood constituents of calves. *Journal of Nutrition*, 79, 79-84.