



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM SAÚDE E PRODUÇÃO ANIMAL NA
AMAZÔNIA**

ERNESTINA RIBEIRO DOS SANTOS NETA

**UTILIZAÇÃO DE SUBPRODUTOS PARA ALIMENTAÇÃO DE OVINOS NA
REGIÃO AMAZÔNICA**

BELÉM

2017

ERNESTINA RIBEIRO DOS SANTOS NETA

**UTILIZAÇÃO DE SUBPRODUTOS PARA ALIMENTAÇÃO DE OVINOS NA
REGIÃO AMAZÔNICA**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do curso de doutorado em Saúde e Produção Animal na Amazônia, área de concentração: Produção Animal, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora.

Orientadora: Prof.^a Dra. Kaliandra Souza Alves

BELÉM

2017

Santos Neta, Ernestina Ribeiro dos

Utilização de subprodutos para alimentação de ovinos na Região Amazônica./ Ernestina Ribeiro dos Santos Neta - Belém, 2017.

105f.:il.

Tese (Doutorado em Saúde e Produção Animal na Amazônia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2017.

1. Amazônia 2. Alimentos alternativos 3. Comportamento 4. Digestibilidade 5. Produção microbiana I. Título

CDD –636.3098115

ERNESTINA RIBEIRO DOS SANTOS NETA

**UTILIZAÇÃO DE SUBPRODUTOS PARA ALIMENTAÇÃO DE OVINOS NA
REGIÃO AMAZÔNICA**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia como parte das exigências do curso de doutorado em Saúde e Produção Animal na Amazônia, área de concentração: Produção Animal, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora.
Orientadora: Prof^ª. Dra. Kaliandra Souza Alves

Aprovado em ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Dra. Kaliandra Souza Alves - Orientadora
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

Dra. Fabrícia Rocha Chaves Miotto – 1º Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS

Dr. José Neuman Miranda Neiva – 2º Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS

Dr. Aníbal Coutinho do Rêgo – 3º Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

Dra. Daiany Íris Gomes – 4º Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

AGRADECIMENTOS

Ao bom **Deus**, pela sua misericórdia e fidelidade sempre presentes.

Aos meus pais, **Vitor Romão de Sousa** e **Emiliana Ribeiro de Sousa** (*in memorian*), que sempre me deram segurança para sonhar e apoio necessário para realizar os meus sonhos.

Amo vocês.

Ao meu esposo, **Orlando Ferreira Ramos**, meu combustível, companheiro das noites no experimento, dos finais de semana no laboratório, das madrugadas de incentivo. Eis o meu bom José. Te agradeço também pela nossa **Ana Catarina** (*in memorian*) e pela nossa “**sementinha**”.

À minha grande **família**, o céu na terra, meus irmãos Francisco, Maria Vilma, Eunice, Milton, José Wilson, Francivaldo, Maria Nilva e José Ribamar, que em muitos momentos da vida foram pais e mães para mim. São a minha essência, junto com suas esposas, esposos e filhos são lugar de amor e felicidade.

À professora **Kaliandra Souza Alves**, minha querida orientadora, por sua generosidade em transmitir conhecimento, dedicação nas correções dos artigos, pelo entusiasmo cotidiano e por se doar com amor naquilo que se propõe. Modelo de profissional. Como amiga, há tanto para agradecer que não caberia numa folha, então a agradeço simplesmente pela amizade sincera e sempre presente. Você é um presente de Deus!

Ao **Luis Rennan Sampaio Oliveira**, co-orientador e amigo pela realização das fistulas nos animais, por todas às vezes que se fez presente, mesmo nos finais de semana e sempre com o mesmo bom humor. Você tem minha eterna gratidão!

Ao **Rafael Mezzomo**, co-orientador e amigo, sempre pronto a ajudar qualquer momento necessário seja pela internet, pelo telefone ou pessoalmente, pelas incansáveis revisões dos artigos, por compartilhar conhecimento desde quando me inscrevi na seleção do doutorado. Te admiro pra caramba tchê!

À **Daiany Íris Gomes**, pela valiosa contribuição nos artigos, pelas palavras e ações incentivadoras, por me lembrar sempre de que o doutorado não precisa ser um caminhão de açúcar nas costas. Obrigada pela amizade!

Ao professor **Luiz Fernando de Souza Rodrigues** que inicialmente se colocou à disposição para me orientar.

A todos do grupo de oração **Obra Nova**, em nome da Graciete e da Rita da Cássia, pela fé e orações sempre presentes.

À **Janaina Barros Luz**, por ajudar cuidar dos animais como se fossem “bebês”, pelas noites de comportamento e por toda colaboração, te agradeço.

À **Luciana Maria de Oliveira**, que sempre me recebeu em sua casa com tanto carinho todas às vezes que fui fazer disciplinas, sempre com a mesma atenção, mesmo quando eu chegava de madrugada. Sua amizade é preciosa!

Aos **amigos do coração**, Joana Patrícia, Aline Amorim, Raylon Maciel, Perlon Maia, Clezia, Wesley, Michele, Welington, Rafaela, Aduino e Elaine, pela torcida e palavras de incentivo sempre.

Aos alunos, bolsistas, estagiários, voluntários e colegas de pós graduação, Elizanne, Vanessa da Mata, **Hugo Netto** (Prof. me perdoa pelo amor de Deus), **Filipe Lemos, Rafael** (Prof. se Deus tocar no seu coração, amanhã trás pão de queijo), ao **Janderson e Alexandre** (os reis dos churrascos), a **Natália Lacerda** (tá mais perto do que longe), **Greicy, Gabriela, Kharina, Grazielle, ao Márcio Yure** (por todas as silagens), **Williâne Ferreira, Glenda Neves, Luana Kelly e Venucia Bourdon** (obrigada pelas noites e finais de semana comigo no laboratório). Vocês foram essenciais na realização deste trabalho, tornaram os momentos de sono e cansaço muito mais suaves e até divertido.

Aos colegas da **UFRA/Parauapebas**, especialmente ao Júnior, Luênia, Clodomir e Lucas por estarem sempre dispostos a colaborar.

À **Universidade Federal Rural da Amazônia**, Programa de Pós-Graduação em saúde e Produção Animal na Amazônia, pela oportunidade de realização do curso de doutorado.

À **Cooper**, pelo fornecimento dos subprodutos de abacaxi.

Finalmente, eu agradeço **aos mestres** que tive não somente no doutorado, mas durante toda a minha vida acadêmica, pessoas apaixonadas pela docência, outros pela pesquisa, extensão... Com certeza a dedicação de vocês me motivou a querer essa profissão também. A vocês a minha gratidão!

De coração sincero agradeço a cada um, que mesmo não participando diretamente deste trabalho, torceu, acreditou e rezou para que eu conseguisse realiza-lo.

DEDICO

Aos meus pais

Emiliana Ribeiro de Sousa (in memoriam) e Vitor Romão de Souza, pelos sacrifícios que vocês fizeram para que eu pudesse estudar.

Ao meu esposo

Orlando Ferreira Ramos, pelo companheirismo, dedicação e amor.

“Quem não tem uma meta facilmente se cansa”. É preciso saber para onde ir e ser persistente nessa direção.

Pe. Léo

LISTA DE TABELAS

CARACTERIZAÇÃO E DEGRADABILIDADE IN SITU DE SUBPRODUTOS DISPONÍVEIS NA REGIÃO AMAZÔNICA

Tabela 1 - Composição química (% MS) dos subprodutos disponíveis na região amazônica.....	22
Tabela 2 - Estimativa dos parâmetros de degradação e degradabilidade efetiva da matéria seca dos subprodutos disponíveis na região amazônica.....	24
Tabela 3 - Estimativa dos parâmetros de degradação da fibra em detergente neutro e degradabilidade efetiva dos subprodutos disponíveis na região amazônica.....	26
Tabela 4 - Agrupamento dos subprodutos considerando a FDN.....	28
Tabela 5 - Estimativa dos parâmetros de degradação da proteína bruta e degradabilidade efetiva dos subprodutos disponíveis na região amazônica.....	29
Tabela 6 - Agrupamento dos subprodutos considerando a proteína bruta.....	31

UTILIZAÇÃO DA TORTA DE BABAÇU E SILAGEM DE RESÍDUO DE ABACAXI EM DIETAS PARA OVINOS CONFINADOS

Tabela 1 - Composição química dos principais ingredientes das dietas experimentais.....	40
Tabela 2 - Proporção de ingredientes e composição química das dietas.....	41
Tabela 3 - Consumo de matéria seca e nutrientes em função da substituição do farelo de soja pela torta de babaçu, em dietas de ovinos contendo silagens de resíduo abacaxi ou capim elefante como volumosos.....	48
Tabela 4 - Digestibilidade da matéria seca e nutrientes em função da substituição do farelo de soja pela torta de babaçu, em dietas de ovinos contendo silagens de resíduo abacaxi ou capim elefante como volumosos.....	50
Tabela 5 - Balanço de compostos nitrogenados em função da substituição do farelo de soja pela torta de babaçu, em dietas de ovinos contendo silagens de resíduo abacaxi ou capim elefante como volumosos.....	52
Tabela 6 - Parâmetros ruminais em função da substituição do farelo de soja pela torta de babaçu, em dietas de ovinos contendo silagens de resíduo abacaxi ou capim elefante como volumosos.....	54

EFEITO DA TORTA DE BABAÇU E DA SILAGEM DE RESÍDUO DE ABACAXI SOBRE MICRORGANISMOS RUMINAIS E SEUS PRODUTOS DA FERMENTAÇÃO

Tabela 1 - Composição química dos principais ingredientes das dietas experimentais.....	70
Tabela 2 - Proporção de ingredientes e composição química das dietas.....	71
Tabela 3 - Derivados de purina e eficiência microbiana em função da substituição do farelo de soja pela torta de babaçu, em dietas de ovinos contendo silagens de resíduo abacaxi ou capim elefante como volumosos.....	75
Tabela 4 - Características de fermentação ruminal em função da substituição do farelo de soja pela torta de babaçu, em dietas de ovinos contendo silagens de resíduo abacaxi ou capim elefante como volumosos.....	77
Tabela 5 - Número e tipos de protozoários em função da substituição do farelo de soja pela torta de babaçu, em dietas de ovinos contendo silagens de resíduo abacaxi ou capim elefante como volumosos.....	78

COMPORTAMENTO DE CORDEIROS ALIMENTADOS COM TORTA DE BABAÇU EM SUBSTITUIÇÃO AO VOLUMOSO

Tabela 1 - Proporção, composição química e distribuição do tamanho de partícula das dietas.....	103
Tabela 2 - Dados meteorológicos obtidos nos dias de observação do comportamento.....	104
Tabela 3 - Comportamento de ovinos alimentados com diferentes níveis de torta de babaçu em substituição à silagem de capim elefante.....	105
Tabela 4 - Eficiências de alimentação e ruminação de ovinos alimentados com diferentes níveis de torta de babaçu em substituição à silagem de capim elefante.....	106

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGV	Ácidos graxos voláteis
BRD	Número de bolos ruminados por dia
CHOT	Carboidratos totais
CNF	Carboidratos não fibrosos
EALFDN	Eficiência de alimentação com base na 186 FDN consumida por hora
EALMS	Eficiência de alimentação com base na 184 matéria seca consumida por hora
ERUFDN	Eficiência de ruminação da FDN por hora
ERUMS	Eficiência de ruminação da MS por hora
ESPBmic	Eficiência de síntese de proteína microbiana
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
FDNi	Fibra em detergente neutro indigestível
ITGU	Índice de temperatura de globo e umidade
MMnb	Número de mastigações meréricas por bolo ruminal
MND	Número de mastigações meréricas por dia
MO	Matéria orgânica
MS	Matéria seca
NDT	Nutrientes digestíveis totais
NNP	Nitrogênio não proteico
NUS	Nitrogênio ureico no soro
NUU	Nitrogênio ureico na urina
PA	Purinas absorvidas
PB	Proteína bruta
PIDIN	Proteína insolúvel em detergente neutro
SCE	Silagem de capim elefante
TAL	Tempo gasto diariamente em alimentação
TMT	Tempo de mastigação total em horas por dia;
TRU	Tempo de ruminação
X – H	Xantina e hipoxantina

UTILIZAÇÃO DE SUBPRODUTOS DISPONÍVEIS NA REGIÃO AMAZÔNICA PARA ALIMENTAÇÃO DE OVINOS

RESUMO

A pesquisa com alimentos alternativos disponíveis regionalmente para alimentação de ruminantes é uma importante área da nutrição animal visando a diversificação das dietas e o barateamento dos custos de produção. Dessa forma, a tese foi conduzida na Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus de Parauapebas, Brasil, para verificar a possibilidade de uso de alimentos regionais adquiridos por um custo mais baixo do que os alimentos tradicionalmente utilizados e assim constituir um plano nutricional de baixo custo para os produtores. A pesquisa foi desenvolvida a partir de três experimentos para caracterizar subprodutos disponíveis na região amazônica e sua utilização sobre os parâmetros de degradação ruminal, consumo e digestibilidade de nutriente, fermentação ruminal e comportamento ingestivo de ovinos. O primeiro experimento foi conduzido para caracterizar e avaliar a degradabilidade *in situ* da matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e da proteína bruta (PB) dos subprodutos oriundos do dendê (torta, amêndoa e fibra de dendê), macaúba (torta de polpa e torta de amêndoa), açaí (caroço de açaí), babaçu (torta da amêndoa), abacaxi (casca, coroa e bagaço ensilado). Posteriormente, conduziu-se ensaio um experimento com dez ovinos fistulados no rúmen distribuídos em delineamento experimental composto por dois quadrados latinos simultâneos 5 x 5 (períodos x tratamentos) para avaliar o consumo e digestibilidade dos nutrientes, balanço de nitrogênio e parâmetros ruminais de ovinos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de inclusão (0; 26,66; 53,33 e 80%) de torta de babaçu onde o volumoso era composto por silagem de resíduo úmido de abacaxi e mais um tratamento com concentrado convencional e volumoso composto por silagem de capim elefante. A partir do segundo experimento gerou-se também o terceiro capítulo da presente tese avaliando-se a produção microbiana, eficiência de síntese produção microbiana, a concentração de ácidos graxos voláteis e quantificação e identificação de protozoários presentes no líquido ruminal. No terceiro experimento avaliou-se o comportamento de cordeiros alimentados com torta de babaçu em substituição à silagem de capim elefante em 45 cordeiros alojados em baias individuais com alimentação a vontade e distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos (0; 12,5; 25; 37,5 e 50% de inclusão de torta de babaçu) e nove repetições, em que todos os tratamentos obedeceram a relação volumoso concentrado 40:60. Com base na composição química e degradabilidade *in situ* dentre os ingredientes testados, a amêndoa de dendê, torta de polpa de macaúba e silagem

de resíduo de abacaxi apresentaram as melhores características de alimentos proteicos. Enquanto, a amêndoa de dendê, a torta de amêndoa de macaúba, a torta de babaçu e a silagem de resíduo de abacaxi apresentaram as melhores características de alimentos volumosos. Verificou-se também que a torta de babaçu pode substituir o farelo de soja em até 80% quando a fonte de volumoso for a silagem do resíduo úmido de abacaxi. A utilização de silagem de resíduo úmido de abacaxi melhora o consumo e digestibilidade de nutrientes, ingestão, retenção e absorção de nitrogênio, sem comprometer os parâmetros ruminais de ovinos e sem promover efeito sobre a eficiência de síntese de proteína microbiana, produção de AGV e contagem e identificação de protozoários ruminais. A torta de babaçu pode substituir a silagem de capim elefante em até 50%, sem alterar o tempo de alimentação e mastigação total, o que permite melhorar a eficiência de alimentação e ruminação.

Palavras-chave: Amazônia. Alimentos alternativos. Comportamento. Digestibilidade. Produção microbiana.

USE OF BY-PRODUCTS AVAILABLE IN THE AMAZON REGION FOR FEEDING SHEEP

ABSTRACT

The research on alternative food available regionally for ruminant feeding is an important area of animal nutrition aimed at diversifying diets and lowering production costs. Thus, the thesis was developed at the Federal Rural University of the Amazon, Campus of Parauapebas, Brazil, to verify the possibility of using regional foods purchased at a lower cost than the traditional foods used and thus constitute a low cost nutritional plan for producers. The research was developed from three experiments, in order to characterize and test the *in situ* degradability of dry matter (DM), neutral detergent fiber (NDF) and crude protein (CP) of the by-products of African oil palm (cake, nut and fiber), macauba palm (pulp cake and nut cake), açai palm (açai seed), babassu (nut cake), pineapple (skin, crown and residue silage). The tests were performed with ten sheep fistulated in the rumen and distributed in experimental design composed of two 5x5 Latin squares (5 periods x 5 treatments) as to determine the consumption and digestibility of the nutrients, nitrogen balance and ruminal parameters fed with diets containing different contents (0; 26,66; 53,33 and 80%) of babassu cak, where the roughage was formed by pineapple residue silage with an additional treatment. We have also evaluated, in the third experiment, (applying the same delineation as for experiment 2), the

microbial production, efficiency at microbial production, the concentration of volatile fatty acids and qualification and identification of protozoa present in the ruminal liquid. In the fourth experiment, we evaluated the behavior of sheep fed with babassu cake as a replacement to elephant grass silage. The experiment was performed on 45 sheep allocated in individual bays with freely available food and distributed in fully randomized design with five treatments (inclusion of 0, 12.5, 25, 37.5 and 50% of babassu cake) and nine repetitions, where all treatments obeyed the roughage:concentrate ratio of 40:60. Based on the chemical composition and *in situ* degradability among the ingredients tested, the African oil palm nut, macauba pulp cake and pineapple residue silage presented the best characteristics of crude protein. On the other hand, the African oil palm nut, macauba nut cake and pineapple residue silage presented the best characteristics of roughage foods. We also verified that the babassu cake can replace the soybean meal in up to 80% when the roughage source is the pineapple residue silage. The use of pineapple residue silage improves the consumption and digestibility of nutrients, intake, retention and absorption of nitrogen, without compromising the ruminal parameters of sheep and without affecting the efficiency of the microbial protein synthesis, production and count of FVA and identification of ruminal protozoa. The babassu cake can replace the elephant grass silage in up to 50% without altering the total feeding and chewing time, which leads to an improvement in the efficiency of the feeding and rumination.

Keywords: Amazon. Alternative food. Behavior. Digestibility. Microbial production.

SUMÁRIO

	RESUMO.....	9
	ABSTRACT	10
1	CONTEXTUALIZAÇÃO.....	13
	REFERÊNCIAS.....	15
2	CARACTERIZAÇÃO E DEGRADABILIDADE <i>IN SITU</i> DE SUBPRODUTOS DISPONÍVEIS NA REGIÃO AMAZÔNICA.....	16
	RESUMO.....	16
	ABSTRACT.....	17
2.1	Introdução.....	18
2.2	Material e Métodos.....	19
2.3	Resultados e discussão.....	21
2.4	Conclusão.....	32
	REFERÊNCIAS.....	32
3	UTILIZAÇÃO DE TORTA DE BABAÇU E SILAGEM DE RESÍDUO DE ABACAXI EM DIETAS DE OVINOS CONFINADOS.....	34
	RESUMO.....	34
	ABSTRACT	35
3.1	Introdução.....	37
3.2	Material e Métodos.....	38
3.3	Resultados.....	46
3.4	Discussão.....	55
3.5	Conclusão.....	60
	REFERÊNCIAS.....	61
4	EFEITO DA TORTA DE BABAÇU E DA SILAGEM DE RESÍDUO DE ABACAXI SOBRE MICRORGANISMOS RUMINAIS E SEUS PRODUTOS DA FERMENTAÇÃO.....	66
	RESUMO.....	66
	ABSTRACT	67
4.1	Introdução.....	68
4.2	Material e Métodos.....	69
4.3	Resultados e discussão.....	74
4.4	Conclusão.....	80
4.5	REFERÊNCIAS.....	81
5	COMPORTAMENTO DE CORDEIROS ALIMENTADOS COM TORTA DE BABAÇU EM SUBSTITUIÇÃO AO VOLUMOSO.....	84
	RESUMO.....	84
	ABSTRACT	85
5.1	Introdução.....	86
5.2	Material e Métodos.....	87
5.3	Resultados.....	92
5.4	Discussão.....	94
5.5	Conclusão.....	99
	REFERÊNCIAS.....	99
	Tabelas.....	103
6	CONCLUSÕES GERAIS.....	107

CONTEXTUALIZAÇÃO

O Brasil possui um efetivo rebanho de ovinos de aproximadamente 17,6 milhões de cabeças, onde o Pará é responsável por cerca de 193 mil cabeças (IBGE, 2013). Embora, nos últimos anos tenha se verificado crescimento expressivo no efetivo e produção de ovinos nacional, o estado do Pará ainda é incipiente em atender a demanda do mercado consumidor, principalmente em épocas que culturalmente a procura por esta carne é maior. Dentre os fatores que podem ser apontados para este problema a escassez de alimentos em quantidade e especialmente em qualidade durante a época seca e alta mortalidade no período chuvoso podem os mais relevantes.

A produção de animais em confinamento, se manejado de forma correta, pode proporcionar vantagens, como maior controle sanitário, reprodutivo e nutricional, resultando assim em produtos com melhor qualidade em menor tempo (BARRETO et al. 2004). Entretanto, o atendimento das demandas nutricionais de animais sob confinamento eleva em até 70% os custos de produção. Por essa razão, nos últimos anos muitas pesquisas tem sido conduzidas para verificar a possibilidade de uso de alimentos regionais adquiridos por um custo mais baixo do que os alimentos tradicionalmente utilizados e assim constituir um plano nutricional de baixo custo aos produtores (LUZ et al. 2016; ELIYAHU et al. 2015; ABUBAKR, et al. 2013; HABIB et al. 2013).

A região Norte dispõe de diversos subprodutos oriundos de palmeiras cultivadas na região amazônica, por exemplo, o dendê (*Elaeis guineensis*), açaí (*Euterpe oleracea*, Mart.), macaúba (*Acrocomia aculeata* (Lacq)), babaçu (*Orbignya speciosa*, Mart.), e outros subprodutos como os do abacaxi (*Ananas Comosus*), os quais geram resíduos que são descartados, muitas vezes, em ambientes inapropriados.

Dentre estas culturas, merece destaque no Pará, o dendê, onde são produzidos anualmente cerca de 1.040.538 toneladas/ano, correspondendo a 83,45% da produção nacional (IBGE, 2013). Após o processamento da polpa para retirada do azeite de dendê, tem-se a fibra de dendê. E do processamento da amêndoa para retirada do óleo de palmiste resta a torta de dendê.

A palmeira *Eutrpe Oleracea* Mart conhecido com açazeiro é uma palmeira tropical nativa da Amazônia Brasileira, onde sua produção nacional de frutos de açaí atingiu 202 mil toneladas, em que o Pará é o maior produtor nacional de açaí, com aproximadamente 54,9% da produção brasileira (IBGE, 2013).

Após o processamento da polpa e da amêndoa de macaúba para retirada do óleo restam dois subprodutos principais a torta da polpa e a torta da amêndoa, que tem sido apontada como alternativa economicamente viável para ser utilizada na alimentação de ruminantes. Com ressalva aos valores verificados para os teores de extrato etéreo e fibra insolúvel (FONSECA et al. 2012; RUFINO et al. 2011). E por outro lado, a palmeira de babaçu (*Orbygnia speciosa*) produz amêndoas, que após o processamento por prensagem para retirada do óleo gera a torta de babaçu, um subproduto com alto teor de proteína e FDNcp (SÁ et al. 2014).

Outro produto que merece destaque por sua produção no Pará é o abacaxi, onde a produção anual chega a 320 milhões de frutos (IBGE 2013) o qual após processado para a fabricação de suco, resta os subprodutos bagaço, casca e coroa.

Considerando que os subprodutos geralmente possuem menores custos do que os ingredientes comumente utilizados em dietas de confinamentos torna-se interessante direcionar esforços para a elaboração de dietas que contenham somente subprodutos, ou maior proporção destes em sua composição e que sejam disponíveis regionalmente, como é o caso daqueles supracitados para a região Norte do Brasil, especialmente ao estado do Pará.

Neste contexto, busca-se a afirmação categórica quanto às composições químicas desses subprodutos, suas modificações no metabolismo, alterações na flora microbiana, consumo voluntário, parâmetros ruminais, aspectos comportamentais e demais alterações nos animais, pois não há esclarecimentos suficientes em todos os âmbitos que envolvem a nutrição de ruminantes a partir de dados gerados com experimentos que utilizaram dietas alternativas. Mesmo porque, os trabalhos que geraram a base de dados, continham animais ou categorias, bem como, subprodutos diferentes.

Diante do exposto, a pesquisa foi desenvolvida para caracterizar subprodutos para a alimentação de ovinos na região amazônica e sua utilização sobre os parâmetros de degradação ruminal, consumo e digestibilidade de nutriente, fermentação ruminal e comportamento ingestivo de ovinos.

REFERÊNCIAS

- ABUBAKR, A. R.; ALIMON, A. R.; YAAKUB, H.; ABDULLAH, N.; IVAN, M. Growth, nitrogen metabolism and carcass composition of goats fed palm oil by-products. **Small Ruminant Research**, v. 112, p. 91 – 96, 2013.
- BARRETO, C. M.; AZEVEDO, A. R.; SALES, R. O. et al. Desempenhos de ovinos em terminação alimentados com dietas contendo diferentes níveis de dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1858-2865, 2004.
- ELIYAHU, D.; YOSEF, E.; WEINBERGD, Z. G.; HEN, Y.; NIKBACHAT, M.; SOLOMON, R.; MABJEESH, S. J.; MIRON, J. Composition, preservation and digestibility by sheep of wetby-products from the food industry. **Animal Feed Science and Technology**, p. 1–9, 2015.
- FONSECA, M. P.; GERASEEV, L. C.; RUFINO, L. M. A.; GARCIA, I. F. F.; SOUZA, R. M.; COSTA NETO, P. P. Use of macaúba cake replacing corn on carcass characteristics and body measurements of Santa Inês lambs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p.1231-1235, 2012.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Sistema de Recuperação Automática (SIDRA). **Pesquisa Pecuária Municipal, 2013**. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 14 de novembro de 2016.
- HABIB, G.; KHAN, N. A.; ALI, M., BEZABIH, M. In situ ruminal crude protein degradability of by-products from cereals, oilseeds and animal origin. **Livestock Science**, v. 153, p. 81 – 87, 2013.
- LUZ, J. B.; ALVES, K. S.; MEZZOMO, R.; SANTOS NETA, E. R.; SAMPAIO, L. R. O.; SILVA, J. C.; CARVALHO, F. F. R. Carcass characteristics and meat quality of lambs fed babassu cake (*Orbignya speciosa*) as a replacement for elephant grass silage. **Tropical Animal Health and Production**. v. 48, p. 1-9, 2016.
- RUFINO, L. M. A.; BARRETO, S. M. P.; DUARTE, E. R.; LUCIANA, C. G.; SANTOS, A. C. R.; JARUCHE, Y. G. Efeitos da inclusão de torta de macaúba sobre a população de protozoários ruminais de caprino. **Revista Brasileira de zootecnia**, v.40, p.899-903, 2011.
- SÁ H. C. M., BORGES, I.; MACEDO JÚNIOR, G. L.; NEIVA, J. N. M.; SILVA, V. B.; SOUSA, J. T. L. Intake and ingestive behavior of rams fed with increasing inclusions of babassu endocarp meal I in their diet (*Orbignya* spp). **Ciência Rural**, v. 44, p. 2084-2089, 2014.

CARACTERIZAÇÃO E DEGRADABILIDADE *IN SITU* DE SUBPRODUTOS DISPONÍVEIS NA REGIÃO AMAZÔNICA

RESUMO

O experimento foi conduzido na Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil, para avaliar a composição química e a degradabilidade *in situ* da matéria seca (MS); fibra em detergente neutro (FDN) e da proteína bruta (PB) dos subprodutos oriundos do dendê (torta, amêndoa e fibra de dendê), macaúba (torta de polpa e torta de amêndoa), açaí (caroço de açaí), babaçu (torta da amêndoa) e abacaxi (casca, coroa e bagaço ensilado). A divergência do valor nutricional proteico e do valor nutricional energético, baseada em variáveis discriminatórias entre os grupos, foi estimada por meio de análise de agrupamento. Simultaneamente foi realizada análise descritiva da composição química dos ingredientes. Os níveis de proteína bruta dos subprodutos variaram de 4,79 a 25,66 % de MS, enquanto os níveis de FDN ficaram entre 42,06 a 79,48 (em porcentagem da MS). A degradabilidade efetiva da matéria seca, fibra em detergente neutro e proteína bruta dos diferentes subprodutos foram, respectivamente, de 35,93; 26,87 e 58,98 % para torta de dendê, 48,26; 34,32 e 76,38 % para amêndoa de dendê, 21,05; 6,58 e 50,28 % para fibra de dendê, 34,37; 15,00 e 52,81 % para a torta de polpa de macaúba, 50,20; 50,20 e 51,64 % para a torta de amêndoa de macaúba, 49,73; 49,57 e 41,83% para torta de babaçu, 53,38; 40,52 e 79,76 % para silagem de resíduo de abacaxi, 21,34; 17,03 e 38,87 % para o caroço de açaí. Com base nas características da fibra em detergente neutro os alimentos foram agrupados em I (torta de amêndoa de macaúba, torta de babaçu e silagem de resíduo de abacaxi), II (torta de dendê, fibra de dendê e torta de polpa de macaúba), III (caroço de açaí) IV (amêndoa de dendê). Para as características de proteína os grupos foram I (amêndoa de dendê, torta de polpa de macaúba e silagem de resíduo de abacaxi), II (torta de amêndoa de macaúba, torta de babaçu, torta de dendê e fibra de dendê), III (caroço de açaí).

Palavras-chave: Alimentos alternativos. Degradação. PDR. Nutrição de ruminantes.

CHARACTERIZATION AND DEGRADABILITY IN SITU OF BYPRODUCTS AVAILABLE IN THE AMAZON REGION

ABSTRACT

The present study was conducted in the dependencies of the Amazon's Federal Rural University, with the purpose of evaluating the chemical composition and *in situ* degradability of the neutral detergent fiber (NDF) and of the crude protein (CP) originated from byproduct of the African oil palm (cake, nut and fiber), macauba palm (pulp cake and nut cake), açai palm (açai seed), babassu (babassu cake), pineapple (skin, crown and residue silage). The divergence of protein nutritional value and energy nutritional value, based on discriminatory variables between groups, was estimated by cluster analysis. Simultaneously a descriptive analysis of the chemical composition of the ingredients was performed. Crude protein levels of the byproducts ranged from 4.79 to 25.66% DM, while NDF levels ranged from 42.06 to 79.48 (as a percentage of MS). The effective degradability of dry matter, neutral detergent fiber and crude protein of the different by-products were, respectively, 35.93; 26.87 and 58.98% for palm cake, 48.26; 34.32 and 76.38% for palm nut 1, 21.05; 6.58 and 50.28% for palm fiber, 34.37; 15.00 and 52.81% for the macauba pulp cake, 50.20; 50.20 and 51.64% for macauba nut cake, 49.73; 49.57 and 41.83% for babassu cake, 53.38; 40.52 and 79.76% for pineapple residue silage, 21.34; 17.03 and 38.87% for açai seed. Based on the characteristics of the neutral detergent fiber, the foods were grouped in I (macaúba nut cake, babassu cake and pineapple residue silage), II (palm oil cake, palm fiber and macauba pulp cake), III (acai seed) IV (palm oil). For the protein characteristics the groups were I (palm kernel, macauba pulp and pineapple residue silage), II (macauba nut cake, babassu cake, palm tar and palm fiber), III (Acai seed).

Key words: Alternative food. Degradation. RDP. Ruminants nutrition.

Introdução

A utilização de alimentos alternativos em dietas pode melhorar a oferta de alimentos para ruminantes, em quantidade e em qualidade por meio da inclusão de subprodutos regionais adquiridos a baixo custo, em substituição a ingredientes tradicionais, como milho e farelo de soja, dentre outros de alto valor comercial. Desse modo, nos últimos anos muitas pesquisas têm sido conduzidas para verificar a possibilidade de utilização destes subprodutos, sem, contudo piorar a produção animal (LUZ et al. 2017; ELIYAHU et al. 2015; ABUBAKR, et al. 2013; HABIB et al. 2013).

Na flora Amazônica encontra-se uma diversidade de matéria prima, dentre elas o dendê (*Elaeis guineensis*), açaí (*Euterpe oleracea*, Mart.), macaúba (*Acrocomia aculeata* (lacq)), babaçu (*Orbignya speciosa*, Mart.) e o abacaxi (*Ananas comosus*) os quais após serem processados geram subprodutos como tortas, caroços, cascas, bagaço e coroa. Embora a utilização de subprodutos na alimentação animal apresente desvantagens como a variação na composição química devido à falta de controle de qualidade, a disponibilidade e baixo custo destes ingredientes ao longo do ano são fatores que propiciam a redução dos custos de produção e, portanto, permitem sua inclusão nas dietas de ruminantes. Entretanto, algumas dúvidas ainda são frequentes quando se trata da utilização desses ingredientes, tais como a escolha, a decisão de substituir o volumoso ou o concentrado e a proporção a ser utilizada na dieta (SANTOS et al. 2016).

Além da disponibilidade e custo ao longo do ano deve se verificar a composição química para melhorar a caracterização do ingrediente e o aproveitamento de seus nutrientes e com isso, gerar informações importantes para compor as tabelas brasileiras de composição de alimentos facilitando sua inclusão nas dietas a campo. Dentre as técnicas de avaliação de alimentos, a degradação *in situ* tem se destacado por possibilitar a determinação das frações, as taxas e a extensão de degradação ruminal dos alimentos, indicando uma previsão de disponibilidade de um determinado nutriente (AZEVEDO et al. 2012; NOCEK 1988) e assim, a possibilidade de usá-lo em dietas completas.

Com isso, objetivou-se caracterizar os subprodutos provenientes do processamento do dendê, macaúba, babaçu, abacaxi e açaí por meio da composição química e da degradabilidade *in situ* e as taxas de degradação A, B e C da matéria seca, fibra em detergente neutro e da proteína bruta destes subprodutos.

Material e Métodos

O protocolo usado neste estudo está de acordo com os princípios éticos da experimentação animal do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal e foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil (003/2014).

O experimento foi conduzido no Setor de Pequenos Ruminantes e no Laboratório de Análise de Alimentos da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), no Campus de Parauapebas, localizado no Sudeste do estado do Pará (Latitude 06° 04' 16,4"S; Longitude 049° 49' 8,3"W; Altitude 270m).

Dos frutos do dendê (*Elaeis guineensis*) utilizou-se a amêndoa integral, a torta restante da extração do óleo de palmiste da amêndoa e a fibra que é o subproduto da extração do óleo de dendê oriundo do processamento da polpa do fruto; da macaúba (*Acrocomia aculeata* (lacq)) utilizou-se a torta proveniente do processamento da polpa e a torta oriunda da extração do óleo da amêndoa; do açaí (*Euterpe oleracea*, Mart.) obteve-se após a retirada da polpa, o caroço composto por mesocarpo, endocarpo e a semente, o qual foi triturado antes da pré-secagem; do babaçu (*Orbignya sp.*) foi utilizado a torta, restante da retirada do óleo da amêndoa; e do abacaxi (*Ananas comosus*) foi utilizado a casca, coroa e bagaço ensilados.

As amostras foram pré-secas em estufa com ventilação forçada (55°C), pré-desengorduradas (torta e amêndoa de dendê, torta de polpa e de amêndoa de macaúba) e, posteriormente dividiu-se cada amostra em duas sub amostras, as quais foram processadas em moinho de facas com peneiras contendo malhas de 1 mm ou 2 mm. Nas amostras de 1 mm avaliou-se o teor de matéria seca (INCT-CA G-003/1), proteína bruta (INCT-CA N-001/1), extrato etéreo (INCT-CA G-004/1), fibra em detergente neutro, a qual foi corrigida para cinzas e proteína (INCT-CA F-001/1), fibra em detergente ácido (INCT-CA F-005/1), lignina (INCT-CA F-005/1), nitrogênio não proteico (INCT-CA N-002/1) segundo Detmann et al. (2012). Posteriormente, os níveis de nutrientes digestíveis totais dos alimentos foram estimados conforme recomendação do BR-Corte 3.0 (Detmann et al. 2016).

A quantificação dos valores de fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) foi realizada por meio da incubação ruminal das amostras (2 mm), de acordo com a metodologia descrita por Valente et al. (2011).

Na avaliação dos perfis de degradação da matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e proteína bruta (PB) utilizou-se nove ovinos mestiços de Santa Inês, machos, castrados, com peso médio 43,77±2,82 kg, os quais foram fistulados no rúmen e, posteriormente, alojados individualmente em gaiolas metabólicas de 1,0 m x 2,0 m, providas

de comedouros e bebedouros. Os animais eram arraçoados diariamente pela manhã (8:00h) e à tarde (16:00h), com dieta contendo 17,63% de PB e relação volumoso:concentrado 50:50, em que o volumoso era constituído por silagem de capim elefante e o concentrado à base de milho, farelo de soja e sal mineralizado e estabelecido o nível máximo de sobras em 10%.

Para incubação das amostras foram confeccionados sacos de nylon (50 μ m) com dimensão de 10 x 20 cm, os quais foram previamente identificados, lavados, secos e pesados e adicionou-se o material moído (2 mm), mantendo-se uma relação de 20 mg/cm² de superfície (Valente et al. 2011). Avaliou-se os tempos de incubação 0, 3, 6, 12, 16, 18, 24, 48, 72, 96, 120 e 144 horas, utilizando-se três repetições de cada alimento em cada tempo de incubação, totalizando 324 amostras. Para que cada animal tivesse apenas 11 sacos incubados por vez avaliou-se os alimentos em trios, de modo que em cada horário as amostras de cada alimento eram incubadas em três animais, sendo estas fixadas por linha de nylon a uma corrente de aço com peso na extremidade, permitindo sua imersão no conteúdo ruminal. Os sacos foram dispostos no rúmen em ordem reversa quanto ao tempo de incubação, de modo que sua retirada ocorresse simultaneamente. Imediatamente após os sacos serem retirados do rúmen os mesmos foram lavados em água corrente até a total transparência desta, sendo em seguida transferidos para a estufa de ventilação forçada a 55 °C por cerca de 72 horas.

Para determinar as frações solúveis, os sacos contendo amostras referentes ao tempo zero foram submetidos ao mesmo tratamento de lavagem e secagem dos demais tempos. A matéria seca não degradável foi obtida por diferença entre o peso da amostra pré e pós – incubação e secagem da amostra em estufa não ventilada (105 °C). Posteriormente, procedeu-se a análise de PB e FDN nos resíduos da incubação, conforme Detmann et al. (2012).

Os perfis de degradação da MS, FDN e PB foram estimados utilizando-se o modelo assintótico de primeira ordem reparametrizado por Ørskov & McDonald (1979), descrito pela função: $Y_t = A + B \times (1 - e^{-(k_d \times t)})$; em que Y_t = fração degradada no tempo t ; A = fração solúvel; B = fração insolúvel potencialmente degradável; k_d = taxa de degradação de B e t = variável independente tempo. Calculou-se a fração indegradável (C) pela equação: $C = 100 - A - B$.

Foi utilizado o proc NLIN do SAS para estimação dos parâmetros A , B e k_d , de modo que, quando $A+B$ somavam mais de 100%, os parâmetros eram corrigidos proporcionalmente para completar no máximo esse valor.

A fração efetivamente degradada da MS, FDN e PB foi calculada pelo modelo: $DE = [A + (B \times k_d)/(k_d + k_p)]$; em que k_p é a taxa de passagem do alimento pelo rúmen, sendo

consideradas 3 (três) taxas 2, 5 e 8%/hora, correspondendo ao baixo, médio e alto consumo, respectivamente, conforme proposto pelo ARC (1984).

A fração da proteína degradada no rúmen (PDR) foi mensurada a partir da análise no resíduo das amostras de alimentos incubados por 16 horas no rúmen, segundo Calsamiglia e Stern, (1995).

Os resultados foram apresentados de forma descritiva, realizando-se comparação numérica simples e direta, comparando-se os subprodutos amazônicos entre seus pares. Foi realizada análise de agrupamento, em que a divergência do valor nutricional protéico e energético, baseada em variáveis discriminatórias entre os grupos, foi estimada por meio de análise de agrupamento, utilizando-se a distância generalizada Mahalanobis (SINGH, 1981). As análises de agrupamento foram realizadas utilizando-se o Sistema Genes (CRUZ, 1998).

Resultados e Discussão

Os ingredientes procedentes do processamento das amêndoas dos frutos foram os que apresentaram maiores teores de proteína bruta, com destaque para a torta de dendê, amêndoa de dendê, torta de amêndoa de macaúba, torta de babaçu, os quais apresentaram níveis acima de 11% de proteína (Tabela 1). Estes subprodutos também apresentaram os maiores teores de extrato etéreo, evidenciando que se houver um processamento mais eficiente para retirada do óleo poderá aumentar a proporção do teor de proteína bruta na matéria seca. Por outro lado, os subprodutos apresentaram alto teor de proteína insolúvel em detergente neutro, com exceção apenas da amêndoa de dendê e da silagem de resíduo de abacaxi (Tabela 1), o que pode reduzir o aproveitamento deste nutriente para os microrganismos ruminais.

Embora, a proteína degradável no rúmen seja importante para suprir a demanda da microbiota, inúmeros são os esforços para, em alguns casos, reduzir a degradabilidade da proteína no rúmen e assim completar a exigência de proteína metabolizável, por meio da digestibilidade ao nível intestinal. Por esta razão, alimentos com baixa taxa de degradação ruminal e que apresentem alta digestibilidade, a exemplo da torta de babaçu, são boas opções para serem incluídas nas dietas de ruminantes, principalmente aqueles que apresentam alto nível de desempenho, os quais tem maior exigência de proteína metabolizável.

Seguido da amêndoa de dendê, a torta de polpa de macaúba mesmo fazendo parte do mesocarpo do fruto foi o segundo subproduto que apresentou maior teor de EE (Tabela 1). Existem duas explicações prováveis; Uma delas é que o teor de umidade no fruto *in natura* é bem maior na polpa em relação à amêndoa (COCININI et al. 2013; DESSIMONI-PINTO et

al. 2010), tornando a extração do óleo mais difícil. Outra possibilidade, é que originalmente a polpa da macaúba em algumas regiões do Brasil, é mais rica em óleos do que a amêndoa, provavelmente devido às condições de solo, clima e variedade, e essa proporção pode ser mantida nos subprodutos, como observado neste estudo para as tortas de polpa e amêndoa de macaúba (Tabela 1). O teor de extrato etéreo encontrado na torta de polpa de macaúba está próximo do valor 21,4% obtido por Sobreira et al. (2012) e acima do valor 14,95% determinado por Azevedo et al. (2012), ressaltando a necessidade de análise, prévia e constante, dos subprodutos antes de sua utilização nas formulações de rações, devido a grande variabilidade percentual encontrados em diferentes estudos.

Tabela 1. Composição química (% MS) dos subprodutos disponíveis na região amazônica

Item	MS	MO	PB	EE	FDN	FDA	CNF	PIDIN	Lignina	FDNi	NDT	NNP
TD	89,4	91,9	11,2	19,8	42,1	33,2	18,9	56	9,8	31,1	85,7	10,9
AD	77,7	97	14,2	28,2	53,1	40,7	1,6	16	-	10,81	69,3	85,9
FD	91,9	93,4	6,7	8,5	57,8	54,4	20,5	46,1	22,6	41,5	40,4	3,8
TPM	87,5	97,2	4,8	23,2	51,8	41,4	17,5	28	26,6	42,9	90,6	16,4
TAM	60,2	97,2	25,7	19,2	51,2	32,5	1,2	46,8	8,0	19,1	76,2	19,0
TB	86,9	95,3	19,8	6,8	62,7	33,7	6	47,9	9,5	30	30,2	12,5
SRA	15,6	92,9	9,6	3,2	51,9	36,5	28,2	14,3	4,7	26,2	65,9	83,8
CA	72,5	98,4	5,3	1,5	79,5	61,5	12,1	66,8	8,5	31,1	18,1	12,9

TD: torta de dendê; AD: Amêndoa de dendê; FD: Fibra de dendê; TPM: Torta de polpa de macaúba; TAM: Torta de amêndoa de macaúba; TB: Torta de babaçu; SRA: Silagem de resíduo de abacaxi; CA: Carço de açaí; MS: Matéria seca; MO: Matéria orgânica; PB: Proteína bruta; EE: Extrato etéreo; FDN: Fibra em detergente neutro (isento de cinzas e proteína); FDA: Fibra em detergente ácido; CNF: Carboidratos não fibrosos; PIDIN: proteína insolúvel em detergente neutro (em porcentagem da PB); FDNi: Fibra em detergente neutro indigestível; NDT: Nutrientes digestíveis totais; NNP: Nitrogênio não proteico (em porcentagem da PB).

Todos os subprodutos, com exceção da torta de dendê, apresentaram acima de 50% de fibra em detergente neutro, com destaque para o caroço de açaí que apresentou o maior teor (79,48%), sendo este um dos pontos que merece atenção especial quanto ao uso de subprodutos em substituição aos alimentos tradicionalmente utilizados em dietas para ruminantes como o farelo de soja e o milho, (que apresentam em média 14,63% e 14,08% de FDN, respectivamente). Estes valores se equiparam ao observado para a silagem de capim elefante entre 72,03 – 73 % de fibra em detergente neutro (GUERRA et al., 2016; SANTOS NETA – capítulo 2), tradicionalmente utilizado para compor o volumoso das dietas.

Contudo, embora costumeiramente associada à má qualidade dos alimentos, o principal ponto decisivo, é como a fibra em detergente neutro interage com os sistemas enzimáticos microbianos, responsáveis por sua degradação e utilização e não, meramente, seu

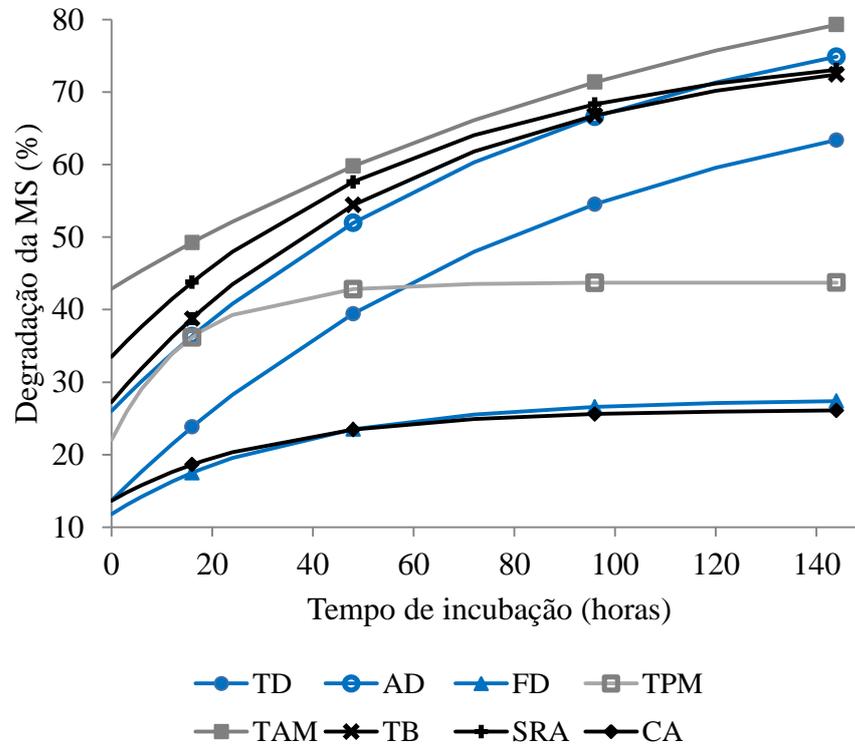
teor num determinado ingrediente, de modo que, a fração potencialmente degradável da fibra em detergente neutro, é uma importante fonte de energia, devendo se ressaltar sua importância como a principal fonte de energia para os sistemas de produção animal nos trópicos (LAZZARINI et al. 2009).

Os altos níveis de fibra em detergente neutro e extrato etéreo causaram redução nos teores de carboidratos não fibrosos dos subprodutos, especialmente na amêndoa de dendê (1,59%) e na torta de babaçu (6,01%) que foram os subprodutos com os menores teores. Embora, a maioria dos ingredientes estudados tenham apresentado valores de carboidratos não fibrosos superiores a 12%, são muito aquém daqueles encontrados nos farelos de milho e soja, no entanto, podem ser destacados como fontes importantes de carboidratos não fibrosos quando o subproduto for utilizado em substituição a um volumoso, destacando-se a silagem de resíduo de abacaxi com 28,23%.

Em relação à degradabilidade da matéria seca, observou-se curvas de degradação semelhantes entre a torta de amêndoa de macaúba, a silagem de resíduo de abacaxi, torta de babaçu e a amêndoa de dendê (Figura 1). Estes também foram os subprodutos que apresentaram as maiores frações solúveis e altas frações potencialmente degradáveis da matéria seca (Tabela 2), podendo se verificar pela taxa de degradação da matéria seca, que nas primeiras 48 horas de incubação estes subprodutos apresentam mais de 50% de degradação. Enquanto que a torta de dendê, mesmo apresentando a mais alta fração potencialmente degradável (62,31%) por possuir lenta taxa de degradação (1,11%) e baixa fração solúvel, apenas a partir de 80 horas pós-incubação obteve o mesmo nível de degradação dos demais subprodutos (Figura 1).

Por outro lado, a fibra de dendê, a torta de polpa de macaúba e o caroço de açaí atingiram o ponto máximo de degradação da matéria seca às 96 horas de incubação, com apenas 21,05; 38,69 e 21,34% de degradação efetiva, respectivamente, considerando uma lenta taxa de passagem (2%/hora) (Tabela 2). Ponderando a correlação negativa entre degradabilidade da matéria seca, teor de lignina e FDNi e sabendo que a lignina é o fator com maior efeito sobre a extensão e a taxa de degradação da matéria seca (COSTA et al. 2016), atribui-se à lignina e a FDNi os resultados obtidos, uma vez que nestes subprodutos (fibra de dendê e torta de polpa de macaúba) foram observados os maiores teores de lignina (Tabela 1). Apesar do caroço de açaí ter apresentado baixo teor de lignina (8,54%), observou-se alta quantidade de FDNi (31,1%) promovendo menor degradação da matéria seca.

Figura 1. Curvas de degradação ($Y_t = A + B \times (1 - e^{-(k_d \times t)})$) da matéria seca da torta de dendê (TD), amêndoa de dendê (AD), fibra de dendê (FD), torta de polpa de macaúba (TPM), torta de amêndoa de macaúba (TAM), torta de babaçu (TB), silagem de resíduo de abacaxi (SRA), caroço de açaí (CA).



Fonte: SANTOS NETA (2017)

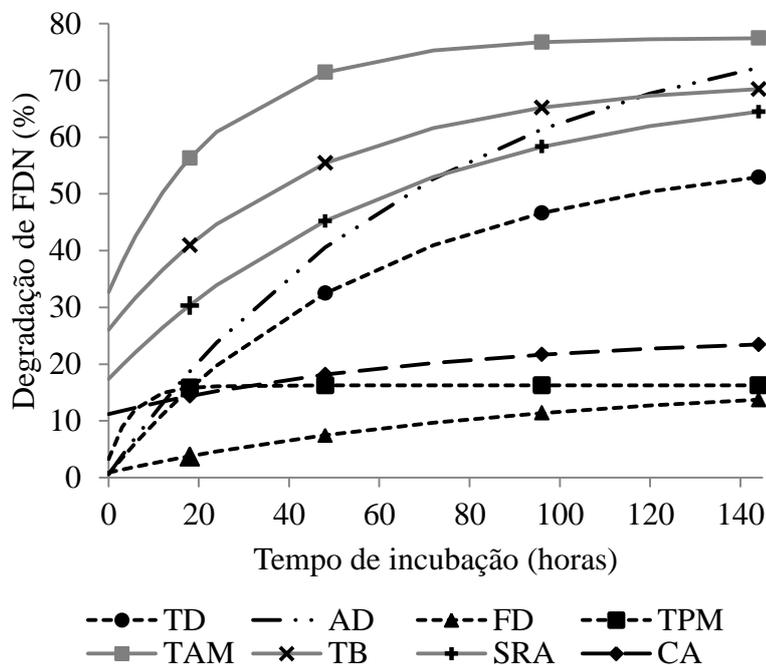
Tabela 2. Estimativa dos parâmetros de degradação e degradabilidade efetiva da matéria seca dos subprodutos disponíveis na região amazônica

Subprodutos	Degradabilidade da MS (%)				Degradabilidade efetiva da MS (%)		
	A	B	C	Kd	2%/h ²	5%/h ²	8%/h ²
	Torta de dendê	13,69	62,31	24,00	1,11	35,93	25,01
Amêndoa de dendê	26,03	59,59	14,38	1,19	48,26	37,49	33,75
Fibra de dendê	11,78	15,91	72,31	2,79	21,05	17,48	15,89
Torta de polpa de macaúba	22,03	21,71	56,26	6,59	38,69	34,37	31,84
Torta de amêndoa de macaúba	42,89	53,61	3,50	0,79	58,07	50,20	47,71
Torta de babaçu	27,26	49,88	22,86	1,64	49,73	39,58	35,75
Silagem de resíduo de abacaxi	33,50	43,41	23,09	1,69	53,38	44,47	41,07
Caroço de açaí	13,64	12,59	73,77	3,15	21,34	18,51	17,20

A = fração solúvel; B = fração potencialmente degradável; C = fração indegradável; Kd: Taxa fracional de degradação; ² Taxas de passagem (ARC, 1984).

Quanto aos parâmetros de degradação ruminal da FDN, observou-se que os subprodutos oriundos do dendê (torta de dendê, amêndoa de dendê e fibra de dendê) foram os que apresentaram menor fração solúvel da FDN (0,60; 0,53 e 0,88%, respectivamente) (Tabela 3). E a torta de amêndoa de macaúba foi o que apresentou a maior fração solúvel, seguido da torta de babaçu e silagem de resíduo de abacaxi, o que proporcionou a estes a taxa de degradação da FDN superior aos demais subprodutos nas primeiras horas de incubação (Figura 2).

Figura 2. Curvas de degradação ($Y_t = A + B \times (1 - e^{-(k_d \times t)})$) da FDN da torta de dendê (TD), amêndoa de dendê (AD), fibra de dendê (FD), torta de polpa de macaúba (TPM), torta de amêndoa de macaúba (TAM), torta de babaçu (TB), silagem de resíduo de abacaxi (SRA), caroço de açaí (CA).



Fonte: SANTOS NETA (2017)

A amêndoa de dendê apresentou maior valor de fração potencialmente degradável da FDN entre os alimentos avaliados. Por outro lado, as mais baixas frações potencialmente degradáveis da FDN foram encontradas para a torta de polpa de macaúba, caroço de açaí e fibra de dendê. Nestes subprodutos também foram encontrados as maiores frações não degradadas (Tabela 2). No caso da torta de polpa de macaúba e fibra de dendê, esses resultados, provavelmente, são em decorrência dos altos teores de lignina (Tabela 1) que dificulta o acesso dos microrganismos a matriz celular. Além do teor de lignina, o grau de interação química desta com os compostos fenólicos e glicosídicos também é um importante fator refletindo sobre a degradabilidade dos componentes fibrosos (DETMANN, et al. 2004).

Desta forma, acredita-se que no caroço de açaí, a lignina interferiu sobre a baixa degradabilidade da FDN.

Além disso, os maiores teores de FDNi foram observados para torta de polpa de macaúba, caroço de açaí e fibra de dendê, 42,88; 31,08 e 62,23%, respectivamente. Atribui-se a este conjunto de fatores a baixa degradação da FDN encontrada nestes subprodutos, podendo ser comprovado pelos valores de degradabilidade efetiva da torta de polpa de macaúba (15,00%), caroço de açaí (17,03%) e fibra de dendê (6,58%), considerando uma taxa de passagem baixa, 2% por hora, obtendo-se reduções mais significativas quando se observa em taxas de passagem mais altas (Tabela 2).

Tabela 3. Estimativa dos parâmetros de degradação da fibra em detergente neutro e degradabilidade efetiva dos subprodutos disponíveis na região amazônica

Subproduto	Degradabilidade da FDN (%)			Degradabilidade efetiva (%)			
	A	B	C	Kd	² 2%/h	² 5%/h	² 8%/h
Torta de dendê	0,60	57,36	42,04	1,69	26,87	15,09	10,61
Amêndoa de dendê	0,53	83,47	16,00	1,36	34,32	18,38	12,66
Fibra de dendê	0,88	16,26	82,86	1,08	6,58	3,77	2,82
Torta de polpa de macaúba	3,28	12,96	83,76	18,92	15,00	13,53	12,39
Torta de amêndoa de macaúba	32,7	44,87	22,43	4,14	62,95	53,02	48,00
Torta de babaçu	26,06	44,04	29,90	2,29	49,57	39,89	35,86
Silagem de resíduo de abacaxi	17,41	52,54	30,05	1,57	40,52	29,97	26,03
Caroço de açaí	11,18	14,1	74,72	1,42	17,03	14,30	13,31

¹ FDN: Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; FDNi: Fibra em detergente neutro indigestível; a = fração solúvel; b = fração potencialmente degradável; c = fração indegradável; Kd: Taxa fracional de degradação; DE: Degradabilidade efetiva; ² Taxas de passagem (ARC, 1984).

Tomando como base as características relacionadas aos carboidratos, verifica-se que a torta de amêndoa de macaúba e a torta de babaçu parecem ser os subprodutos mais adequados para serem utilizadas nas formulações de dieta, pois embora, as mesmas apresentem alto teor de FDN, possuem boa degradação deste, podendo se comprovar pelos seus valores de degradabilidade efetiva. Dessa forma, é possível que a digestibilidade da FDN em conjunto com os teores de EE (11,98 e 6,81%, respectivamente) seriam capazes de compensar, energeticamente, seus baixos teores de carboidratos não fibrosos (Tabela 1).

Considerando os dados de fibra em detergente neutro potencialmente digestível, a soma da fração A+B e a matéria seca potencialmente digestível, os alimentos foram agrupados em quatro grupos distintos (Tabela 4), onde a amêndoa de dendê (grupo IV) poderia ser classificada como o melhor alimento por ter a maior contribuição em FDN e

matéria seca potencialmente digestível e a maior soma de frações solúveis e frações potencialmente solúveis da FDN. Ao se considerar estas mesmas características o grupo composto pela torta de dendê, fibra de dendê e torta de polpa de macaúba (grupo II) pode ser considerado o de menor qualidade nutricional (Tabela 4).

Os dois grupos intermediários, composto pela torta de amêndoa de macaúba, torta de babaçu e silagem de resíduo de abacaxi (grupo I), com características bem semelhantes ao melhor grupo (da amêndoa de dendê), e o último grupo que é composto pelo caroço de açaí (grupo III), isoladamente, apresentando alto conteúdo de FDN e pouco aproveitamento desta (Tabela 4).

Tabela 4. Agrupamento dos subprodutos considerando a FDN

Grupos	GI	GII	GIII	GIV	Contribuição das variáveis
FDN _{pd} (%FDN)	54,77	23,74	60,90	79,65	23,50
A+B (%)	72,54	30,45	25,28	84	2,96
MSP _d (%MS)	70,21	60,50	68,51	88,26	73,52
FDN _{cp}	55,24	50,52	79,48	53,06	-
FDN _i	25,10	38,51	31,08	10,80	-
A	18,22	1,59	11,18	0,53	-
B	47,15	28,86	14,10	83,47	-
C	27,46	69,55	74,72	16,00	-
Kd	2,67	7,23	1,42	1,36	-
² DE 2%/h	51,01	16,15	17,03	34,32	-
² DE 5%/h	40,96	10,80	14,30	18,38	-
² DE 8%/h	36,63	8,61	13,31	12,66	-
	- Torta de amêndoa de macaúba - Torta de babaçu - Silagem de resíduo de abacaxi	- Torta de dendê - Fibra de dendê - Torta de polpa de macaúba	- Caroço de açaí	- Amêndoa de dendê	

Em relação aos parâmetros de degradação da proteína bruta, verificou-se que a silagem de resíduo de abacaxi obteve a maior fração solúvel dentre os subprodutos (69,86%), e a segunda menor fração não degradável (10,49%) proporcionando a maior taxa de degradabilidade efetiva (79,76; 75,53; 73,84%, para taxas de passagem de 2, 5 e 8% por hora, respectivamente). Considerando-se que a silagem de abacaxi apresentou alto teor de nitrogênio não proteico (83,8% da PB) (Tabela 1) e que neste caso as frações solúveis se correlacionam com a degradação dos alimentos, isso possibilitou que às 16 horas após a incubação fosse verificado 75% de degradação para a silagem de resíduo de abacaxi (Figura 2). De modo semelhante, a amêndoa de dendê com cerca de 60% de fração solúvel e baixa fração não degradável (12,66%) apresentou valores de degradabilidade efetiva superior a 76%. Estes resultados podem ser comprovados ao se verificar o maior percentual de PDR (75,71% e 72,50%) para silagem de resíduo de abacaxi e amêndoa de dendê, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 5. Estimativa dos parâmetros de degradação da proteína bruta e degradabilidade efetiva dos subprodutos disponíveis na região amazônica

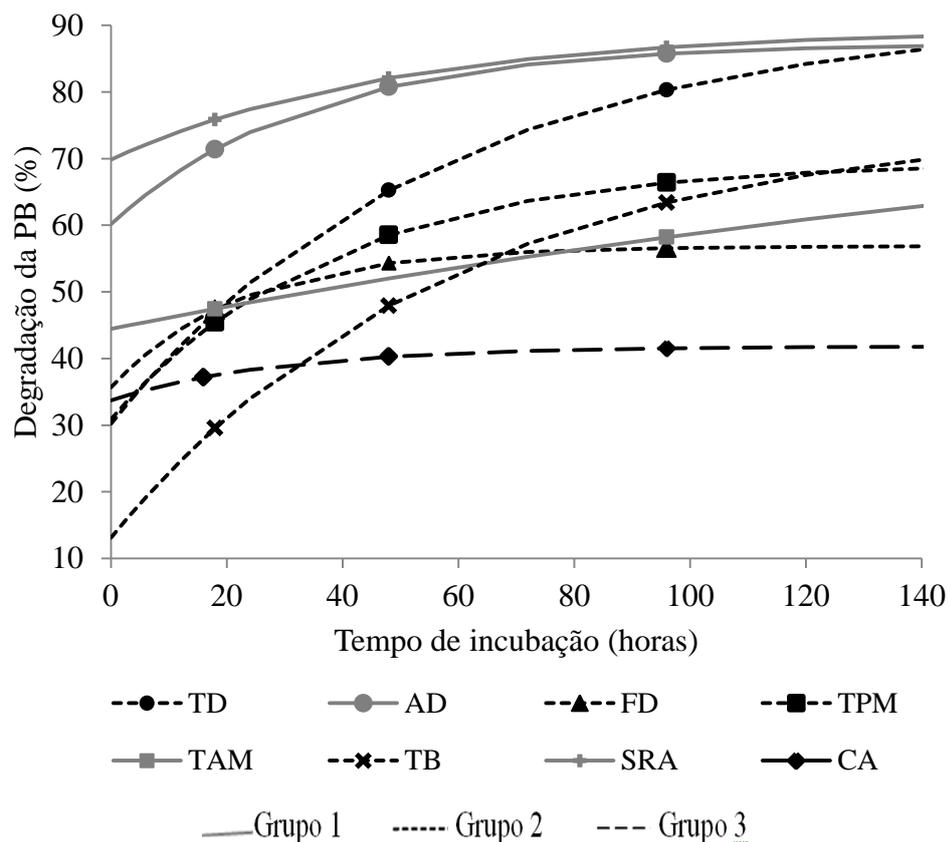
Subprodutos	PDR	PNDR	Degradabilidade da PB (%)				Degradabilidade efetiva (%) ¹		
			A	B	C	kd	2%/h	5%/h	8%/h
Torta de dendê	46,5	53,5	30,2	61,4	8,3	1,8	59,0	46,2	41,3
Amêndoa de dendê	72,5	27,5	60,2	27,2	12,7	3,0	76,4	70,3	67,5
Fibra de dendê	45,2	54,8	35,7	21,2	43,1	4,4	50,3	45,6	43,2
Torta de polpa de macaúba	44,5	55,5	30,9	38,7	30,5	2,6	52,8	44,2	40,4
Torta de amêndoa de macaúba	48,6	51,4	44,4	41,5	14,1	0,4	51,6	47,7	46,5
Torta de babaçu	28,0	38,3	13,1	62,7	24,2	1,7	41,8	29,0	24,1
Silagem de resíduo de abacaxi	75,7	24,3	69,9	19,7	10,5	2,0	79,8	75,5	73,8
Caroço de açaí	17,3	82,7	33,7	8,1	58,2	3,5	38,9	37,1	36,2

PDR: Proteína degradável no rúmen (% da MS); PNDR: Proteína não degradável no rúmen (% da MS); A = fração solúvel; B = fração potencialmente degradável; C = fração não degradável; ¹ Taxas de passagem (ARC, 1984).

Entretanto, mesmo com percentual de degradação efetiva da proteína menos expressivo que a silagem de resíduo úmido de abacaxi e a amêndoa de dendê, sugere-se que a torta de amêndoa de macaúba seja superior aos ingredientes testados, pois, se considerarmos, os níveis de proteína (25,66%) e a taxa de degradação desta podemos perceber que ela atende melhor aos suprimentos de proteína para os microrganismos ruminais em detrimento aos demais.

A torta de babaçu apresentou a mais baixa fração solúvel (13,13%), enquanto para o caroço de açaí foi verificado a menor fração potencialmente degradável (8,09%), o que refletiu na baixa degradação efetiva (41,83 para a TB e 38,87% para o caroço de açaí com taxa de passagem de 2% por hora). Embora a torta de dendê tenha apresentado a mais baixa fração indegradável da proteína bruta (8,34%), quando comparado aos demais subprodutos, sua taxa de degradação efetiva não se sobressaiu. Provavelmente, esses fatores resultam do alto teor de proteína complexada à parede celular, dificultando o acesso pelos microorganismos ruminais, podendo se verificar pela composição química destes, em que a torta de babaçu, caroço de açaí e torta de dendê apresentaram valores elevados, respectivamente, 47,97; 66,85 e 56% de PIDN (Tabela 1).

Figura 3. Curvas de degradação da PB da torta de dendê (TD), amêndoa de dendê (AD), fibra de dendê (FD), torta de polpa de macaúba (TPM), torta de amêndoa de macaúba (TAM), torta de babaçu (TB), silagem de resíduo de abacaxi (SRA) e do caroço de açaí (CA).



Fonte: SANTOS NETA (2017)

A fibra de dendê e a torta de polpa de macaúba apresentaram fração solúvel de 35,70 e 30,89, respectivamente, porém como a fração potencialmente degradável foi baixa (21,18; 38,65%), observou-se rápida estabilização da curva de degradação da proteína (Figura 2).

Considerando os dados de proteína bruta, proteína não degradável no rúmen e proteína insolúvel em detergente neutro (em porcentagem da PB) obteve três grupos de alimentos (Tabela 6). Em que o melhor grupo foi composto pela amêndoa de dendê, Torta de polpa de macaúba e silagem de resíduo de abacaxi (grupo I), podendo ser comprovado pelas suas maiores taxas de degradação efetiva (Tabela 5).

O pior grupo foi composto pelo caroço de açaí (grupo III), podendo se verificar pela curva de degradação da proteína bruta (Figura 3) e pela menor degradabilidade efetiva observada neste alimento. Esses resultados são em detrimento do baixo conteúdo de proteína bruta e a maior parte deste nutriente está na forma não degradável no rúmen (Tabela 5).

Tabela 6. Agrupamento dos subprodutos considerando a proteína bruta

Grupos ¹	G I	GII	GIII	G IV	Contribuição das variáveis
PB	22,74	12,68	9,56	5,60	43,92
B (% MS)	11,53	5,36	1,87	1,23	56,07
A+B	80,86	89,50	89,51	56,08	
A	28,79	45,20	69,86	33,44	
B	52,08	44,31	19,65	22,64	
C	19,14	10,50	10,49	43,92	
kd	1,06	2,36	2,03	3,51	
2 DE 2%/h	46,74	67,68	79,76	47,32	
2 DE 5%/h	38,31	58,25	75,53	42,29	
2 DE 8%/h	35,29	54,41	73,84	39,95	
	- Torta de amêndoa de macaúba - Torta de babaçu	- Torta de dendê - Amêndoa de dendê	- Silagem de resíduo de abacaxi	- Fibra de dendê - Torta de polpa de macaúba - Caroço de açaí	

¹ Valores médios dos grupos; ² Taxas de passagem (ARC, 1984).

PB: Proteína bruta (% da MS); B = fração potencialmente degradável (% da MS); A = fração solúvel; B = fração potencialmente degradável; C = fração não degradável; Kd = taxa de degradação da proteína bruta.

Conclusão

Dentre os subprodutos testados a torta de amêndoa de macaúba, torta de babaçu e silagem de resíduo de abacaxi são os que melhor disponibilizam nutrientes ao nível ruminal quando ineridos em dietas de ruminantes, seguido pela torta de dendê e amêndoa de dendê.

REFERÊNCIAS

- ABUBAKR, A. R.; ALIMON, A. R.; YAAKUB, H.; ABDULLAH, N.; IVAN, M. Growth, nitrogen metabolism and carcass composition of goats fed palm oil by-products. **Small Ruminant Research**, v. 112, p. 91 – 96, 2013.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL (A.R.C.) **Nutrient requirements of ruminant livestock**, Slough, UK, 1984. Suppl. 1.
- AZEVEDO, R. A.; RUFINO, L. M. A.; SANTOS, A. C. R.; SILVA, L. P. ; BONFA, H.; DUARTE, E. R.; GERASSEV, L. C. Desempenho de cordeiros alimentados com inclusão de torta de macaúba na dieta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 1663-1668, 2012.
- CALSAMIGLIA, S.; STERN, D. A three-step in vitro procedure for estimating intestinal digestion of protein in ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 1459 – 1465, 1995.
- COSTA, R. F.; PIRES, D. A. A.; MOURA, M. M. A.; RODRIGUES, J. A. S.; ROCHA JÚNIOR, V. R. R.; TOLENTINO, D. C. *In situ* degradability of dry matter and fibrous fraction of sorghum silage. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 38, p. 171-176, 2016.
- CRUZ, C. D. Programa GENES: Aplicativo Computacional em Estatística Aplicada à Genética (GENES - Software for Experimental Statistics in Genetics). *Genetica Molecular Biol.* [online], v. 21, p. 1415-4757, 1998.
- DESSIMONI-PINTO, N.A.V., SILVA, V.M., BATISTA, A.G., VIEIRA, G., SOUZA, C.R., DUMONT, P. V., SANTOS, G. K. M. Características físico-químicas da amêndoa de macaúba e seu aproveitamento na elaboração de barras de cereais. **Alimentação e Nutrição** v. 21, p. 77–84, 2010.
- DETMANN, E. SOUZA, M. A. VALADARES FILHO, S. C. QUEIROZ, A. C. BERCHIELLI, T. T. SALIBA, E. O. S. CABRAL, L. S. PINA, D. S. LADEIRA, M. M. Azevedo, J. A. G. 2012. **Métodos para análise de alimentos** - INCT - Ciência Animal, em Suprema, Visconde do Rio Branco. 2012, 214p.
- DETMANN, E.; SILVA, T. E.; VALADARES FILHO, S. C.; SAMPAIO, C. B.; PALMA, M. N. N. Prediction of the energy value of cattle diets based on the chemical composition of feeds. **Nutrient Requirements of Zebu and Crossbred Cattle – BR-CORTE**. Disponível em: <http://brcorte.com.br/bundles/junglebrcorte2/book2016/en/c4.pdf>. Acesso em: 10 de janeiro de 2017.
- DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS, J. T.; CABRAL, L. S.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ, A. C.; PONCIANO, N. J.; FERNANDES, A. M. Validação de equações preditivas da fração indigestível da fibra em detergente neutro em gramíneas tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p.1866-1875, 2004.
- ELIYAHU, D.; YOSEF, E.; WEINBERGD, Z.G.; HEN, Y.; NIKBACHAT, M.; SOLOMON, R.; MABJEESH,S.J.; MIRON, J. Composition, preservation and digestibility by sheep of wetby-products from the food industry. **Animal Feed Science and Technology**, v. 207, p. 1–9, 2015.

GUERRA, D. G. F.; MAIA, I. S. A. S.; BRAGA, A. P.; ASSIS, L. C. S.; LUCENA, J. A.; BIDLER, D. C.; SANTOS NETO, C. F.; SILVA, Y. F. M.; PEREIRA, M. I. B.; PINTO, M. M. F. Chemical composition of elephant grass silages supplemented with different levels of dehydrated cashew bagasse. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 37, p. 997-1006, 2016.

HABIB, G.; KHAN, N. A.; ALI, M.; BEZABIH, M. In situ ruminal crude protein degradability of by products from cereals, oilseeds and animal origin. **Livestock Science**, v. 153, p. 81–87, 2013.

LAZZARINI, I.; DETMANN, E.; SAMPAIO, C. B.; PAULINO, M. F.; VALADARES FILHO, S. C.; SOUZA, M. A.; OLIVEIRA, F. A. Dinâmicas de Trânsito e Degradação da Fibra em Detergente Neutro em Bovinos Alimentados com Forragem Tropical de Baixa Qualidade e Compostos Nitrogenados. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, p. 635-647, 2009.

LUZ, J. B.; ALVES, K. S.; MEZZOMO, R.; SANTOS NETA, E. R.; GOMES, D. Í.; OLIVEIRA, L. R. S.; SILVA, J. C.; CARVALHO, F. F. R. Carcass characteristics and meat quality of lambs fed babassu cake (*Orbignya speciosa*) as a replacement for elephant grass silage. **Tropical Animal Health and Production**. v. 49, p. 113-119, 2017.

NOCEK, J. E. In situ and other methods to estimate protein and energy digestibility. A review. **Journal of Dairy Science**, v.71, p. 2051 - 2069, 1988.

ØRSKOV, E. R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according torate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v. 92, p. 499-503, 1979.

SANTOS, C. R.; ALVES, K. S.; MEZZOMO, R.; CUTRIM, D. O.; GOMES, D. I.; LEITE, G. P.; ARAÚJO, M. Y. S. Performance of feedlot lambs fed palm kernel cake-based diets. **Tropical Animal Health and Production**, v. 48, p. 367-372, 2016.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, v. 41, p. 237-245, 1981.

SOBREIRA, H. F.; LANA, R. P.; MANCIO, A. B; FONSECA, D. M.; MOTOIKE, S. Y.; SILVA, J. C. P. M.; GUIMARÃES, G. Casca e coco de macaúba adicionada ao concentrado para vacas mestiças lactantes em dietas à base de silagem de milho. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 2, p. 113-117, 2012.

VALENTE, T. N. P.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C; CUNHA, M.; QUEIROZ, A. C.; SAMPAIO, C. B. *In situ* estimation of indigestible compounds contents in cattle feed and feces using bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p. 666-675, 2011.

1 **Utilização da torta de babaçu e silagem de resíduo de abacaxi em dietas para**
2 **ovinos confinados¹**

3
4 **RESUMO**

5
6 O experimento foi conduzido na Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil, para
7 avaliar a utilização da torta de babaçu em substituição ao farelo de soja e silagem de
8 resíduo de abacaxi como volumoso em dietas de ovinos confinados e mais um
9 tratamento utilizando silagem capim elefante. Foram utilizados dez ovinos fistulados no
10 rúmen distribuídos em delineamento experimental composto por dois quadrados latinos
11 simultâneos 5 x 5 (períodos x tratamentos), em que cada período experimental teve
12 duração de 14 dias. A torta de babaçu (*Orbignya sp.*) substituiu o farelo de soja em
13 quatro níveis de concentração (0; 26,66; 53,33 e 80%), sendo a fonte de volumoso a
14 silagem de resíduo de abacaxi. Foi avaliado mais um tratamento, no qual a fonte de
15 volumoso era a silagem de capim elefante, e o concentrado a base de milho e farelo de
16 soja, totalizando cinco tratamentos, onde todas as dietas continham relação volumoso
17 concentrado 40:60. Avaliou-se o consumo e digestibilidade dos nutrientes, balanço de
18 nitrogênio e parâmetros ruminais. Não houve efeito ($P>0,05$) da inclusão de torta de
19 babaçu sobre os consumos de matéria seca, fibra em detergente neutro, matéria
20 orgânica, proteína bruta, carboidratos totais, nutrientes digestíveis totais e energia
21 metabolizável. O consumo de fibra em detergente neutro indigestível, aumentou
22 linearmente ($P<0,05$), em função da inclusão da torta e reduziu o consumo de
23 carboidratos não fibrosos ($P<0,05$) para os animais alimentados com torta de babaçu.
24 Não houve efeito ($P>0,05$) sobre a ingestão (37,72 g), excreção (22,20 g) e retenção

¹ Este artigo está submetido na Small Ruminat Research, seguindo suas normas de apresentação.

25 (15,52 g) de nitrogênio diário, nitrogênio amoniacal (19,11) e pH ruminal (6,09) em
26 função dos níveis de inclusão da torta de babaçu. As dietas com silagem de resíduo de
27 abacaxi obtiveram os maiores consumos e digestibilidade de nutrientes ($P < 0,05$)
28 comparado às dietas com silagem de capim elefante. A torta de babaçu pode substituir o
29 farelo de soja em até 80% quando a fonte de volumoso for a silagem do resíduo de
30 abacaxi. A silagem de resíduo de abacaxi em comparação à silagem de capim elefante
31 melhora o consumo e digestibilidade de nutrientes, ingestão, retenção e absorção de
32 nitrogênio, sem comprometer o pH e nitrogênio amoniacal em ovinos confinados.

33 Palavras-chave: consumo, digestibilidade, parâmetros ruminais, pequenos
34 ruminantes

35

36 **Use of babassu cake and pineapple byproducts silage in diets for feedlot sheep**

37

38 **ABSTRACT**

39

40 The experiment was conducted at the Federal Rural University of Amazonia, Brazil, to
41 evaluate the use of babassu cake for the replacement of soybean meal and pineapple
42 byproducts silage as roughage in the diets of feedlot sheep; in addition, another
43 treatment using elephant grass silage as the roughage was also tested. Ten rumen-
44 fistulated sheep were used and distributed in an experimental design consisting of two
45 simultaneous 5 x 5 Latin squares (periods x treatments), where each experimental
46 period was 14 days. The babassu cake (*Orbignya sp.*) replaced soybean meal at four
47 concentration levels (0, 26.66, 53.33, and 80%), and pineapple byproducts silage was
48 used as the roughage. An additional treatment was evaluated, in which elephant grass

¹ Este artigo está submetido na Small Ruminant Research, seguindo suas normas de apresentação.

49 silage was used as roughage and corn and soybean meal were used as the concentrate.
50 For the five treatments, all diets contained a roughage:concentrate ratio of 40:60. The
51 nutrient intake and digestibility, nitrogen balance, and ruminal parameters were
52 assessed. No effect ($P > 0.05$) was observed from the inclusion of babassu cake on dry
53 matter intake, neutral detergent fiber, organic matter, crude protein, total carbohydrates,
54 total digestible nutrients, and metabolizable energy. The intake of indigestible neutral
55 detergent fiber increased linearly ($P < 0.05$) with the inclusion level of the babassu cake.
56 The nonfiber carbohydrate intake was lower ($P < 0.05$) for animals fed the babassu
57 cake. The inclusion levels of the babassu cake had no effect ($P > 0.05$) on the intake
58 (37.72 g), excretion (22.20 g), and retention (15.52 g) of the daily nitrogen, ammonia
59 nitrogen (19.11 mg/dL), and ruminal pH (6.09). The diets with pineapple byproducts
60 silage achieved the greatest nutrient intake and digestibility ($P < 0.05$) compared to diets
61 with the elephant grass silage. The babassu cake can replace soybean meal in
62 concentrations of up to 80% when the roughage source is pineapple byproducts silage.
63 The pineapple byproducts silage, when compared with the elephant grass silage,
64 improves the nutrient intake and digestibility and the nitrogen intake, retention, and
65 absorption, without compromising the ammonia nitrogen and ruminal pH of feedlot
66 sheep.

67 Keywords: Digestibility; intake; ruminal parameters; small ruminants

68

69

70

71

72

73 **1. Introdução**

74 O farelo de soja é o concentrado protéico mais comumente utilizado na
75 suplementação de ovinos no Brasil. Contudo, é um dos ingredientes que mais onera os
76 custos de produção devido a concorrência com outras espécies animais que também o
77 utilizam em sua alimentação e a flutuação de preços ao longo do ano. Neste sentido, o
78 uso de matérias-primas oriundas de vegetais regionais para substituir parcialmente o
79 farelo de soja nas dietas de ovinos pode ser uma alternativa para maximizar o potencial
80 produtivo e minimizar os custos com a produção de rações.

81 Na diversidade da flora Amazônica encontra-se a palmeira de babaçu
82 (*Orbignya sp.*), principalmente, nos estados do Pará, Maranhão e Tocantins. Seus frutos
83 são utilizados para a fabricação de óleo, sabões, cosméticos, uso doméstico, dentre
84 outros, restando da extração do óleo a torta de babaçu, um subproduto com cerca de
85 25% de proteína bruta (Sá et al., 2015) com potencial para uso na alimentação de
86 ruminantes. Por outro lado, o abacaxi (*Ananas comosus*) é largamente produzido no
87 Brasil, o qual ocupa a terceira posição em produção mundial com 2,478 milhões de
88 toneladas (UNCTAD, 2016), onde a maior produção se concentra no estado do Pará,
89 com cerca de 320 milhões de frutos por ano (IBGE, 2013), restando do seu
90 processamento, para a fabricação de suco, o bagaço, a casca e a coroa, os quais
91 representam 45% da fruta, que podem ser ensilados e substituir completamente a
92 silagem de capim elefante em dietas de ovinos confinados, sem alterar o consumo de
93 nutrientes pelos animais (Cutrim et al., 2013).

94 Entretanto, o uso de subprodutos na dieta de ruminantes deve ser combinado
95 com outros alimentos para estabelecer um teor nutricional cuidadosamente equilibrado
96 que permite a eficiente fermentação no rúmen (Gomes et al., 2012). Neste contexto, na

¹ Este artigo está submetido na Small Ruminat Research, seguindo suas normas de apresentação.

97 avaliação de subprodutos deve-se verificar, além de sua composição química, consumo
98 e digestão de nutrientes, a possibilidade de alteração de parâmetros ruminais, uma vez
99 que esses fatores são alguns dos atributos que determinam o nível de desempenho
100 animal (Santos et al., 2014).

101 Dessa forma, objetivou-se avaliar a utilização de torta de babaçu em
102 substituição ao farelo de soja em dietas de ovinos alimentados com silagem de resíduo
103 de abacaxi, bem como comparar a utilização da silagem de resíduo de abacaxi, em
104 detrimento à silagem de capim elefante como volumoso sobre o consumo,
105 digestibilidade de nutrientes, balanço de nitrogênio e parâmetros ruminais de ovinos.

106

107 **2. Material e Métodos**

108 2.1. Animais, instalações e dietas experimentais

109 O protocolo usado neste estudo está de acordo com os princípios éticos da
110 experimentação animal do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal e
111 foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal Rural
112 da Amazônia - UFRA, Brasil (003/2014).

113 O experimento foi conduzido no Setor de Pequenos Ruminantes da
114 UFRA/Campus de Parauapebas, Pará - Brasil. Utilizou-se dez ovinos mestiços de Santa
115 Inês, machos, castrados, com aproximadamente um ano de idade e peso médio
116 $43,77 \pm 2,82$ kg, os quais foram fistulados no rúmen e alojados individualmente em
117 gaiolas metabólicas de 1,0 m x 2,0 m, providas de comedouros e bebedouros, dispostas
118 em galpão experimental aberto construído no sentido leste-oeste com pé direito de 3m
119 de altura.

¹ Este artigo está submetido na Small Ruminant Research, seguindo suas normas de apresentação.

120 O delineamento experimental utilizado foi composto por dois quadrados latinos
121 simultâneos 5 x 5 (períodos x tratamentos). Cada período experimental teve duração de
122 14 dias, sendo os primeiros sete destinados à adaptação dos animais às dietas e os sete
123 dias restantes às coletas. Avaliou-se a substituição do farelo de soja pela torta de babaçu
124 em quatro níveis, sendo eles: 0; 26,66; 53,33 e 80%, utilizando-se silagem de resíduo de
125 abacaxi como fonte de volumoso. Foi avaliado mais um tratamento no qual a fonte de
126 volumoso era a silagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), e o
127 concentrado a base de milho e farelo de soja (Tabela 1 e 2), totalizando cinco
128 tratamentos experimentais, onde todas as dietas continham relação volumoso
129 concentrado 40:60. As dietas foram isoprotéicas, sendo ajustadas com variações na
130 quantidade de ureia e formuladas para atender aos requerimentos de ganho em peso de
131 200 g/animal/dia, para as exigências de animais de maturidade tardia - 0,4 (NRC, 2007).
132 Foram ajustadas também a relação cálcio:fósforo da dieta com calcário calcítico e
133 fosfato bicálcico (Tabela 2) para que se mantivessem na relação Ca:P de 1,4:1.

134

135

136

137

138

139

140

141

142

¹ Este artigo está submetido na Small Ruminat Research, seguindo suas normas de apresentação.

143 **Tabela 1.**

144 Composição química dos principais ingredientes das dietas experimentais

Composição química (g/kg de MS)	Silagem de capim elefante	Silagem de resíduo de abacaxi	Farelo de soja	Torta de babaçu	Milho
Matéria seca (g/kg de MN)	208,1	156,2	868,4	868,7	163,0
Matéria orgânica	910,9	928,9	929,2	953,1	986,1
Matéria mineral	89,1	71,1	70,8	46,9	13,9
Proteína bruta	45,5	95,6	520,8	198,2	76,6
Extrato etéreo	20,8	32,1	11,3	68,1	48,7
FDN ^a	735,6	519,0	146,3	626,7	140,8
Fibra em detergente ácido	459,2	364,8	99,8	337,4	61,2
Lignina	64,2	47,2	8,6	94,8	10,5
CNF ^b	109,0	282,2	250,8	60,1	720,0
FDNi ^c	351,1	262,0	14,1	299,8	17,1

145 ^aFibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; ^b Carboidratos não fibrosos; ^c Fibra
146 em detergente neutro indigestível

147

148

149

150

151

152

153 **Tabela 2.**

154 Proporção de ingredientes e composição química das dietas

Item ^b	Substituição do farelo de soja pela torta de babaçu,				SCE ^a
	% MS				
	0	26,66	53,33	80	
<i>Proporção dos ingredientes, (g/kg de MS)</i>					
Silagem de capim elefante	-	-	-	-	400,0
Silagem de abacaxi	400,0	400,0	400,0	400,0	-
Torta de babaçu	-	66,7	133,3	200,0	-
Farelo de Soja	250,0	183,3	116,7	50,0	250,0
Milho	330,0	323,0	317,0	308,5	331,5
Ureia	-	7,0	13,5	20,5	3,5
Suplemento Mineral ^c	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Fosfato bicálcico	5,0	3,0	0,5	0,0	3,5
Calcário calcítico	7,0	9,0	11,0	13,0	3,5
<i>Composição química (g/kg de MS)</i>					
Matéria seca (g/kg de MN)	593,5	594,3	599,3	595,9	614,2
Matéria orgânica	930,8	932,7	935,0	935,5	928,2
Matéria mineral	64,2	64,3	64,5	64,5	68,3
Proteína bruta	193,7	191,2	187,4	184,7	183,6
Extrato etéreo	31,7	35,2	38,7	42,0	27,3
FDN ^d	290,6	321,7	352,8	383,7	377,5
Fibra em detergente ácido	191,1	206,5	222,0	237,3	228,9
Lignina	24,5	30,2	35,8	41,5	31,3
CNF ^e	419,7	400,1	380,8	361,7	349,6
FDNi ^f	118,3	137,2	156,1	175,0	149,6

¹ Este artigo está submetido na Small Ruminat Research, seguindo suas normas de apresentação.

155 ^a SCE: Tratamento no qual a fonte de volumoso era a silagem de capim elefante e o concentrado
156 a base de milho e farelo de soja; ^c Composição por kg: 82 g; Cobalto 30 mg; Cobre 350 mg;
157 Cromo 11,70 mg; Enxofre 11,70 g; Ferro 700 mg; Flúor 600 mg; Fósforo 60 g; Iodo 50 mg;
158 Manganês 1200 mg; Molibdênio 180 mg; Selênio 15 mg; Sódio 132 g; Zinco 2600 mg. ^d Fibra
159 em detergente neutro (corrigido para cinzas e proteína); ^e Carboidratos não fibrosos; ^f Fibra em
160 detergente neutro indigestível

161

162 Para a confecção das silagens de resíduo de abacaxi, composto por casca, coroa
163 e bagaço utilizou-se uma picadora estacionária sem peneira para triturar separadamente
164 (casca e coroa) e em seguida ensilados alternando-se as camadas de casca, bagaço e
165 coroa em tambores de polietileno de 200 litros onde a compactação foi realizada por
166 pisoteio e posteriormente, os silos foram vedados e fechados.

167 A silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) foi proveniente
168 de cultivar Cameroon Roxo, oriundo de capineira já estabelecida no setor de pequenos
169 ruminantes. A área apresenta pequena declividade e procedia-se adubação a cada corte
170 com 80 kg de nitrogênio e 30 kg de cloreto de potássio por hectare. O capim foi
171 mecanicamente cortado com aproximadamente 1,80 m de altura e 100 dias de rebrota, o
172 qual foi picado em partículas de 1,5 cm com ensiladeira acoplada em trator, fazendo a
173 compactação do material em silo de superfície após cada descarregamento.
174 Imediatamente após o corte e compactação do material, o silo foi vedado com lona
175 dupla face e aberto para o uso após 100 dias da ensilagem, o qual apresentava-se com
176 cheiro e cor característico de uma boa silagem. Em nenhuma das silagens houve o uso
177 de qualquer tipo de aditivos.

178 2.2. Procedimentos experimentais e análises laboratoriais

¹ Este artigo está submetido na Small Ruminat Research, seguindo suas normas de apresentação.

179 As dietas foram fornecidas, duas vezes ao dia, às 8h00 e às 16h00 e ajustadas de
180 forma a se manterem sobras de 10% do fornecido. Para o cálculo do consumo,
181 considerou-se os alimentos fornecidos bem como as sobras, computados do oitavo ao
182 décimo segundo dia de cada período experimental. Para quantificação da digestibilidade
183 procedeu-se a coleta total de fezes, durante o mesmo período de quantificação do
184 consumo. As fezes foram coletadas a cada oito horas com auxílio de bolsas coletoras, as
185 quais os animais foram previamente adaptados por três dias. Ao final de cada coleta, as
186 fezes eram pesadas e no final do dia homogeneizadas, quando retirava-se uma amostra a
187 qual era pesada, e pré-seca em estufa de ventilação forçada, a 55°C por 72 horas. Após
188 o processamento em moinho de facas com peneira contendo crivos de 1 mm era
189 elaborada uma amostra composta por animal em cada período, com base no peso seco
190 total de cada dia de coleta.

191 As amostras da silagem de resíduo de abacaxi e de capim elefante, dos
192 ingredientes do concentrado, das sobras e das fezes (processadas a 1 mm), foram
193 analisadas, quanto ao teor de matéria seca (INCT-CA G-003/1), matéria mineral (INCT-
194 CA M-001/1), proteína bruta (INCT-CA N-001/1), extrato etéreo (INCT-CA G-004/1),
195 fibra em detergente neutro, a qual foi corrigida para cinza e proteína (INCT-CA F-
196 001/1), fibra em detergente ácido (INCT-CA F-005/1) sendo que todos os
197 procedimentos seguiram as orientações descritas em Detmann et al. (2012).
198 Posteriormente determinou-se o consumo e a digestibilidade aparente da matéria seca e
199 dos nutrientes.

200 As amostras dos ingredientes e das sobras, trituradas a 2 mm foram utilizadas
201 para quantificar o consumo de fibra em detergente neutro indigestível (FDNi). As quais
202 foram pesadas em sacos de TNT, com dimensões 4 x 5 cm, mantendo uma relação de 20

¹ Este artigo está submetido na Small Ruminant Research, seguindo suas normas de apresentação.

203 mg de matéria seca por centímetro quadrado de superfície. Posteriormente, as amostras
204 foram incubadas por 288 horas no rúmen de ovinos fistulados. Após a retirada, as
205 amostras foram lavadas em água corrente e após secagem em estufa de ventilação
206 forçada a 55 °C analisou-se quanto aos teores fibra em detergente neutro (Valente et al.,
207 2011).

208 Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados de acordo com o proposto
209 por Detmann e Valadares Filho (2010) sendo:

$$210 \quad CNF = 100 - MM - EE - FDN - (\%PB - \%PB \text{ derivada da uréia} + \% \text{ da uréia}) \quad (1).$$

211 Em que, MM, EE, FDN e PB significam respectivamente, matéria mineral, extrato
212 etéreo, fibra em detergente neutro (isenta de cinzas e proteína) e proteína bruta. Obteve-
213 se o consumo de energia dos animais a partir do produto entre o consumo de matéria
214 seca e a densidade energética das dietas, determinadas a partir da fórmula recomendada
215 pelo NRC (2000):

$$216 \quad NDT (\%) = PBD + 2,25 \times EED + CNFD + FDND, \quad (2)$$

217 Sendo que PBD, EED, CNFD e FDND significam respectivamente, proteína
218 bruta digestível, extrato etéreo digestível, carboidratos não-fibrosos digestíveis e fibra
219 em detergente neutro (isenta de cinzas e proteína) digestível, calculados a partir dos
220 coeficientes de digestibilidade. A partir do NDT obteve-se a energia digestível (ED),
221 multiplicando-o por 4,409 e, posteriormente multiplicou-se o valor de ED pelo fator
222 0,82 para estimar o consumo de energia metabolizável (EM).

223 As amostras de urina, em cada período experimental, foram obtidas a partir de
224 coletas totais, em gaiolas metabólicas, dotadas de orifício que conduzia a urina até
225 recipientes contendo funis telados para evitar contaminações. Em cada recipiente foi
226 adicionado diariamente 100 mL de solução de ácido sulfúrico a 20%. As coletas de

¹ Este artigo está submetido na Small Ruminant Research, seguindo suas normas de apresentação.

227 urina foram realizadas durante cinco dias, nos mesmos dias das coletas de fezes (oitavo
228 ao décimo segundo dia) e sempre no mesmo horário. Ao final de cada dia determinou-se
229 o volume total da urina excretada, sendo em seguida, homogeneizada e retirada
230 diariamente uma amostra a qual foi analisada quanto aos teores de N total, pelo método
231 Kjeldahl, e N ureico (NUU) pelo método diacetil modificado (kits comerciais). Obteve-
232 se a concentração de N-uréico na urina por meio do produto da concentração da ureia na
233 urina por 0,466, correspondente ao teor de N na ureia.

234 O balanço de nitrogênio (BN) foi realizado segundo Decandia et al. (2000),
235 determinando-se a quantidade média de nitrogênio ingerido durante os cinco dias em
236 que se mediu o consumo dos animais e descontando desse valor a quantidade excretada
237 pelos animais, expresso em g/animal/dia, e calculado pelas expressões:

$$238 \quad N_{\text{retido}} = N_{\text{ingerido}} - (N_{\text{fezes}} + N_{\text{urina}}); \quad (3)$$

$$239 \quad N_{\text{absorvido}} = N_{\text{ingerido}} - N_{\text{fezes}}; \quad (4)$$

240 No décimo terceiro dia de cada período experimental foi realizada coleta de
241 sangue via punção da veia jugular, quatro horas após o fornecimento da ração. As
242 amostras de sangue coletadas em tubos de ensaio foram imediatamente centrifugadas a
243 2700 rpm por 20 minutos, obtendo-se o soro sanguíneo, que em seguida foi armazenado
244 a -20°C, para posteriormente ser analisado quanto à sua concentração de nitrogênio
245 ureico no soro (NUS). Para as análises de NUS as amostras foram descongeladas à
246 temperatura ambiente e avaliadas segundo o mesmo método anteriormente descrito para
247 a urina.

248 Para avaliação do pH do líquido ruminal e da concentração de nitrogênio
249 amoniacal ruminal (N-NH₃), realizou-se coletas de líquido ruminal no décimo quarto
250 dia de cada período experimental nos horários 0, 6, 12, e 18 horas após a primeira

¹ Este artigo está submetido na Small Ruminant Research, seguindo suas normas de apresentação.

251 alimentação (8h00). As leituras de pH do líquido ruminal foram realizadas
252 imediatamente após as coletas, utilizando-se potenciômetro digital. Depois de obtidas as
253 leituras de pH, alíquotas de 50 mL de líquido ruminal foram filtradas por uma camada
254 tripla de gaze, adicionadas em um recipiente contendo 1mL de H₂SO₄ (1:1) e
255 congeladas a -20°C para posterior análise quanto às concentrações de nitrogênio
256 amoniacal ruminal, segundo o método colorimétrico INCT-CA N-006/1 descrito por
257 Detmann et al. (2012).

258

259 2.3. Análises estatísticas

260 Foram realizadas análises de variância e regressão, adotando-se 0,05 como nível
261 crítico de probabilidade para o erro tipo I. As comparações entre tratamentos foram
262 realizadas de acordo com os seguintes contrastes: efeito linear e quadrático para os
263 níveis de substituição do farelo de soja pela torta de babaçu (0; 26,66; 53,33; 80% de
264 substituição); e efeito de “Volumoso” (silagem de resíduo de abacaxi e 0% de inclusão
265 de torta de babaçu *versus* tratamento com silagem de capim elefante como fonte de
266 volumoso e 0% de inclusão de torta de babaçu). As avaliações da variável pH e
267 nitrogênio amoniacal ruminal foram realizadas mediante subdivisão de parcelas em
268 função dos tempos de avaliação (horas após a primeira alimentação). Todos os
269 procedimentos estatísticos foram conduzidos por intermédio do programa SAS
270 (Statistical Analysis System).

271

272 3. Resultados

273 O consumo de matéria seca e fibra em detergente neutro expresso em
274 porcentagem do peso vivo e em quilogramas por dia, bem como os consumos de MO,

¹ Este artigo está submetido na Small Ruminant Research, seguindo suas normas de apresentação.

275 PB, EE, CHOT, NDT e EM em quilogramas por dia não foram afetados ($P>0,05$) pela
276 inclusão da torta de babaçu nas dietas. No entanto, o consumo de fibra em detergente
277 neutro indigestível aumentou linearmente ($P<0,05$) ($Y = 0,165 + 0,0005x$) com a
278 inclusão da torta de babaçu (Tabela 3). Por outro lado, o consumo de CNF decresceu
279 linearmente ($P<0,05$) ($Y = 0,6178 - 0,001x$) com as maiores proporções da torta de
280 babaçu.

281 Houve diferença ($P<0,05$) entre as fontes de volumoso (silagem de resíduo de
282 abacaxi - SRA e silagem de capim elefante), em que os animais alimentados com SRA
283 consumiram maiores quantidades de nutrientes (MS, PB, EE, MO, CNF, CHOT e NDT)
284 do que os animais alimentados com silagem de capim elefante.

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299

300

¹ Este artigo está submetido na Small Ruminant Research, seguindo suas normas de apresentação.

301 **Tabela 3.**

302 Consumo de matéria seca e nutrientes em função da substituição do farelo de soja pela torta de
 303 babaçu, em dietas de ovinos contendo silagens de resíduo abacaxi ou capim elefante como
 304 volumosos

Item ^b	Substituição do farelo de soja				SCE	EPM	P-valor ^a		
	pela torta de babaçu, % MS						L	Q	Volumoso
	0	26,66	53,33	80					
<i>Consumo de nutrientes, % do peso corporal</i>									
MS	3,12	2,49	2,96	2,72	2,86	0,067	0,697	0,439	0,510
FDN	0,96	0,90	1,00	1,05	1,00	0,016	0,321	0,610	0,746
<i>Consumo de nutrientes, kg/dia</i>									
MS	1,38	1,32	1,29	1,25	1,03	0,025	0,300	0,814	0,005
FDN	0,39	0,42	0,45	0,47	0,37	0,010	0,051	0,921	0,688
PB	0,27	0,25	0,24	0,23	0,19	0,006	0,082	0,705	0,003
EE	0,04	0,05	0,05	0,05	0,03	0,002	0,055	0,969	0,000
MO	1,29	1,23	1,20	1,17	0,96	0,024	0,324	0,828	0,005
CNF	0,63	0,56	0,52	0,48	0,38	0,020	0,002	0,697	0,000
FDNi	0,16	0,18	0,20	0,20	0,15	0,006	0,007	0,700	0,484
CHOT	0,98	0,94	0,92	0,89	0,74	0,017	0,319	0,838	0,006
NDT	1,06	1,02	0,95	0,93	0,76	0,023	0,113	0,838	0,002
CEM, Mcal/dia	3,85	3,68	3,44	3,37	2,75	0,083	0,113	0,838	0,002

305 ^a Probabilidade: L – linear; Q - quadrático; Volumoso – efeito do contraste entre o tratamento
 306 0% de inclusão de torta de babaçu com silagem de resíduo de abacaxi x dieta contendo silagem
 307 de capim elefante como fonte de volumoso.

308 ^b SCE = Silagem de capim elefante como volumoso e o concentrado a base de milho e farelo de
 309 soja; EPM = Erro padrão da média; MS = Matéria seca; MO = matéria orgânica; FDN = Fibra

310 em detergente neutro (corrigido para cinza e proteína), PB = Proteína bruta; EE = Extrato
311 etéreo; CNF = Carboidratos não fibrosos; FDNi = Fibra em detergente neutro indigestível;
312 CHOT = Carboidratos totais; NDT = Nutrientes digestíveis totais; CEM = Consumo de energia
313 metabolizável.

314

315 Maiores proporções de torta de babaçu nas dietas resultaram em reduções
316 lineares ($P < 0,05$) na digestibilidade da matéria seca ($Y = 88,221 - 0,026x$), da fibra em
317 detergente neutro ($Y = 63,728 - 0,058x$), matéria orgânica ($78,753 - 0,0578x$)
318 carboidratos não fibrosos ($Y = 89,316 - 0,028x$) e carboidratos totais ($Y = 78,685 -$
319 $0,080x$) ao passo que a digestibilidade do extrato etéreo aumentou linearmente ($Y =$
320 $82,669 + 0,086x$) (Tabela 4). Entretanto, para a digestibilidade da proteína bruta não
321 houve efeito ($P > 0,05$) da adição da torta de babaçu (Tabela 4). Houve efeito do
322 volumoso sobre a digestibilidade dos carboidratos totais, nutrientes digestíveis totais
323 (em porcentagem) e energia metabolizável (Mcal/kg) ($P < 0,05$), em que os animais
324 alimentados com dieta composta por silagem de capim elefante apresentaram menores
325 valores.

326

327

328

329

330

331

332

333

334

¹ Este artigo está submetido na Small Ruminant Research, seguindo suas normas de apresentação.

335 **Tabela 4.**

336 Digestibilidade da matéria seca e nutrientes em função da substituição do farelo de soja pela
 337 torta de babaçu, em dietas de ovinos contendo silagens de resíduo abacaxi ou capim elefante
 338 como volumosos

Item, % ^b	Substituição do farelo de soja						P-valor ^a		
	pela torta de babaçu, % MS				SCE	EPM	L	Q	Volumoso
	0	26,66	53,33	80					
MS	76,47	76,62	72,84	72,53	74,65	0,547	0,000	0,613	0,090
FDN	63,24	63,83	60,71	60,70	63,82	0,424	0,040	0,623	0,871
PB	78,38	80,10	77,13	78,32	79,23	0,305	0,507	0,959	0,554
EE	82,32	85,82	86,72	89,72	82,09	0,807	<0,0001	0,729	0,778
MO	78,31	78,40	74,64	74,41	76,50	0,542	<0,0001	0,646	0,072
CNF	88,84	89,59	87,16	87,09	88,40	0,306	0,006	0,329	0,515
CHOT	78,26	77,69	73,32	72,53	75,66	0,721	<0,0001	0,594	0,020
%NDT	76,81	77,38	74,07	74,31	74,36	0,427	0,002	0,609	0,025
EM, Mcal/kg	2,78	2,80	2,68	2,69	2,69	0,015	0,002	0,609	0,025

339 ^a Probabilidade: L – linear; Q - quadrático; Volumoso = efeito do contraste entre o tratamento
 340 0% de inclusão de torta de babaçu com silagem de resíduo de abacaxi x dieta contendo silagem
 341 de capim elefante como fonte de volumoso.

342 ^b SCE = Silagem de capim elefante como volumoso e o concentrado a base de milho e farelo de
 343 soja; MS = Matéria seca; MO = matéria orgânica; FDN = Fibra em detergente neutro (corrigido
 344 para cinza e proteína); PB = Proteína bruta; EE = Extrato etéreo; CNF = Carboidratos não
 345 fibrosos; CHOT = Carboidratos totais; NDT = Nutrientes digestíveis totais; EM = Energia
 346 metabolizável.

347

348 A substituição do farelo de soja pela torta de babaçu não afetou ($P>0,05$) o
 349 consumo e a excreção de nitrogênio (N) na urina e nas fezes, nem tão pouco o balanço
 350 de N e N-ureico no plasma e urina (Tabela 5). Entretanto, houve efeito da fonte de
 351 volumoso ($P<0,05$) quanto ao N consumido, N das fezes, N retido, N absorvido, N
 352 retido/ingerido e N retido/absorvido, em que os animais alimentados com silagem de
 353 capim elefante obtiveram os menores valores para todos os parâmetros, mesmo não
 354 havendo efeito ($P>0,05$) sobre o nitrogênio ureico no plasma e na urina.

355 **Tabela 5.**

356 Balanço de compostos nitrogenados em função da substituição do farelo de soja pela torta de
 357 babaçu, em dietas de ovinos contendo silagens de resíduo abacaxi ou capim elefante como
 358 volumosos

Item ^b	Substituição do farelo de soja						P-valor ^a		
	pela torta de babaçu, % MS				SCE	EPM	L	Q	Volumoso
	0	26,7	53,33	80					
<i>Valores de nitrogênio total, g/dia</i>									
Consumo de N	43,16	40,10	37,94	36,54	30,85	0,961	0,082	0,705	0,003
N fezes	9,41	7,98	8,56	7,91	6,18	0,243	0,163	0,609	0,001
N urina	14,56	13,37	12,74	14,79	15,49	0,269	0,979	0,189	1,000
N Retido	19,19	18,76	16,64	13,84	9,18	0,849	0,059	0,719	0,003
N absorvido	33,75	32,13	29,38	28,64	24,67	0,755	0,080	0,748	0,006
Retido/ingerido	0,45	0,47	0,44	0,37	0,17	0,022	0,538	0,754	0,036
Retido/absorvido	0,57	0,59	0,57	0,48	0,19	0,030	0,580	0,784	0,032
<i>Nitrogênio ureico, mg/Dl</i>									
NUS	10,49	12,00	11,60	11,59	13,05	0,201	0,136	0,158	0,569
NUU	54,42	61,56	59,54	56,64	67,73	1,065	0,964	0,311	0,209

¹ Este artigo está submetido na Small Ruminant Research, seguindo suas normas de apresentação.

359 ^a Probabilidade: L – linear; Q - quadrático; Volumoso = efeito do contraste entre o tratamento
360 0% de inclusão de torta de babaçu com silagem de resíduo de abacaxi x dieta contendo silagem
361 de capim elefante como fonte de volumoso.

362 ^b SCE = Silagem de capim elefante como volumoso e o concentrado a base de milho e farelo de
363 soja; EPM = Erro padrão da média; NUS = Nitrogênio ureico plasmático; NUU = Nitrogênio
364 ureico urinário.

365

366 Não foi observado interação entre os efeitos de tratamento e de tempo de
367 avaliação ($P>0,05$) para nitrogênio amoniacal ruminal ($N-NH_3$) e pH ruminal, dessa
368 forma, as variáveis foram avaliadas de forma independente (Tabela 6). Os níveis de $N-$
369 NH_3 e pH ruminal não foram afetados pelos tratamentos ($P>0,05$). Houve variação da
370 concentração de $N-NH_3$ em relação ao momento de coleta ($P<0,05$), apresentando efeito
371 quadrático ($P<0,05$) ($Y = 16,610 + 0,791x - 0,034x^2$), em que o nível máximo de $N-$
372 NH_3 foi observado 12 horas após a primeira alimentação. Da mesma forma, observou-se
373 efeito quadrático ($P<0,05$) para a variável pH ($Y = 6.632 - 0.122x + 0.005x^2$) do líquido
374 ruminal em função do horário de coleta, em que o valor máximo de pH foi observado
375 imediatamente antes da primeira alimentação (Figura 1).

376

377

378

379

380

381

¹ Este artigo está submetido na Small Ruminat Research, seguindo suas normas de apresentação.

382 **Tabela 6.**

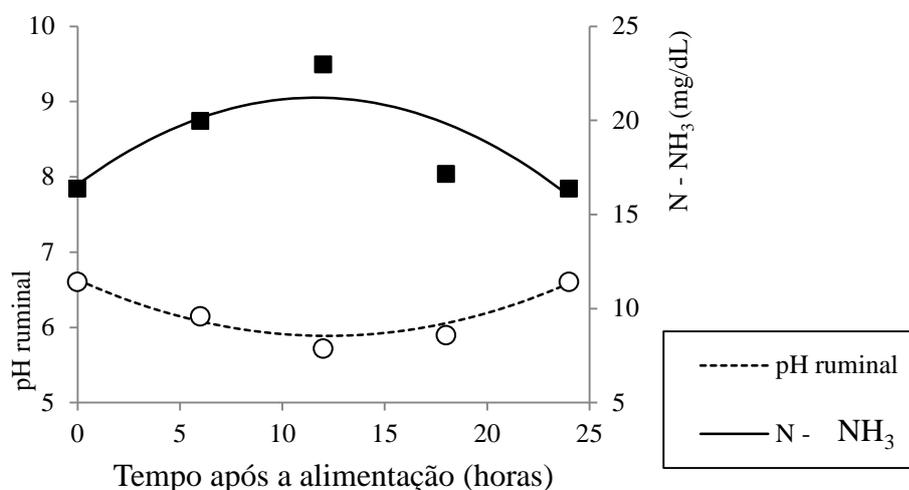
383 Parâmetros ruminiais em função da substituição do farelo de soja pela torta de babaçu, em dietas
 384 de ovinos contendo silagens de resíduo abacaxi ou capim elefante como volumosos

Tempo de coleta (h) ^a	Substituição do farelo de soja pela torta de babaçu, % MS				SCE ^b	EPM ^b	P-valor ^c		
	0	26,55	53,33	80			Trat.	Tempo	Trat x temp
<i>Nitrogênio amoniacal, mg/Dl</i>									
0	18,98	14,4	18,15	14,33	15,96	0,6			
6	18,92	13,56	26,05	27,38	13,9	1,68			
12	23,71	20,34	22,47	26,6	21,75	0,65	0,283	0,001	0,446
18	17,06	13,37	21,91	19,01	14,4	0,92			
Média	19,67	15,42	22,15	21,83	16,5	0,96			
<i>pH ruminal</i>									
0	6,5	6,62	6,59	6,58	6,72	0,02			
6	6	6,24	6,09	6,15	6,24	0,03	0,327	<0,001	0,859
12	5,71	5,83	5,66	5,7	5,68	0,02			
18	5,86	5,96	5,82	5,89	5,94	0,02			
Média	6,02	6,16	6,04	6,08	6,15	0,02			

385 ^aTempo de coleta em horas após a primeira alimentação do dia;

386 ^bSCE = Silagem de capim elefante como volumoso e o concentrado a base de milho e farelo de
 387 soja; EPM = Erro padrão da média;

388 ^c Probabilidade: Trat. = Efeito do nível de inclusão de torta de babaçu nas dietas; Tempo =
 389 efeito do horário de coleta sobre as variáveis; Trat. x tempo = interação entre tratamento e
 390 horário de coleta.



391

392 Figura 1. Oscilação estimada (linhas) e observadas (marcadores) do N-NH₃ e pH
 393 ruminal de acordo com os horários de coleta, considerando a média dos tratamentos

394

395 4. Discussão

396 O acréscimo no consumo de fibra em detergente neutro indigestível (FDNi)
 397 (Tabela 3) com a inclusão de torta de babaçu, certamente, ocorreu devido ao aumento da
 398 FDNi em dietas com maiores níveis de inclusão, uma vez que a torta de babaçu possui
 399 maior teor deste nutriente (29,98%) em comparação ao farelo de soja (14,1%, Tabela 1)
 400 e, portanto aumentando a proporção deste nas dietas experimentais contendo torta de
 401 babaçu. O aumento no teor FDNi poderia ter proporcionado efeito do enchimento como
 402 mecanismo regulador do consumo de matéria seca pelo aumento do tempo de retenção
 403 da dieta no rúmen (Mertens, 1994). No entanto, esse fator não foi suficiente para causar
 404 limitação física e reduzir o consumo de matéria seca (Tabela 3) das dietas acrescidas de
 405 torta de babaçu, possivelmente devido às características físicas da torta que se
 406 apresentava com baixa granulometria e, conseqüentemente com baixa efetividade da

¹ Este artigo está submetido na Small Ruminant Research, seguindo suas normas de apresentação.

407 fibra no rúmen, em que ao serem ingeridas pelos ovinos provavelmente foram
408 rapidamente digeridas, evitando o efeito de enchimento (Mertens, 1992).

409 Tais características da torta de babaçu tornaram mais eficiente o processo de
410 degradação, por garantir superfície de contato suficiente para a colonização de
411 microrganismos e reduzindo a capacidade de retenção destas partículas no rúmen
412 (Kamers e Allen, 2012). Além disso, mesmo os mais altos níveis de FDN das dietas
413 (383,7 g/kg de MS; Tabela 2) correspondente a 80% de inclusão torta de babaçu não
414 foram suficientes em promover efeito em sua ingestão e ainda permaneceram abaixo
415 dos valores de FDN (550 a 600 g/kg de MS) negativamente correlacionados à ingestão
416 de matéria seca (Van Soest, 1965).

417 Resultados semelhantes foram encontrados por Fredin et al. (2015) que ao
418 substituírem silagem de alto grão de milho por silagem de milho com pouco grão na
419 dieta de vacas em lactação, observaram aumento no conteúdo de fibra em detergente
420 neutro de 260 para 320 g/kg de MS, no entanto, não verificaram efeitos sobre o
421 consumo de matéria seca, tendo os autores justificado a ausência de efeitos pela baixa
422 efetividade da fibra e ao fato destas concentrações serem menos do que o necessário
423 para induzir uma resposta negativa em CMS devido à distensão ruminal (Allen, 2000).

424 De acordo com Allen (1996), à medida que a fibra em detergente neutro
425 potencialmente digestível (FDN_{pd}) reduz no rúmen em função da degradação, a
426 proporção de fibra em detergente neutro indigestível aumenta; de modo que o
427 desprendimento destas frações aumenta a densidade da fibra em detergente neutro
428 indigestível carreando-a para a porção mais ventral do rúmen, próximo da zona de
429 escape de forma que quanto mais rápido ocorrer a degradação ruminal da FDN_{pd}, mais
430 rápido ocorrerá a saída da fibra em detergente neutro indigestível, aumentando o espaço

¹ Este artigo está submetido na Small Ruminant Research, seguindo suas normas de apresentação.

431 disponível para que o animal consuma mais alimento (Tabela 3). Nesse contexto,
432 acredita-se que embora tenha ocorrido redução na digestibilidade da fibra em detergente
433 neutro, tal alteração não reduziu a taxa de passagem e assim não alterou a ingestão de
434 matéria seca, mesmo nos animais alimentados com os maiores teores de torta de babaçu

435 Outro aspecto relevante do aproveitamento da torta de babaçu pode ser notado
436 pela quantidade de energia das dietas experimentais sendo comprovada pela não
437 variação dos níveis de nutrientes digestíveis totais (NDT) (Tabela 4). Essa hipótese é
438 explicada em parte, pelo aumento na digestibilidade do EE (Tabela 4) que, devido a sua
439 alta densidade energética (9,4 kcal/g), colaborou para a ausência de efeito sobre o NDT
440 mesmo tendo reduzido a digestibilidade da matéria seca, fibra em detergente neutro e
441 reduzido o consumo de carboidratos não fibrosos.

442 Contudo, a redução na digestibilidade da matéria seca e carboidratos totais
443 (Tabela 4) observada com a inclusão de torta de babaçu provavelmente, ocorreu devido
444 a redução no consumo de carboidratos não fibrosos e aos incrementos no consumo de
445 fibra em detergente neutro indigestível (Tabela 3) com a inclusão da torta de babaçu,
446 podendo ser explicado pela redução no teor de carboidratos não fibrosos à medida que
447 aumentou a proporção de torta de babaçu nas dietas. Dessa forma, houve maior
448 concentração de carboidratos estruturais nas dietas e, portanto, maior consumo, que os
449 carboidratos facilmente fermentáveis presentes no farelo de soja, promovendo redução
450 na digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, carboidratos não fibrosos e
451 carboidratos totais.

452 A ausência de efeitos na ingestão de proteína bruta com a substituição do farelo
453 de soja (Tabela 3), provavelmente ocorreu devido à manutenção de dietas isoprotéicas
454 (Tabela 1) por meio da adição de ureia nas dietas com os níveis mais elevados de torta

¹ Este artigo está submetido na Small Ruminant Research, seguindo suas normas de apresentação.

455 de babaçu. Apesar da utilização da ureia para manter as dietas isoprotéicas, o valor
456 nutricional da torta de babaçu se torna evidente ao verificar a ausência de efeitos sobre a
457 digestibilidade deste nutriente, onde todas as dietas atingiram níveis acima de 75%
458 (Tabela 4). Considerando que a torta de babaçu substituiu o farelo de soja (até 80%),
459 tradicionalmente utilizado como fonte de proteína, ressalta-se seu potencial como fonte
460 de proteína alternativa nas dietas de ovinos quando a fonte de volumoso for a silagem
461 de resíduo de abacaxi.

462 Outro aspecto que corrobora com a eficiência de digestão da proteína nas dietas
463 com adição de torta de babaçu é a ausência de efeitos no consumo, retenção e absorção
464 de nitrogênio entre as dietas experimentais. Segundo Hennessy e Nolan (1988) em
465 dietas com deficiência de nitrogênio a maior parte da ureia é reciclada para prover
466 suprimento adequado de nitrogênio no rúmen e, portanto tende a ocorrer redução na
467 excreção via urina. Por outro lado, o excesso de nitrogênio em ruminantes causa
468 aumento nos níveis de amônia circulante e posteriormente, aumento nos níveis séricos e
469 urinários de ureia. Entretanto, no presente trabalho, os valores de nitrogênio ureico
470 urinário foram iguais entre as dietas experimentais, bem como os valores de nitrogênio
471 ureico no soro comprovando que não houve alterações na reciclagem de ureia com a
472 adição de torta de babaçu nas dietas. Dessa forma, acredita-se que a torta de babaçu
473 quando em substituição parcial ao farelo de soja, supre as demandas de nitrogênio.

474 A soma destes fatores sugere que os animais tiveram boa disponibilidade de
475 nitrogênio para suas demandas no metabolismo microbiano e assim supõe-se que estes
476 poderão ter desempenho semelhante àqueles alimentados com farelo de soja, pois de
477 acordo com Detmann et al. (2014b), o balanço de nitrogênio no rúmen entra em
478 equilíbrio a partir de concentrações mínimas de 9,2 mg N-NH₃/dL de fluido ruminal.

¹ Este artigo está submetido na Small Ruminant Research, seguindo suas normas de apresentação.

479 Considerando os níveis de nitrogênio amoniacal no presente estudo em torno de 19
480 mg/dL (Tabela 6) os animais provavelmente, tiveram boa oportunidade de deposição do
481 nitrogênio, a partir do maior crescimento microbiano e fluxo de proteína microbiana
482 para o abomaso. Além disso, os valores de nitrogênio amoniacal (Figura 1) ficaram
483 dentro da faixa ideal (10 a 20 mg/dL) para otimizar a degradação ruminal e o consumo
484 de matéria seca, podendo obter o máximo crescimento microbiano (Leng, 1990) em
485 conjunto com as medias de pH (Figura 1) que também ficaram dentro da faixa (6,0 –
486 7,0) considerada adequada para o crescimento de microrganismos, fermentação e
487 degradação da fibra (Wanapat, 1990; Wanapat e Pimpa, 1999).

488 Em relação à fonte de volumoso, os animais alimentados com silagem de resíduo
489 de abacaxi apresentaram ingestão de matéria seca superior ($P < 0,05$) àqueles
490 alimentados com silagem de capim elefante (Tabela 3). Isto pode ser explicado pelo
491 aumento na concentração de carboidratos não fibrosos, melhorando o fluxo da digesta
492 no trato gastrointestinal (Lins et al., 2016) e menor teor de fibra em detergente neutro
493 nas dietas a base de silagem de resíduo de abacaxi, o que promoveu melhor
494 digestibilidade de matéria seca (Tabela 4), pois o conteúdo de fibra em detergente
495 neutro do alimento correlaciona-se com o consumo de matéria seca, visto que a
496 fermentação e a taxa de passagem da fração fibrosa pelo rúmen-retículo são mais lentos
497 que outros constituintes dietéticos, tendo grande efeito sobre o enchimento e tempo de
498 permanência no rúmen (Van Soest, 1965; Campos, et al., 2010). Aliado a isso, o maior
499 valor de fibra em detergente neutro indigestível e maior teor de lignificação das dietas
500 contendo silagem de capim elefante (Tabela 2) provavelmente, influenciaram o
501 consumo de matéria seca (Detmann et al., 2014) e a menor digestibilidade de nutrientes

¹ Este artigo está submetido na Small Ruminant Research, seguindo suas normas de apresentação.

502 nas dietas contendo silagem de capim elefante (Cutrim et al., 2013; Murta et al., 2011;
503 Oliveira et al., 2011).

504 Ressalta-se que em virtude do maior consumo de matéria seca para a dieta
505 composta por silagem de resíduo de abacaxi também observou-se maior consumo de
506 proteína bruta, extrato etéreo, matéria orgânica e carboidratos não fibrosos nesta dieta
507 (Tabela 3). Além disso, obteve-se os maiores valores de digestibilidade de carboidratos
508 totais e porcentagem de nutrientes digestíveis totais para a dieta contendo silagem de
509 resíduo de abacaxi como volumoso (Tabela 4) podendo ser um indicativo de melhora na
510 condição ruminal para digestão (Gomes et al., 2012; Conceição, et al., 2016). Dessa
511 forma, pode se inferir que os menores valores observados para consumo, retenção e
512 absorção de nitrogênio (Tabela 5) para a dieta composta por silagem de capim elefante
513 ocorreram em consequência do menor consumo de matéria seca e proteína bruta nestas
514 dietas.

515

516 **5. Conclusão**

517 Em dietas para ovinos o farelo de soja pode ser substituído por torta de babaçu
518 em até 80% quando a fonte de volumoso for a silagem do resíduo de abacaxi sem
519 comprometer o consumo de matéria seca, fibra em detergente neutro, proteína bruta, o
520 balanço de nitrogênio, níveis de nitrogênio amoniacal e pH do líquido ruminal. A
521 substituição da silagem de resíduo de abacaxi pela silagem de capim elefante melhora o
522 consumo de nutrientes e o balanço de nitrogênio em ovinos.

523

524 **Agradecimentos**

525 Os autores agradecem ao CNPq pelo financiamento da pesquisa.

¹ Este artigo está submetido na Small Ruminant Research, seguindo suas normas de apresentação.

526 **Referências**

- 527 Allen, M.S., 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating
528 dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 83, 1598–1624.
- 529 Allen, M.S., 1996. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *J.*
530 *Ani. Sci.*, v.74, p.3063-3075.
- 531 Campos, P.R.S., Valadares Filho, S.C., Detmann, E., Cecon, P.R., Leão, M.I.G., Lucchi,
532 B.B., Souza, S.M., Pereira, O.G., 2010. Consumo, digestibilidade e estimativa do
533 valor energético de alguns volumosos por meio da composição química. *Rev. Ceres*,
534 57, 079-086.
- 535 Conceição, M.G., Ferreira, M.A.F., Campos, J.M.S., Silva, J.L., Detmann, E., Siqueira,
536 M.C.B., Barros, L.J.A., Costa, C.T.F., 2016. Replacement of wheat bran with
537 pineless cactus in sugarcane-based diets for steers. *Rev. Bras. Zootec.*, 45, 158-164.
- 538 Cutrim, D.O., Alves, K.S., Neiva, J.N.M., Oliveira, L.R.S., Mezzomo, R., Elias, A.K.S.,
539 Mata, V.J.V., Santos, R.C., Gomes, D.I., 2013. Replacement levels of elephant grass
540 by moist pineapple by-product silage in diets of Santa Ines crossbred sheep:
541 performance and digestibility. *Trop. Anim. Health Prod.*, 45, 585 – 592.
- 542 Decandia, M., Sitzia, M., Cabiddu, A., Kababya, D., Molle, G., 2000. The use of
543 polyethylene glycol to reduce the anti-nutritional effects of tannins in goat fed woody
544 species. *Small Rumin. Res.*, 38, 157-164.
- 545 Detmann, E., Gionbelli, M. P., Huhtanen, P., 2014. A meta-analytical evaluation of
546 the regulation of voluntary intake in cattle fed tropical forage-based diets. *J.*
547 *Ani. Sci.*, 92, 4632-4641.

¹ Este artigo está submetido na Small Ruminat Research, seguindo suas normas de apresentação.

- 548 Detmann, E., Valente, E.E.L., Batista, E.D., Huhtanen, P., 2014b. An evaluation of the
549 performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures
550 with supplementation. *Livestock Sci.*, 162, 141-153.
- 551 Detmann, E, Souza, M. A., Valadares Filho, S. C., Queiroz, A. C., Berchielli, T. T.,
552 Saliba, E. O. S., Cabral, L. S., Pina, D. S., Ladeira, M. M., Azevedo, J. A. G., 2012.
553 Métodos para análise de alimentos - INCT - Ciência Animal, en Suprema, Visconde
554 do Rio Branco.
- 555 Detmann, E., Valadares Filho, S.C., 2010. On the estimation of non-fibrous
556 carbohydrates in feeds and diets. *Arq. Bras. de Med. Vet. e Zootec.*, 62, 980-984.
- 557 Fredin, S.M, Akins, M.S, Ferraretto, L.F, Shaver, R.D., 2015. Effects of corn-based diet
558 starch content and neutral detergent fiber source on lactation performance,
559 digestibility, and bacterial protein flow in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 98, 554 – 565.
- 560 Gomes, D.I, Vêras, R.M., Alves, K.S, Detmann, E., Oliveira, L.R.S., Mezzomo, R.,
561 Santos, R.B., Barcelos, S. S., 2012. Performance and digestibility of growing sheep
562 fed with açai seed meal-based diets. *Trop. Anim. Health Prod.*, 44, 1751–1757.
- 563 Hennessy, D.W., Nolan, J.V., 1988. Nitrogen kinetics in cattle fed a mature subtropical
564 grass hay with and without protein meal supplementation. *Aust. J. Agri. Res.*, 39,
565 1135-1150.
- 566 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Sistema de Recuperação
567 Automática (SIDRA). Pesquisa Pecuária Municipal, 2013. Disponível em:
568 <www.sidra.ibge.gov.br>. (Accessed 26.07.16).
- 569 Kammers K. L., Allen, M.S., 2012. Rates of particle size reduction and passage are
570 faster for legume compared with cool-season grass, resulting in lower rumen fill and
571 less effective fiber. *J. Dairy Sci.*, 95, 3288–3297.

¹ Este artigo está submetido na Small Ruminat Research, seguindo suas normas de apresentação.

- 572 Leng, R. A., 1990. Factors affecting the utilization of “poor-quality” forages by
573 ruminants particularly under tropical conditions. *Nut. Res. Rev.* 3, 277-303.
- 574 Lins, S.E.B., Pessoa, R. A.S., Ferreira, M.A., Campos, J.M.S., SILVA, J.A.B.A., Silva,
575 J.L., Santos, S.A., Melo, T.T.B., 2016. Spineless cactus as a replacement for wheat
576 bran in sugar cane-based diets for sheep: intake, digestibility, and ruminal
577 parameters. *Rev. Bras. Zootec.*, 45, 26-31.
- 578 Mertens, D.R., 1992. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e
579 formulação de rações. In: *Simpósio Internacional de Ruminantes, Lavras. Anais...*
580 *Lavras.*
- 581 Mertens, D.R., 1994. Regulation of forage intake. In: FAHEY, Jr; Based on the National
582 Conference on Forage Quality; Forage quality, evaluation, and utilization. American
583 Society of Agronomy, inc. Madison, Wisconsin.
- 584 Murta, R.M., Chaves, M.A., Pires, A.J.V., Veloso, C.M., Silva, F.F., Rocha Neto, A.L.,
585 Eustáquio Filho, A., Santos, P.E.F., 2011. Desempenho e digestibilidade aparente
586 dos nutrientes em ovinos alimentados com dietas contendo bagaço de cana-de-açúcar
587 tratado com óxido de cálcio. *Rev. Bras. Zootec.*, 40, 1325-1332.
- 588 NRC., 2007. Nutrient requirements of sheep. 6.th. rev. National Academy Press,
589 Washington, DC.
- 590 NRC., 2000. Nutrient requirements of beef cattle. 7.th. rev. National Academy Press,
591 Washington, D. C. 242 p.
- 592 Nussio, L.G., Campos, F.P., Lima, M.L.M., 2011. Metabolismo de carboidratos
593 estruturais, In: Berchielli, T.T., Pires, A.V. and Oliveira, S.G. (eds.), *Nutrição de*
594 *Ruminantes*, 2^a ed. FUNEP, Jaboticabal, SP, 193–238.

¹ Este artigo está submetido na Small Ruminant Research, seguindo suas normas de apresentação.

- 595 Oliveira, A.S., Detmann, E., Campos, J.M.S., Pina, D.S., Souza, S.M., Costa, M.G.,
596 2011. Meta-análise do impacto da fibra em detergente neutro sobre o consumo, a
597 digestibilidade e o desempenho de vacas leiteiras em lactação. Rev. Bras. De Zootec.
598 40, 1587– 595.
- 599 Sá, H.C.M., Borges, I., Macedo Júnior, G.L., Neiva, J.N.M, Sousa, J.T.L., Paula, S.M.,
600 2015. Consumo e comportamento ingestivo de ovinos mestiços alimentados com
601 torta do babaçu (*Orbignya* spp.). J. Biosci. 31, 107–113.
- 602 Santos, S.C., Fernandes, J.J.R., Carvalho, E.R., Gouvea, V.N., Lima, M.M., Dias, M.J.,
603 2014. Utilização da silagem de restos culturais do abacaxizeiro em substituição à
604 silagem de cana-de- açúcar na alimentação de ovinos. Cienc. Anim. Bras., 15, 400–
605 408.
- 606 Sniffen, C.J., Connor, J.D., Van Soest, P.J., 1992. A net carbohydrate and protein
607 system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. J. Ani.
608 Sic., 70, 3562-3577.
- 609 Sousa, R.S., Pires, A.J.V., Carvalho, G.G.P., Silva, F.F., Magalhães, A.F., Veloso,
610 C.M., 2010. Composição química de capim-tanzânia adubado com nitrogênio e
611 fósforo. Rev. Bras. de Zootec., 39, 1200-1205.
- 612 UNCTD – United Nations Conference on Trade and Development. Disponível em:
613 http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/INFOCOMM_cp09_Pineapple_en.pdf.
614 (Accessed 22.12.16).
- 615 Valente, T.N.P., Detmann, E., Valadares Filho, S.C., Cunha, M., Queiroz, A. C.,
616 Sampaio, C. B., 2011. In situ estimation of indigestible compounds contents in cattle
617 feed and feces using bags made from different textiles. Rev. Bras. de Zootec., v.40,
618 n.3, p. 666-675.

¹ Este artigo está submetido na Small Ruminat Research, seguindo suas normas de apresentação.

- 619 Van Soest, P. J., 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2th ed. Ithaca: Cornell
620 University Press.
- 621 Van Soest, P.J., 1965. Symposium on factors influencing the voluntary intake of
622 herbage by ruminants: voluntary intake relation to chemical composition on and
623 digestibility. J. Anim. Sc., 3, 834-844.
- 624 Wanapat, M., 1990. Nutritional aspects of ruminant production in Southeast Asia with
625 special reference to Thailand. Funny Press, Bangkok, Thailand, :217.
- 626 Wanapat, M., and Pimpa, O., 1999. Effect of Ruminant NH₃-N Levels on Ruminant
627 Fermentation, Purine Derivatives, Digestibility and Rice Straw Intake in Swamp
628 Buffaloes. Asian-Aust. J. Ani. Sci., 12, 904–907.
- 629
- 630
- 631
- 632
- 633
- 634

¹ Este artigo está submetido na Small Ruminant Research, seguindo suas normas de apresentação.

EFEITO DA TORTA DE BABAÇU E DA SILAGEM DE RESÍDUO DE ABACAXI SOBRE MICRORGANISMOS RUMINAIS E SEUS PRODUTOS DA FERMENTAÇÃO

RESUMO

O experimento foi conduzido na Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil, para avaliar a utilização da torta de babaçu em substituição ao farelo de soja e silagem de resíduo de abacaxi como volumoso em dietas de ovinos confinados e mais um tratamento utilizando silagem capim elefante. Foram utilizados dez ovinos fistulados no rúmen distribuídos em delineamento experimental composto por dois quadrados latinos simultâneos 5 x 5 (períodos x tratamentos), em que cada período experimental teve duração de 14 dias. A torta de babaçu (*Orbignya sp.*) substituiu o farelo de soja em quatro níveis de concentração (0; 26,66; 53,33 e 80%), sendo a fonte de volumoso a silagem de resíduo de abacaxi. Foi avaliado mais um tratamento, no qual a fonte de volumoso era a silagem de capim elefante, e o concentrado a base de milho e farelo de soja, totalizando cinco tratamentos, onde todas as dietas continham relação volumoso concentrado 40:60. As variáveis avaliadas foram produção e eficiência de síntese de proteína microbiana por meio da excreção de derivados de purina, concentração de ácidos graxos voláteis presentes no líquido ruminal e identificação e quantificação de protozoários ruminais. Não houve efeito ($P > 0,05$) da inclusão de torta de babaçu em substituição ao farelo de soja sobre as excreções de alantoína (8,90 mmol/dia), sobre a eficiência de síntese de proteína microbiana (61,34 g/kg de NDT ingerido), entretanto, observou-se efeito linear decrescente ($P < 0,05$) para produção de nitrogênio e proteína microbiana (g/dia). A concentração de ácidos graxos voláteis (acetato, butirato, propionato, isobutirato, valerato, isovalerato e succinato), e a relação acetato:propionato, níveis de pH, nitrogênio amoniacal e contagem e identificação de protozoários não foi influenciados ($P > 0,05$) pelos níveis de torta de babaçu nas dietas, sendo identificados e quantificados sete gêneros de protozoários (*Diplodinium*, *Elytroplastron*, *Entodinium*, *Eudiplodinium*, *Isotricha*, *Ostracodinium*, *Polyplastron*). Em dietas para ovinos o farelo de soja pode ser substituído por torta de babaçu em até 80% quando a fonte de volumoso for a silagem do resíduo de abacaxi sem comprometer a eficiência de síntese de proteína microbiana, a concentração de ácidos graxos voláteis e sem alterar os protozoários presentes no líquido ruminal. A substituição de silagem de capim elefante pela silagem de resíduo de abacaxi também não compromete nenhum dos fatores supracitados.

Palavras chave: Ácidos graxos voláteis. Eficiência microbiana. Protozoários. Subprodutos.

EFFECT OF BABASSU PIE AND PINEAPPLE RESIDUE SILAGE ON RUMINAL MICROORGANISMS AND THEIR FEMENTATION PRODUCTS

ABSTRACT

The experiment was conducted at the Amazon's Federal Rural University, Campus Parauapebas, Brazil, in order to evaluate the use of babassu cake as a replacement to soybean meal and pineapple residue silage as roughage source in diets for confined sheep and an additional treatment using elephant grass silage. The tests were performed with ten sheep specimens fistulated in the rumen and distributed in experimental design composed of two 5x5 Latin squares (5 periods x 5 treatments), in which each experimental period consisted of 14 days. The babassu cake (*Orbignya sp.*) replaced the soybean meal in four concentration levels (0; 26,66; 53,33 and 80%), being the pineapple residue silage used as roughage source. We evaluated an extra treatment, in which the roughage source was the elephant grass silage, and the concentrate was based on corn and soybean meal, adding up to five treatments, all of which respected the roughage -concentrate ratio of 40:60. The variables evaluated were the production and efficiency of microbial protein by means of excretion of purine derivatives, concentration of volatile fatty acids present in the ruminal liquid and identification and quantification of ruminal protozoa. There was no effect ($P > 0,05$) of the inclusion of babassu cake to replace soybean meal on the excretion of allantoin (8.90 mmol/day) or on the efficiency of the microbial synthesis (42.11 g/kg of ingested TDN). However, we observed a decreasing linear effect ($P < 0,05$) for the production of nitrogen and microbial protein (g/day). The concentration of volatile fatty acids (acetate, butyrate, propionate, isobutyrate, valerate, isovalerate, and succinate), and the ratio acetate:propionate, pH levels, ammoniacal nitrogen and count and identification of protozoa were not affected ($P > 0,05$) by the babassu cake contents of the diets, being identified and quantified seven protozoa genders (*Diplodinium*, *Elytroplastron*, *Entodinium*, *Eudiplodinium*, *Isotricha*, *Ostracodinium*, *Polyplastron*). In diets for sheep, the soybean meal can be replaced by babassu cake in up to 80% when the roughage source is the pineapple residue silage. That does not compromise the efficiency of the microbial synthesis, the concentration of volatile fatty acids and does not alter the protozoa present in the ruminal liquid. The replacement of elephant grass silage with pineapple residue silage also does not compromise none of the above cited factors.

Keywords: Byproducts. Microbial efficiency. Volatile fatty acids. Protozoa.

Introdução

Atualmente, muitos estudos vêm sendo desenvolvidos para agregar valor às frações de biomassa subutilizadas derivadas do processamento agroindustrial. Por outro lado, a intensificação dos sistemas de produção animal e as tentativas de reduzir os custos de produção de rações atendendo as exigências dos animais, têm incentivado a condução de muitas pesquisas nos últimos anos para verificar a possibilidade de utilização de subprodutos como ingredientes das dietas, considerando a disponibilidade regional, custo, logística de aquisição e qualidade nutricional.

Nesse contexto, a região Amazônica possui uma diversidade de produtos passíveis de utilização na alimentação de ruminantes. Dentre eles, a palmeira de babaçu (*Orbygnia speciosa*) produz amêndoas, que após o processamento por prensagem para retirada do óleo gera a torta de babaçu, um subproduto com aproximadamente 20% de proteína bruta. Algumas pesquisas já foram conduzidas para verificar seu uso como ingrediente na formulação de dietas, no entanto, a maioria dos trabalhos conduzidos discutiram características de carcaça, consumo de nutrientes e comportamento dos animais (LUZ, et al. 2017; SANTOS NETA, et al. 2016; SÁ et al. 2014), enquanto poucos estudos tem sido desenvolvidos para avaliar aspectos relacionados a fermentação ruminal.

Os microrganismos ruminais são sensíveis à alterações nas dietas e podem alterar sua resposta a alimentação, bem como reduzir o aproveitamento de nutrientes mediante a alterações nas características do líquido ruminal (HERNANDEZ-SANABRIA et al. 2012). Assim, as estratégias de manipulação das dietas devem considerar a otimização da fermentação ruminal e a maximização da eficiência de síntese de proteína microbiana fornecendo nutrientes em quantidade e qualidade de forma equilibrada de modo a garantir as condições adequadas para a manutenção e estabilidade da microbiota ruminal.

Dessa forma, objetivou-se avaliar a utilização de torta de babaçu em substituição ao farelo de soja em dietas de ovinos alimentados com silagem de resíduo de abacaxi, bem como comparar a utilização da silagem de resíduo de abacaxi, em detrimento à silagem de capim elefante como volumoso sobre a produção e eficiência de síntese de proteína microbiana, concentração de ácidos graxos voláteis no líquido ruminal e população de protozoários ruminais.

Material e Métodos

Animais, instalações e dietas experimentais

O protocolo usado neste estudo está de acordo com os princípios éticos da experimentação animal do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal e foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, Brasil (003/2014).

O experimento foi conduzido no Setor de Pequenos Ruminantes da UFRA/Campus de Parauapebas, Pará - Brasil. Utilizou-se dez ovinos mestiços de Santa Inês, machos, castrados, com aproximadamente um ano de idade e peso médio $43,77 \pm 2,82$ kg, os quais foram fistulados no rúmen e alojados individualmente em gaiolas metabólicas de 1,0 m x 2,0 m, providas de comedouros e bebedouros, dispostas em galpão experimental aberto construído no sentido leste-oeste com pé direito de 3m de altura.

O delineamento experimental utilizado foi composto por dois quadrados latinos simultâneos 5 x 5 (períodos x tratamentos). Cada período experimental teve duração de 15 dias, sendo os primeiros sete destinados à adaptação dos animais às dietas e dias subsequentes para às coletas. Avaliou-se a substituição do farelo de soja pela torta de babaçu em quatro níveis, sendo eles: 0; 26,66; 53,33 e 80%; utilizando-se silagem de resíduo de abacaxi como fonte de volumoso (Tabela 1 e 2). Foi avaliado mais um tratamento no qual a fonte de volumoso era a silagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), e o concentrado a base de milho e farelo de soja (Tabela 1 e 2), totalizando cinco tratamentos experimentais, em que todas as dietas continham relação volumoso:concentrado de 40:60. As dietas foram isoprotéicas, sendo ajustadas com variações na quantidade de ureia e formuladas para atender aos requerimentos de ganho em peso de 200 g/animal/dia, para as exigências de animais de maturidade tardia - 0,4 (NRC, 2007). Foram ajustadas também a relação cálcio:fósforo da dieta com calcário calcítico e fosfato bicálcico (Tabela 2) para que se mantivessem na relação Ca:P de 1,4:1.

Tabela 1. Composição química dos principais ingredientes das dietas experimentais

Item ¹	Silagem de capim elefante	Silagem de resíduo de abacaxi	Farelo de soja	Torta de babaçu	Milho
<i>Composição química (g/kg de MS)</i>					
Matéria seca (g/kg de MN)	208,1	156,2	868,4	868,7	163,0
Matéria orgânica	910,9	928,9	929,2	953,1	986,1
Matéria mineral	89,1	71,1	70,8	46,9	13,9
Proteína bruta	45,5	95,6	520,8	198,2	76,6
Extrato etéreo	20,8	32,1	11,3	68,1	48,7
FDN	735,6	519,0	146,3	626,7	140,8
FDA	459,2	364,8	99,8	337,4	61,2
Lignina	64,2	47,2	8,6	94,8	10,5
CNF	109,0	282,2	250,8	60,1	720,0
FDNi	351,1	262,0	14,1	299,8	17,1

FDN = Fibra em detergente neutro (corrigido para cinzas e proteína); FDA = Fibra em detergente ácido; CNF = Carboidratos não fibrosos; FDNi = Fibra em detergente neutro indigestível.

Tabela 2. Proporção de ingredientes e composição química das dietas

Item	Substituição do farelo de soja pela torta de				SCE ¹
	babaçu, % MS				
	0	26,66	53,33	80	
<i>Proporção dos ingredientes, (g/kg de MS)</i>					
Silagem de capim elefante	-	-	-	-	400,0
Silagem de abacaxi	400,0	400,0	400,0	400,0	-
Torta de babaçu	-	66,7	133,3	200,0	-
Farelo de Soja	250,0	183,3	116,7	50,0	250,0
Milho	330,0	323,0	317,0	308,5	331,5
Ureia	-	7,0	13,5	20,5	3,5
Suplemento Mineral ²	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Fosfato bicálcico	5,0	3,0	0,5	0,0	3,5
Calcário calcítico	7,0	9,0	11,0	13,0	3,5
<i>Composição química (g/kg de MS)</i>					
Matéria seca (g/kg de MN)	593,5	594,3	599,3	595,9	614,2
Matéria orgânica	930,8	932,7	935,0	935,5	928,2
Matéria mineral	64,2	64,3	64,5	64,5	68,3
Proteína bruta	193,7	191,2	187,4	184,7	183,6
Extrato etéreo	31,7	35,2	38,7	42,0	27,3
FDN ³	290,6	321,7	352,8	383,7	377,5
FDA ⁴	191,1	206,5	222,0	237,3	228,9
Lignina	24,5	30,2	35,8	41,5	31,3
CNF ⁵	419,7	400,1	380,8	361,7	349,6

¹ SCE: Tratamento no qual a fonte de volumoso era a silagem de capim elefante e o concentrado a base de milho e farelo de soja; ² Composição por kg: 82 g; Cobalto 30 mg; Cobre 350 mg; Cromo 11,70 mg; Enxofre 11,70 g; Ferro 700 mg; Flúor 600 mg; Fósforo 60 g; Iodo 50 mg; Manganês 1200 mg; Molibdênio 180 mg; Selênio 15 mg; Sódio 132 g; Zinco 2600 mg. ³ Fibra em detergente neutro (corrigido para cinzas e proteína); ⁴ Fibra em detergente ácido; ⁵ Carboidratos não fibrosos.

Para a confecção das silagens de resíduo de abacaxi; composto por casca, coroa e bagaço; utilizou-se picadora estacionária sem peneira para triturar separadamente (casca e coroa) e em seguida ensilados alternando-se as camadas de casca, bagaço e coroa em tambores de polietileno de 200 litros onde a compactação foi realizada por pisoteio e posteriormente, os silos foram vedados e fechados.

A silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Cameroon Roxo) foi oriundo de capineira já estabelecida no setor de pequenos ruminantes. A área apresenta

pequena declividade e procedia-se adubação a cada corte com 80 kg de nitrogênio e 30 kg de cloreto de potássio por hectare. O capim foi mecanicamente cortado com aproximadamente 1,80 m de altura e 100 dias de rebrota, o qual foi picado em partículas de 1,5 cm com ensiladeira acoplada em trator, fazendo a compactação do material em silo de superfície após cada descarregamento. Imediatamente após o corte e compactação do material, o silo foi vedado com lona dupla face e aberto para o uso após 100 dias da ensilagem, o qual apresentava-se com cheiro e cor característico de uma boa silagem. Em nenhuma das silagens houve o uso de qualquer tipo de aditivos.

Procedimentos experimentais e análises laboratoriais

As dietas foram fornecidas, duas vezes ao dia, às 8h00 e às 16h00 e ajustadas de forma a se manterem sobras de 10% do fornecido.

As amostras da silagem de resíduo de abacaxi e de capim elefante, dos ingredientes do concentrado (processadas à 1 mm), foram analisadas, quanto ao teor de matéria seca (INCT-CA G-003/1), matéria mineral (INCT-CA M-001/1), proteína bruta (INCT-CA N-001/1), extrato etéreo (INCT-CA G-004/1), fibra em detergente neutro, a qual foi corrigida para cinza e proteína (INCT-CA F-001/1), fibra em detergente ácido (INCT-CA F-005/1) sendo que todos os procedimentos seguiram as orientações descritas em Detmann et al. (2012).

As amostras de urina, em cada período experimental, foram obtidas a partir de coletas totais, em gaiolas metabólicas, dotadas de orifício que conduzia a urina até recipientes contendo funis telados para evitar contaminações. Em cada recipiente foi adicionado diariamente 100 mL de solução de ácido sulfúrico à 20%. As coletas de urina foram realizadas durante cinco dias (oitavo ao décimo segundo dia) e sempre no mesmo horário. Ao final de cada dia determinou-se o volume total da urina excretada, sendo em seguida, homogeneizada e retirada diariamente uma amostra a qual foi filtrada numa camada tripla de gaze, a qual era diluída em ácido sulfúrico a 0,036 N respeitando-se a proporção de 1 ml de urina para cada 4 ml de ácido sulfúrico, sendo em seguida armazenada a -20 °C para posterior análise de derivados de purinas.

Para avaliação do pH do líquido ruminal, concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (N-NH₃), ácidos graxos voláteis e contagem e identificação de protozoários, realizou-se coletas de líquido ruminal no décimo quarto dia de cada período experimental nos horários 0, 6, 12, e 18 horas após a primeira alimentação (8h00). Imediatamente após a filtragem do líquido procedia-se as leituras de pH do líquido ruminal, utilizando-se potenciômetro digital. Depois de obtidas as leituras de pH, alíquotas de 50 mL de líquido ruminal adicionadas em

um recipiente contendo 1mL de H₂SO₄ (1:1) e congeladas a -20°C para posterior análise quanto às concentrações de nitrogênio amoniacal ruminal, segundo o método colorimétrico INCT-CA N-006/1 descrito por Detmann et al. (2012). Uma alíquota de 50 ml do filtrado foi congelada a -80 °C para avaliação de ácidos graxos voláteis em cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC), segundo metodologia descrita por Siegfried et al. (1984).

Para as avaliações de protozoários, em cada horário de coleta, utilizou-se alíquota de 20 mL de líquido ruminal, acrescidos de 10 mL de formol a 18% e acondicionados a 4 °C para posterior contagem e identificação segundo técnica descrita por Dehority (1984).

No décimo quinto dia de cada período experimental realizou-se coleta de conteúdo do rúmen quatro horas após a primeira alimentação, a qual era comprimida em sacos de pano até que se obtivessem dois litros de líquido ruminal, os quais eram armazenados a - 80 °C até a análise, quando foram centrifugados (500 x g, 4°C, 20 min), os sobrenadantes foram cuidadosamente decantados e depois centrifugados novamente (8000 x g, 4°C, 20 min). Os pellets foram lavados uma vez com soro fisiológico a 0,9% e recentrifugados (8000 × g, 4 °C, 10 min). Após descartar o sobrenadante, os péllets bacterianos resultantes foram liofilizados por 48 h (CECAVA et al. 1990). As amostras bacterianas secas foram moídas e analisadas quanto a MS e N total (USHIDA et al. 1985). Posteriormente, calculou-se a relação Npurina:Ntotal de cada animal.

A excreção de purinas totais (PT) foi estimada pela soma das quantidades de alantoína, ácido úrico, xantina e hipoxantina excretadas na urina por intermédio de métodos colorimétricos. A quantidade de purinas microbianas absorvidas (mmol/dia) foi calculada a partir da excreção de purinas totais (mmol/dia), por intermédio das equações propostas por Chen e Gomes (1992) para ovinos:

$$(1) PA \text{ (mmol/dia)} = 0,84PT + (0,150PC^{0,75} e^{-0,25PT}),$$

em que: PA são as purinas absorvidas (mmol/dia); PT representa as purinas totais (mmol/dia) e PC é o peso corporal do animal.

O fluxo intestinal de compostos nitrogenados microbianos (g Nm/dia) foi calculado em função das purinas microbianas absorvidas, utilizando-se a equação de Chen e Gomes (1992):

$$(2) Nm \text{ (g/dia)} = PA \text{ (mmol/dia)} \times 70/0,83 \times 0,103 \times 1000,$$

em que: 70 representa o conteúdo de nitrogênio nas purinas (mg/mmol); 0,83, a digestibilidade intestinal das purinas microbianas; e 0,103, é a relação média de Npurina:Ntotal na massa microbiana, determinada neste experimento segundo (USHIDA et al. 1985).

A eficiência de síntese de proteína microbiana (ESPBmic) foi calculada por meio da seguinte fórmula:

$$(4) \text{ ESPBmic (g/kgNDT) = PB microbiana/consumo de NDT.}$$

Análises estatísticas

Foram realizadas análises de variância e regressão, adotando-se 0,05 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I. As comparações entre tratamentos foram realizadas de acordo com os seguintes contrastes: efeito linear e quadrático para os níveis de substituição do farelo de soja pela torta de babaçu (0; 26,66; 53,33; 80% de substituição); e efeito de “Volumoso” (silagem de resíduo de abacaxi e 0% de inclusão de torta de babaçu *versus* tratamento com silagem de capim elefante como fonte de volumoso e 0% de inclusão de torta de babaçu). Todos os procedimentos estatísticos foram conduzidos por intermédio do programa SAS (Statistical Analysis System).

Resultados e Discussão

Não houve efeito ($P > 0,05$) da inclusão de torta de babaçu em substituição ao farelo de soja sobre as excreções de alantoína, apresentando médias de 8,90 mmol/dia e 75,80 % das purinas totais. Da mesma forma, não houve efeito sobre as purinas totais (mmol/dia) e a relação N da purina e N total com média de 0,103 (Tabela 3). Por outro lado, observou-se efeito linear decrescente ($P < 0,05$) para a excreção de ácido úrico (mmol/dia), produção de nitrogênio e proteína microbiana (g/dia) com a inclusão de torta de babaçu. E ainda, efeito quadrático sobre a excreção de xantina e hipoxantina (mmol/dia) (Tabela 3), com aumento até o nível de 53,33% de inclusão da torta de babaçu e depois decréscimo. Essas alterações não foram suficientes para promover efeitos sobre a eficiência de síntese de proteína microbiana que apresentou média diária de 42,11 g/kg de NDT ingerido (Tabela 3).

Entre as fontes de volume houve diferença ($P < 0,05$) apenas para a excreção de ácido úrico, em que a dieta com silagem de capim elefante proporcionou menor excreção (1,01 mmol/dia e 8,96% das purinas totais) em comparação a silagem de abacaxi (1,43 mmol/dia correspondendo a 13,20% das purinas totais).

Tabela 3. Derivados de purina e eficiência microbiana em função da substituição do farelo de soja pela torta de babaçu, em dietas de ovinos contendo silagens de resíduo abacaxi ou capim elefante como volumosos

Item ¹	Substituição do farelo de soja				SCE	EPM	P-valor		
	pela torta de babaçu, % MS						L	Q	V
	0	26,66	53,33	80					
<i>Volume urinário (L/dia)</i>	1,70	1,89	1,90	1,95	1,75	0,028	0,272	0,628	0,778
<i>Derivados de purina (mmol/dia)</i>									
Alantoína	8,66	10,39	8,92	5,87	10,67	0,492	0,177	0,122	0,522
Ácido úrico ²	1,43	1,29	1,21	0,87	1,01	0,060	0,002	0,353	0,007
X-H ³	1,33	1,53	1,65	0,92	1,95	0,091	0,329	0,041	0,184
Purinas totais	11,42	13,21	11,78	7,65	13,63	0,614	0,121	0,088	0,573
<i>Purinas microbianas (mmol/dia)</i>									
Absorvidas	9,91	11,29	10,09	6,85	11,63	0,490	0,118	0,096	0,589
<i>Derivados de purina (% da PT)</i>									
Alantoína	75,36	77,19	74,47	75,53	76,46	0,285	0,808	0,962	0,626
Ácido úrico	13,20	10,41	11,09	11,61	8,96	0,353	0,369	0,148	0,013
X-H	11,44	12,40	14,44	12,85	14,57	0,335	0,355	0,373	0,303
<i>N purina: Ntotal</i>	0,09	0,12	0,10	0,9	0,09	0,003	0,465	0,084	0,489
<i>Produção microbiana (g/dia)</i>									
N-microbiano ⁴	11,77	8,94	9,87	8,85	9,49	0,310	0,045	0,925	0,203
PB microbiana ⁵	73,59	55,87	61,68	55,31	59,31	1,935	0,045	0,925	0,203
<i>Eficiência de síntese de proteína microbiana (g/dia)</i>									
g PBm/kg NDT	65,38	51,47	65,74	54,77	69,34	1,945	0,122	0,963	0,610

SCE: Silagem de capim elefante; EPM - Erro padrão da média; Probabilidade: L – linear; Q - quadrático; Volumoso – efeito do contraste entre o tratamento 0% de inclusão de torta de babaçu com silagem de resíduo de abacaxi x dieta contendo silagem de capim elefante como fonte de volumoso; X-H: Xantina e Hipoxantina.

²Y = 1,4656 – 0,0066X (R = 0,17)

³Y = 11,2085 + 0,0946X – 0,0008X² (R = 0,04)

⁴Y = 12,2637 - 0,040X (R = 0,018)

⁵Y = 76,6482 – 0,2547X (R = 0,018)

Em todos os tratamentos avaliados as proporções de alantoína e ácido úrico ficaram dentro da faixa preestabelecida para ovinos por Chen e Gomes (1992), em que alantoína corresponde entre 60 a 80% das purinas totais e ácido úrico 10 a 20%. Já xantina e hipoxantina ficaram levemente acima do valor determinado pelos autores (5 a 10%).

Entretanto, a redução observada para a produção de nitrogênio e proteína microbiana com a inclusão de torta de babaçu em substituição ao farelo de soja pode ter ocorrido por dois

fatores. O primeiro deles, é que com a inclusão da torta de babaçu em substituição ao farelo de soja foi necessário adicionar ureia nas dietas e assim houve a substituição de uma fonte de proteína verdadeira por uma fonte de nitrogênio não proteico, o que poderia interferir sobre a eficiência de utilização do nitrogênio pelos microrganismos ruminais fermentadores de carboidratos não fibrosos (KANG et al. 2015), uma vez que, estes utilizam em média 34% de amônia e 66% de peptídeos e aminoácidos como fonte nitrogenada (RUSSELL et al. 1992). Além disso, a torta de babaçu apresenta baixa proteína degradável no rúmen (28 % da PB, capítulo I), de modo que, possivelmente, o produto da soma do nitrogênio oriundo da torta de babaçu com o nitrogênio não proteico, proveniente da ureia ficou abaixo do exigido para o crescimento microbiano, o que reduziu a produção microbiana nas dietas contendo torta de babaçu.

Outra possível razão para a redução na produção de nitrogênio e proteína microbiana pode ter ocorrido devido ao aumento nos níveis de FDN e redução nos níveis de carboidratos não fibrosos das dietas acrescidas de torta de babaçu, uma vez que dietas com maiores teores de CNF promovem maior produção microbiana que aquelas ricas em carboidratos fibrosos devido às diferenças quanto às taxas e extensão de degradação. Considerando a menor taxa de digestão dos carboidratos e a rápida disponibilização do nitrogênio não proteico nas dietas acrescidas de torta de babaçu, é possível que não tenha ocorrido sincronização entre energia e compostos nitrogenados e com isso, afetou a síntese de proteína microbiana (PINA et al. 2010).

No entanto, a ausência de efeitos para eficiência de síntese de proteína microbiana entre as dietas experimentais foi devido ao consumo de NDT igual entre tratamentos avaliados, pois segundo Santos e Pedrosa (2011), a produção e a eficiência de síntese de proteína microbiana são variáveis relacionadas, mas que nem sempre caminham na mesma direção. Contudo, a eficiência de síntese de proteína microbiana foi semelhante aos valores de 70,5 g/kg de NDT encontrado por Santos et al. (2015), em que os animais consumiram cerca de 0,65 kg de NDT e 3,655% de peso vivo em MS.

A inclusão de torta de babaçu em substituição ao farelo de soja não afetou ($P > 0,05$) o pH ruminal e os níveis de nitrogênio amoniacal, apresentando médias de 6,08 e 19,11, respectivamente, ficando dentro da faixa considerada ideal por Silva e Leão (1979) e Mehrez et al. (1977) para promover a máxima fermentação ruminal, a saber entre 5,8 – 7,0 para pH e 19 – 23 mg/dL de nitrogênio amoniacal.

A falta de efeitos sobre o pH do líquido ruminal está em consonância com os níveis de ácidos graxos voláteis do líquido ruminal. Podendo se verificar que a produção de ácidos

graxos voláteis e a relação acetato:propionato não foi influenciada ($P > 0,05$) pelos níveis de torta de babaçu nas dietas (Tabela 4), verificando-se que o acetato representou 45% do total de ácidos graxos voláteis, seguido pelo isovalerato (28,97%), propionato (14,51), butirato (8,14), isobutirato (1,58), valerato (1,46) e succinato (0,29).

Tabela 4. Características de fermentação ruminal em função da substituição do farelo de soja pela torta de babaçu, em dietas de ovinos contendo silagens de resíduo abacaxi ou capim elefante como volumosos

Item ¹	Proporção de torta de babaçu, % MS				CE	EPM	P-valor		
	0	26,66	53,33	80			L	Q	V
pH	6,02	6,16	6,04	6,08	6,15	1,76	0,842	0,464	0,155
N-NH ₃ , mg/dL	19,67	15,42	22,15	21,83	16,50	5,74	0,393	0,503	0,403
<i>Ácidos graxos voláteis, mol/100 mol</i>									
Acetato	45,98	46,42	45,53	48,77	46,89	0,35	0,912	0,256	0,201
Propionato	15,23	14,70	14,50	12,87	15,25	0,26	0,265	0,532	0,428
Butirato	8,37	7,92	8,99	7,66	7,75	0,15	0,321	0,254	0,185
Isobutirato	1,87	1,57	1,32	1,20	1,93	0,08	0,071	0,607	0,455
Isovalerato	26,68	27,07	27,22	27,99	25,90	0,17	0,393	0,205	0,170
Valerato	1,42	1,46	1,45	1,24	1,71	0,03	0,266	0,477	0,154
Succinato	0,23	0,39	0,13	0,26	0,42	0,03	0,767	0,513	0,565
A:P, mol/mol	3,07	3,21	3,21	3,90	3,16	0,09	0,059	0,860	0,592
<i>Ácidos graxos voláteis, mmol/dL</i>									
AGV total	16,601	16,576	16,529	16,260	16,058	0,05	0,229	0,125	0,097

SCE: Silagem de capim elefante; EPM - Erro padrão da média; Probabilidade: L – linear; Q - quadrático; Volumoso – efeito do contraste entre o tratamento 0% de inclusão de torta de babaçu com silagem de resíduo de abacaxi x dieta contendo silagem de capim elefante como fonte de volumoso.

Considerando que a concentração de ácidos graxos voláteis presentes no rúmen representa balanço entre a taxa de produção e absorção (ÍTAVO, et al. 2000) e ponderando que a produção destes ácidos graxos é função da quantidade de matéria orgânica fermentada (OMER et al. 2012; Allen, 1997), acredita-se que em todos os tratamentos os animais tiveram quantidade de material degradável semelhante e com isso, terão desempenhos semelhantes.

Entre as fontes de volumoso também não houve efeito sobre a produção de AGV ($P > 0,05$), comprovando o valor nutritivo da silagem de resíduo de abacaxi como fonte de volumoso em dietas para ovinos podendo substituir totalmente a silagem de capim elefante.

Tendo em vista, que os AGV's compõem a maior fonte de energia para os ruminantes pode se inferir que todas as dietas proporcionaram as mesmas condições energéticas para os

ovinos, como verificado pela semelhança nos valores de NDT. E ainda considerando que não houve diferenças para eficiência de síntese de proteína microbiana, considera-se que houve equilíbrio energético e proteico nas dietas experimentais.

A concentração média de protozoários não foi alterada ($P > 0,05$) pelos níveis de inclusão de torta de babaçu em substituição ao farelo de soja nas dietas e esteve dentro da faixa previamente estabelecida para ruminantes (10^4 a 10^6 /ml de líquido ruminal) (ARCURI et al. 2011). Foram identificados e quantificados sete gêneros de protozoários, sendo estes: *Diplodinium*, *Elytroplastron*, *Entodinium*, *Eudiplodinium*, *Isotricha*, *Ostracodinium*, *Polyplastron* (Tabela 5).

Tabela 5. Número e tipos de protozoários em função da substituição do farelo de soja pela torta de babaçu, em dietas de ovinos contendo silagens de resíduo abacaxi ou capim elefante como volumosos

Item, dieta ¹	Horas				EPM	P-valor		
	0	6	12	18		Trat.	Tempo	Trat*tempo
<i>Total de protozoários, × 10⁴/mL</i>								
0	63,20	68,18	66,13	69,07	0,56			
27	53,29	63,79	60,58	68,96	1,31			
53	63,47	57,39	61,17	52,34	0,89	0,457	0,177	0,968
80	64,94	56,88	61,38	57,94	0,84			
CE	64,87	58,43	73,85	55,54	1,74			
<i>Diplodinium × 10⁴/mL</i>								
0	1,17	4,22	4,69	1,17	0,42			
27		9,38	3,52		1,16			
53	4,69	2,34	1,17		0,40	0,2485	0,4295	0,9196
80	4,69	0,00	0,00	1,17	0,54			
CE	6,25	5,86	14,06	8,20	0,93			
<i>Elytroplastron × 10⁴/mL</i>								
0	8,20	6,19	8,37	10,69	0,34			
27	8,64	8,50	10,71	10,55	0,27			
53	6,52	5,42	6,45	9,18	0,27	0,2635	0,5507	0,4915
80	6,70	7,32	7,03	7,03	0,06			
CE	9,57	9,64	13,41	1,03	0,88			
<i>Entodinium × 10⁴/mL</i>								
0	28,26	31,93	26,51	25,49	0,61			
27	25,78	24,74	29,56	29,59	0,55			
53	32,37	30,18	32,23	31,49	0,25	0,8233	0,7742	0,5786
80	18,60	29,69	30,91	25,13	1,36			
CE	25,00	26,41	24,35	32,55	0,60			
<i>Eudiplodinium × 10⁴/mL</i>								
0	7,70	6,03	10,86	7,23	0,50			
27	6,36	11,22	8,59	13,59	0,62			

53	7,70	9,88	9,61	7,37	0,27	0,7649	0,7235	0,6144
80	12,74	9,71	7,03	12,89	0,62			
CE	9,21	6,45	10,31	6,53	0,43			
<i>Isotricha</i> × 10 ⁴ /mL								
0	4,69	8,67	2,81	11,72	0,77			
27	1,17	1,17			0,18			
53	0,00	0,00	1,17	0,00		0,3737	0,557	0,9248
80	9,38	1,17	0,00	9,38	1,12			
CE								
<i>Ostracodinium</i> × 10 ⁴ /mL								
0	4,69	2,93	3,52	9,96	0,52			
27	3,13	3,91	1,17	10,55	0,67			
53	2,34	1,95	2,93		0,18	0,9283	0,94	0,16
80	3,22	2,73	9,38		0,81			
CE	6,64	2,58	9,38	1,76	0,77			
<i>Polyplastron</i> × 10 ⁴ /mL ²								
0	8,50	8,20	9,38	2,81	0,47			
27	8,20	4,88	7,03	4,69	0,37			
53	9,84	7,62	7,62	4,30	0,41	0,9844	0,0001	0,9134
80	9,61	6,25	7,03	2,34	0,54			
CE	8,20	7,50	2,34	5,47	0,64			

SCE: Silagem de capim elefante; EPM - Erro padrão da média; Probabilidade: L – linear; Q - quadrático; Volumoso – efeito do contraste entre o tratamento 0% de inclusão de torta de babaçu com silagem de resíduo de abacaxi x dieta contendo silagem de capim elefante como fonte de volumoso.

$${}^2Y = 2711,66 - 121,66x \quad (R = 0,07)$$

A ausência de efeito observada para a quantidade de protozoários quando substitui o farelo de soja pela torta de babaçu reflete os resultados encontrados para a concentração de AGV's e, conseqüentemente de pH, estando dentro da faixa (5,73 a 6,28) citada por Franzolin e Dehority (2010) como ideal para a estabilidade e persistência destes microrganismos.

Os gêneros *Entodinium* e *Eudiplodinium* foram os de maior prevalência em todos os tratamentos representando, respectivamente, 45,17 e 14,58% do total de protozoários quantificados, enquanto, os gêneros *Diplodinium* e *Isotricha* foram os menos abundantes (7,11 e 5,40% do total de protozoários quantificados, respectivamente). Esses resultados encontrados para protozoários são típicos de animais em consumo de dietas ricas em volumoso, uma vez que da subclasse Holotricha (fermentadores de carboidratos solúveis) (Ivan, 2009; Belanche et al. 2015), apenas um gênero foi identificado (*Isotricha*) e todos os demais gêneros são Entodiniomorpha (fermentadores de carboidratos estruturais) (NEWBOLD, et al. 2015).

Não houve efeito da fonte de volumoso para o número e gênero de protozoários encontradas ($P > 0,05$), estes resultados estão de acordo com Ramos, et al.(2014) os quais

afirmam que a relação volumoso:concentrado e o tipo de volumoso utilizado nas dietas de ruminantes são os principais motivos de alterações nas populações de protozoários. Dessa forma, a substituição de silagem de capim elefante pela silagem de resíduo de abacaxi e manutenção da mesma relação volumoso:concentrado não tiveram efeito sobre os protozoários ruminais.

Conclusão

Considerando a ausência de efeitos sobre a eficiência de síntese de proteína microbiana, concentração de ácidos graxos voláteis e protozoários presentes no líquido ruminal, a torta de babaçu pode substituir o farelo em dietas de ovinos em até 80% quando a fonte de volumoso for a silagem do resíduo de abacaxi. A substituição da silagem de capim elefante pela silagem de resíduo de abacaxi também não altera nenhum dos fatores supracitados.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, M. S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1447-1462, July, 1997.
- ARCURI, P. B.; LOPES, F. C. F.; CARNEIRO, J. C. Microbiologia do rúmen. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G (Org.). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p.183-228.
- BELANCHE, A.; FUENTE, G.; NEWBOLD, C. J. Effect of progressive inoculation of fauna-free sheep with holotrich protozoa and total-fauna on rumen fermentation, microbial diversity and methane emissions. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 90, p. 1–10, January, 2015.
- CECAVA, J. M.; MERCHEN, N. R.; GAY, L. C.; BERGER, L. L. Composition of ruminal bacteria harvested from steers as influenced by dietary energy level, feeding frequency, and isolation techniques. **Journal Dairy Science**, v. 73, p. 2480-2488, 1990.
- CHEN, X. B.; CHEN, Y. K.; FRANKLIN, M. F.; ORSKOV, E. R.; SHAND, W. J. The effect of feed intake and body weight on purine derivative excretion and microbial protein supply in sheep. **Journal Animal Science**, v. 70, p. 1534-1542, 1992.
- CHEN, X. B.; GOMES, M. J. 1992. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives- an verview of technical details. International feed research unit. Aberdeen, UK: Rowett Research Institute, 21p. (Occasional publication).

FRANZOLIN, R.; DEHORITY, B. A. The role of pH on the survival of rumen protozoa in steers. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 2262-2267, 2010.

HERNANDEZ-SANABRIA, E.; GOONEWARDENE, L. A.; WANG, Z.; DURUNNA, O. N.; MOORE, S. S.; GUAN, L. L. Impact of feed efficiency and diet on adaptive variations in the bacterial community in the rumen fluid of cattle. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 78, p. 1203-1214, 2012.

ÍTAVO, L. C. V.; SANTOS, G. T.; JOBIM, C. C.; VOLTOLINI, T. V.; FERREIRA, C. C. B. Avaliação da Silagem de Bagaço de Laranja com Diferentes Aditivos por Intermédio dos Parâmetros de Fermentação Ruminal de Ovinos e Contribuição Energética dos Ácidos Graxos Voláteis. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 1491-1497, 2000.

IVAN, M. Comparison of duodenal flow and digestibility in fauna-free sheep inoculated with Holotrich protozoa, *Entodinium monofauna* or total mixed protozoa population. **British Journal of Nutrition**, v. 101, p. 34 – 40, 2009.

KANG, S.; WANAPAT, M.; PHESATCHA, K.; Norrapoke, T. Effect of protein level and urea in concentrate mixture on feed intake and rumen fermentation in swamp buffaloes fed rice straw-based diet. **Tropical Animal Health Production**, v. 47, p. 671–679, 2015.

LUZ, J. B.; ALVES, K. S.; MEZZOMO, R.; SANTOS NETA, E. R.; GOMES, D. Í.; OLIVEIRA, L. R. S.; SILVA, J. C.; CARVALHO, F. F. R. Carcass characteristics and meat quality of lambs fed babassu cake (*Orbignya speciosa*) as a replacement for elephant grass silage. **Tropical Animal Health and Production**. v. 49, p. 113-119, 2017.

MEHREZ, A. Z.; ÆRSKOV, E. R.; McDONALD, I. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. **British Journal of Nutrition**, V. 38, p. 437-443, 1977.

NEWBOLD, C. J.; FUENTE, G.; BELANCHE, A.; RAMOS-MORALES, E.; MCEWAN, N. E. The Role of Ciliate Protozoa in the Rumen. **Microbiology**, p. 1 – 14, 2015.

NRC. 2007. **Nutrient requirements of sheep**. 6.th. rev. National Academy Press, Washington, D. C. 242 p.

OMER, H. A. A.; TAWILA, M. A.; GAD, S. M. Feed and Water Consumptions, Digestion Coefficients, Nitrogen Balance and Some Rumen Fluid Parameters of Ossimi Sheep Fed Diets Containing Different Sources of Roughages. **Life Science Journal**, v. 9, p. 805-816, 2012.

PINA D. S, et al. Degradação ruminal da proteína dos alimentos e síntese de proteína microbiana. In: Valadares Filho, S. C.; MARCONDES, M. I.; CHIZZOTTI, M. L.; PAULINO, P. V. R. (Org.). **Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados BR CORTE**, 2ª ed, Viçosa: 2010, p. 13-46.

RAMOS, S.; TEJIDO, M. L.; MARTÍNEZ, M. E.; RANILLA, M. J.; CARRO, M. D. 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, p. 2024 – 2934, 2014.

RUSSELL, J. B.; O'CONNOR, J. D.; Fox, D. G.; VAN SOEST, P. J.; SNIFFEN, C. J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 3551-3561, 1992.

SÁ, H. C. M.; BORGES I.; MACEDO JÚNIOR G. L.; NEIVA J. N. M.; SOUSA, J. T. L.; PAULA, S. M. Consumo e comportamento ingestivo de ovinos mestiços alimentados com torta do babaçu (*Orbignya spp.*). **Bioscience Journal**, v. 31, p. 107 – 113, 2015.

SANTOS NETA, E. R.; ALVES, K. S.; MEZZOMO, R.; GOMES, D. Í.; OLIVEIRA, L. R. S.; CARVALHO, F. F. R.; LUZ, J. B.; LACERDA, N. G.; BOURDON, V. D. S. Behavior of sheep fed babassu cake (*Orbygnia speciosa*) as a substitution for elephant grass silage. **Animal Science Journal**, 2016.

SANTOS, R. S.; RIBEIRO, K. G.; VALADARES FILHO, S. C.; PEREIRA, O. G.; VILLELA, S. D. J.; RENNÓ, L. N.; SILVA, J. L. Effects of diets with high and low protein contents and two concentrate levels in Santa Ines x Texel lambs. **Livestock Science**, v.177, p.79-87, 2015.

SIEGRIFIELD, V.R., H. RUCKEMANN AND G. STUMPF. Method for the determination of organic acids in silage by high performance liquid chromatography. *Landwirtsch Forsch.* V. 37, p. 298-304, 1984.

SILVA, J.F.C.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de Nutrição de Ruminantes**. Piracicaba: Ed. Livrocere, 1979. 384p.

USHIDA, K.; LASSALAS, B.; JOUANY, J. P. Determination of assay parameters for RNA analysis in bacterial and duodenal samples by spectrophotometry. Influence of treatment and preservation. **Reproduction Nutrition**, v. 25, p. 1037-1046, 1985.

1 Comportamento de cordeiros alimentados com torta de babaçu em substituição ao
2 volumoso¹

3

4 **RESUMO:** Objetivou-se avaliar o comportamento de cordeiros alimentados com torta
5 de babaçu em substituição à silagem de capim elefante. O experimento foi desenvolvido
6 na Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil, utilizando 45 cordeiros alojados
7 em baias individuais com alimentação a vontade e distribuídos em delineamento
8 inteiramente casualizado com cinco tratamentos (0, 12,5, 25, 37,5 e 50% de inclusão de
9 torta de babaçu) e nove repetições, em que todos os tratamentos obedeceram a relação
10 volumoso concentrado 40:60. Não houve diferenças ($P>0,05$) no tempo gasto em
11 alimentação (219 minutos), independente da fonte de volumoso utilizada, no entanto,
12 houve redução do tempo despendido em ruminação ($P<0,05$) e aumento no tempo de
13 ócio ($P<0,05$) com a inclusão de torta de babaçu nas dietas. Embora, tenha ocorrido
14 redução no tempo de mastigação do bolo ruminal ($P<0,05$), o tempo de mastigação total
15 ($P>0,05$) diariamente foi igual (11,88 h/dia) para todos os animais, contudo os cordeiros
16 alimentados com torta de babaçu apresentaram maior eficiência de ruminação (0,20;
17 2,18; 0,21; 0,25; 0,25 kg de MS ruminados/hora para as dietas 0; 12,5; 25; 37,5; 50 %
18 de torta de babaçu, respectivamente). Portanto, a substituição da silagem de capim
19 elefante por torta de babaçu pode ser realizada em até 50%, sem comprometer o tempo
20 de alimentação e mastigação total, o que permite melhorar a eficiência de alimentação e
21 ruminação.

22

23

24 **Palavras-chave:** Mastigação, ruminação, tamanho de partícula, volumoso

¹ Este artigo está publicado na Animal Science Journal, seguindo suas normas de apresentação

25 Behavior of sheep fed babassu cake (*Orbygnia speciosa*) as a substitution for elephant
26 grass silage

27 **ABSTRACT:** This study aimed evaluate the behavior of sheep fed babassu cake as a
28 substitution for elephant grass silage. The experiment was conducted at the Federal
29 Rural University of Amazonia (Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA),
30 Brazil, using 45 sheep housed in individual stalls, with unlimited access to feed and
31 distributed in a completely randomized design with five treatments (0, 12.5, 25, 37.5
32 and 50% inclusion of babassu cake) and nine replications. All of the treatments
33 contained a roughage to concentrate ratio of 40:60. No differences were observed in the
34 time spent feeding ($P>0.05$), regardless of the source of roughage used. However, there
35 was a reduction in the time spent in rumination ($P<0.05$) and an increase in time spent
36 idling ($P<0.05$) when babassu cake was included in the diet. Although there was a
37 reduction in the time spent chewing the ruminal bolus ($P<0.05$), the total daily chewing
38 time was the same for all animals ($P>0.05$). However, the sheep fed babassu cake
39 showed higher feeding and rumination efficiency ($P<0.05$). Therefore, the substitution
40 of elephant grass silage with babassu cake can be performed at up to 50% without
41 compromising the total time spent eating and chewing, which allows increased feeding
42 and rumination efficiency.

43

44

45 **Key words:** *Chewing, rumination, particle size, roughage*

46

47

¹ Este artigo está publicado na Animal Science Journal, seguindo suas normas de apresentação

48 INTRODUÇÃO

49 Na região Amazônica a produção de ovinos confinados cresceu significativamente,
50 impulsionada pelo aumento da produção de carne por unidade de área, principalmente
51 considerando suas reservas florestais. No entanto, a alimentação assume alto custo
52 atrelado a este sistema de produção no que se refere à aquisição de alimentos
53 concentrados e necessidade de usar maquinários para produção de volumosos. Dessa
54 forma, especula-se usar alimentos alternativos para diversificar e reduzir custos com
55 alimentação de ruminantes (Cutrim *et al.* 2013; Santos *et al.* 2015).

56 Na diversidade da flora Amazônica, encontram-se vários produtos passíveis de
57 utilização na alimentação de ruminantes. Dentre estes, a palmeira de babaçu (*Orbygnia*
58 *speciosa*) produz amêndoas, que após o processamento por prensagem para retirada do
59 óleo gera a torta de babaçu. Embora pesquisadores (Sá *et al.* 2014) tenham testado sua
60 inclusão substituindo ingredientes do concentrado, a torta de babaçu por apresentar alto
61 teor de fibra em detergente neutro – FDN (59%, MS), pode ser considerada uma fonte
62 de fibra com alto teor proteico (21%, MS).

63 No entanto, para inserir um alimento volumoso na dieta de ruminantes deve-se
64 observar a efetividade da fibra influenciada pelo teor de FDN e tamanho da partícula,
65 onde tais características estão associadas à sua capacidade de estimular a mastigação e
66 liberar por insalivação substâncias tampão que atuam na manutenção do pH adequado
67 para o desenvolvimento e ação dos microrganismos garantindo funcionamento
68 adequado do rúmen (Li *et al.* 2014).

69 Dentre os métodos mais usuais para mensuração da efetividade física da fibra, o
70 comportamento ingestivo e o tempo de mastigação são utilizados por correlacionar-se
71 ao consumo de matéria seca, teor de FDN e tamanho de partícula das dietas (Nussio *et*

¹ Este artigo está publicado na Animal Science Journal, seguindo suas normas de apresentação

72 *al.* 2011). Hipotetiza-se que a inclusão de torta de babaçu nas dietas poderá reduzir o
73 tamanho de partícula destas e alterar as atividades de ruminação e mastigação. Nesse
74 contexto, conduziu-se o presente estudo para avaliar o comportamento de cordeiros
75 alimentados com diferentes níveis de inclusão de torta de babaçu em substituição a
76 silagem de capim elefante.

77

78 **MATERIAL E MÉTODOS**

79

80 **Manejo dos animais, instalações e dietas experimentais**

81 O protocolo usado neste estudo está de acordo com os princípios éticos da
82 experimentação animal do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal e
83 foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal Rural
84 da Amazônia, Brasil (003/2014).

85 O experimento foi conduzido no Setor de Pequenos Ruminantes da Universidade
86 Federal Rural da Amazônia (UFRA) no Campus de Parauapebas, localizado no Sudeste
87 do estado do Pará (Latitude 06° 04' 16,4"S; Longitude 049° 49' 8,3"W; Altitude 270m).
88 Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é considerado tropical úmido
89 com precipitação média anual de 1,700mm, temperatura ambiente de 27 °C e umidade
90 relativa do ar em torno de 78%.

91 Avaliou-se o comportamento de 45 cordeiros machos, castrados, mestiços de
92 Santa Inês, com peso corporal médio 25,5±0,41 kg. Os ovinos foram alojados em
93 galpão aberto nas laterais com cumeeira orientada no sentido Leste-Oeste, 3m de pé
94 direito e cobertura de telhas de alumínio, onde cada animal ocupou uma baia individual
95 com área de 2,09m² (1,90 x 1,10 metros) em piso de concreto providas de comedouros e

¹ Este artigo está publicado na Animal Science Journal, seguindo suas normas de apresentação

96 bebedouros. Antes do início do experimento os animais foram pesados, identificados e
97 tratados para o controle de parasitas.

98 Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco
99 tratamentos constituídos por níveis crescentes de substituição do volumoso silagem de
100 capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) pela torta de babaçu (0; 12,5; 25,0; 37,5
101 e 50%) (Tabela 1), com nove repetições.

102 O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cultivar Cameroon Roxo,
103 proveniente de capineira já estabelecida no setor de pequenos ruminantes foi
104 mecanicamente cortado com aproximadamente 1,80 m de altura e 100 dias de rebrota. A
105 composição química da silagem de capim elefante é apresentada na Tabela 1. A área
106 utilizada para o corte do capim, localizada próxima às baias onde os animais ficavam
107 confinados, apresenta pequena declividade e procedia-se adubação a cada corte com 80
108 kg de nitrogênio e 30 kg de cloreto de potássio por hectare. O capim foi triturado em
109 partículas de 1,5 cm com ensiladeira acoplada em trator, o qual fazia a compactação do
110 material em silo de superfície após cada descarregamento. Posteriormente, ao corte do
111 capim e compactação do material, o silo foi vedado com lona dupla face e aberto para o
112 uso após 100 dias da ensilagem, o qual apresentava-se com cheiro e cor característico de
113 uma boa silagem.

114 O período experimental teve duração de 77 dias, sendo os primeiros 14 dias
115 para adaptação dos animais às instalações e ao alimento. Após este período, passou-se a
116 fornecer a dieta correspondente a cada tratamento às 8:00 e as 15:00, ajustada de forma
117 a manter sobras de 5 a 10% do oferecido. Os animais dispunham de água a vontade
118 durante todo o tempo.

¹ Este artigo está publicado na Animal Science Journal, seguindo suas normas de apresentação

119 As dietas experimentais (Tabela 1) foram formuladas na relação 40% de
120 volumoso e 60% de concentrado, de forma a atender ao requerimento de ganho em peso
121 médio diário de 200 g/animal/dia, para as exigências de animais de maturidade tardia -
122 0,4, conforme NRC (2007). A avaliação da distribuição e tamanho de partículas das
123 dietas totais foi realizada por meio do separador de partículas Penn State (Heinrichs &
124 Kononoff, 2002).

125 Para calcular a composição química da dieta amostras de ingredientes que a
126 compunham foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas e, em
127 seguida, foram processadas em moinho tipo faca com peneira de 1 mm. A seguir, foram
128 avaliadas o teor matéria seca, matéria mineral, proteína bruta, fibra em detergente
129 neutro corrigida para cinzas e proteínas, extrato etéreo, fibra em detergente ácido,
130 matéria orgânica e carboidratos não fibrosos. As análises foram realizadas segundo
131 Detmann *et al.* (2012). O teor de matéria mineral foi obtido por queima do material,
132 pesado em cadinho de porcelana de peso conhecido, em mufla a 600 °C por quatro
133 horas, posteriormente obteve-se a quantidade de cinzas na amostra por diferença de
134 peso do cadinho.

135 Tabela 1

136 Nos dias de avaliação comportamental registrou-se o consumo da dieta por meio da
137 pesagem da quantidade de alimentos fornecidos e das sobras. Em seguida, procedeu-se a
138 coleta de amostras das dietas fornecidas e das sobras as quais foram levadas à estufa de
139 ventilação forçada a 55 °C por 72 horas e, em seguida, juntamente, com as amostras dos
140 ingredientes do concentrado, foram sub-amostradas, em que uma amostra foi
141 processadas em moinho tipo faca com peneira de 1 e a outra em peneira de 2mm. A
142 seguir, foram acondicionadas em frascos identificados, para posteriormente determinar

¹ Este artigo está publicado na Animal Science Journal, seguindo suas normas de apresentação

143 os teores de matérias seca e fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína
144 para o cálculo do consumo de MS e FDNcp.

145

146 **Coleta de dados comportamentais**

147 As observações comportamentais foram realizadas no 12º, 34º e 60º dias de ensaio
148 durante 24 horas consecutivas, subdivididas em quatro períodos de seis horas (manhã,
149 tarde, noite e madrugada) com registro de atividades específicas em etograma a cada
150 cinco minutos (Silva *et al.* 2006). Durante a observação noturna os animais foram
151 submetidos à iluminação artificial, a qual foram previamente adaptados por sete dias. A
152 avaliação visual foi realizada por pessoas treinadas, sendo designado um observador
153 para cada grupo de cinco animais, com revezamentos de observadores a cada quatro
154 horas.

155 Determinou-se o tempo despendido em ingestão, ruminação, ócio (quando não
156 realizavam nenhuma atividade), dormindo (descansando com olhos bem cerrados) e
157 outras atividades (andando pela baia, brincando, etc.), conforme metodologia descrita
158 por Johnson & Combs (1991). Os dados foram avaliados em minutos por dia (min/dia) e
159 dentro de cada período de seis horas considerando-se a média dos três dias de
160 observação comportamental.

161

162 **Mastigação merérica, eficiência de alimentação e ruminação**

163 No segundo dia após a observação comportamental procedeu-se a contagem do número
164 e tempo de mastigações meréricas por bolo ruminal por meio de observações
165 individuais de cada animal em três períodos do dia, de 6h00 às 8h00, de 13h00 às 15h00
166 e de 20h00 às 22h00, de modo que se observasse três bolos ruminais por animal em

¹ Este artigo está publicado na Animal Science Journal, seguindo suas normas de apresentação

167 cada intervalo. Em cada bolo ruminal foi anotado o número de mastigações desde o
168 momento em que este chegava à boca até que o mesmo fosse deglutido.
169 Concomitantemente, foi registrado por meio de cronômetros digitais o tempo
170 despendido na mastigação de cada bolo ruminal, para o cálculo do número de
171 mastigações merícicas por dia.

172 Para avaliação dos dados obteve-se a média dos três dias de observação
173 comportamental e em seguida os resultados foram calculados pelas relações propostas
174 por Bürger *et al.* (2000), nas quais:

175

176 $MND = BRD * MM_{nb}$; Em que: MND = número de mastigações merícicas por
177 dia; BRD = Número de bolos ruminados por dia e MM_{nb} = número de mastigações
178 merícicas por bolo ruminal.

179 $BRD = TRU_m / MM_{tb}$; Em que: TRU_m = tempo de ruminação em minutos por dia
180 e MM_{tb} = tempo de mastigação merícica em minutos por bolo ruminal.

181 $TMT = TAL + TRU$; Em que: TMT = tempo de mastigação total em horas por dia;
182 TAL = Tempo gasto diariamente em alimentação (horas) e TRU = tempo de ruminação
183 (hora/dia).

184 $EALMS = CMS / TAL$; Em que: EALMS = eficiência de alimentação com base na
185 matéria seca consumida por hora (kg/h) e CMS = consumo de matéria seca (kg/dia).

186 $EALFDN = CFDN / TAL$; Em que: EALFDN = eficiência de alimentação com base na
187 FDN consumida por hora (kg/h) e CFDN = Consumo diário de FDN (kg/dia).

188 $ERUMS = CMS / TRU$; Em que: ERUMS = eficiência de ruminação da MS por hora
189 (kg/h).

190 $ERUFDN = CFDN / TRU$; Em que: ERUFDN = eficiência de ruminação da FDN por
191 hora (kg/h).

¹ Este artigo está publicado na Animal Science Journal, seguindo suas normas de apresentação

192 **Monitoramento ambiental**

193 Durante as observações comportamentais foram coletados dados meteorológicos por
194 meio de termômetros fixados no interior do galpão. Para avaliação do ambiente térmico
195 utilizou-se a média de todos os dias de observações (Tabela 2). Com base nos dados de
196 temperatura e umidade, coletados ao longo do dia, calculou-se os índices de temperatura
197 de globo negro e umidade - ITGU, conforme proposto por Buffington *et al.* (1981).

198 Tabela 2

199 **Análises estatísticas**

200 Os dados foram submetidos a análise de variância e regressão utilizando o software
201 Statistical Analysis System (SAS Institute Inc., Cary, NC, EUA). O peso vivo inicial foi
202 utilizado como covariável. Os dados foram analisados como uma função do nível de
203 inclusão da torta de babaçu nas dietas experimentais, testando modelos lineares e
204 quadráticos para a significância do modelo ($P < 0,05$) e a especificidade biológica da
205 variável testada.

206

207

208 **RESULTADOS**

209

210 **Observações comportamentais**

211 A substituição da silagem de capim elefante por torta de babaçu não afetou ($P > 0,05$) o
212 tempo destinado à alimentação e 24 horas do dia, sendo que os animais, independente
213 das dietas, passaram 15% do tempo se alimentando, o equivalente a 219 minutos
214 diariamente. Entretanto, quando avaliada somente à noite houve aumento linear no
215 tempo destinado a alimentação dos cordeiros com a inclusão da torta de babaçu, em que
216 os animais alimentados sem torta de babaçu utilizaram 13,82 minutos ingerindo

¹ Este artigo está publicado na Animal Science Journal, seguindo suas normas de apresentação

217 alimento e aqueles alimentados com dietas contendo o nível máximo da torta de babaçu
218 (50%) passaram 30,43 minutos na mesma atividade. Contudo, observou-se no período
219 diurno total maior parte do tempo dispendido em alimentação (88%) (Tabela 3).

220 Para o tempo despendido em ruminação em 24 horas do dia observou-se redução
221 linear ($P < 0,01$) com os níveis da torta de babaçu, correspondendo a 0,12 pontos
222 percentuais ou 1,81 minutos de redução, para cada ponto percentual de substituição da
223 silagem de capim elefante por torta de babaçu. Nos períodos da tarde e noite houve a
224 mesma tendência, onde os animais alimentados com torta de babaçu apresentaram
225 redução linear ($P < 0,05$) no tempo de ruminação, com diferença de aproximadamente 13
226 minutos entre a dieta sem a presença de torta da que continha o maior nível de inclusão.
227 De maneira geral, verificou-se menor frequência de ruminação no período vespertino
228 em todos os tratamentos, sendo maior na madrugada (Tabela 3).

229 Em contrapartida, o tempo em ócio apresentou efeito linear crescente ($P < 0,05$) ao
230 ser avaliado em 24 horas do dia, em que cada ponto percentual de substituição da
231 silagem por torta acresceu 0,10% no tempo gasto em ócio, o equivalente a 1,4 minutos
232 de acréscimo. Da mesma forma, o tempo em ócio no período da noite foi mais frequente
233 para as dietas com maiores níveis de torta de babaçu, apresentando efeito linear
234 crescente ($P < 0,05$). Nos demais períodos do dia não houve efeito da inclusão de torta de
235 babaçu sobre esta variável (Tabela 3).

236 No tempo despendido para dormir e outras atividades no período de 24 horas não
237 foi observado efeito ($P > 0,05$) da inclusão da torta de babaçu na dieta, em que a média
238 de tempo utilizado foi de 20 e 4,21%, correspondendo a 288,34 e 97,32 minutos diários,
239 respectivamente. Todavia, os níveis de torta de babaçu influenciaram o tempo
240 despendido em outras atividades no período da manhã, com efeito quadrático ($P < 0,05$).

¹ Este artigo está publicado na Animal Science Journal, seguindo suas normas de apresentação

241 Efeito similar foi observado para a atividade dormir, no período da madrugada,
242 decrescendo até o nível de 25% de inclusão da torta de babaçu e, posteriormente,
243 aumentando (Tabela 3).

244 Tabela 3

245

246 **Mastigações meréricas, eficiência de alimentação e ruminação**

247 O número de mastigações meréricas por bolo ruminal regurgitado (NMB) e por dia
248 (NMD) reduziu linearmente ($P < 0,05$) de acordo com os níveis da torta de babaçu. Da
249 mesma forma, o tempo gasto em cada bolo ruminal (TBR) foi afetado ($P < 0,05$) pela
250 inclusão de torta de babaçu, reduzindo de 0,81 minutos na dieta sem a torta de babaçu
251 quando comparada a dieta com 50% de substituição. Entretanto, o número de bolos
252 ruminados por dia (BRD) e o tempo de mastigação total (TMT) não foram influenciados
253 ($P > 0,05$) pelas dietas (Tabela 4).

254 A eficiência de alimentação da MS (EALMS) e da fibra em detergente neutro
255 (EALFDN) apresentou comportamento quadrático ($P < 0,01$) com a inclusão da torta de
256 babaçu, reduzindo até o nível de 12,5% e, posteriormente aumentando. Por outro lado, a
257 eficiência de ruminação da matéria seca (ERMS) e da FDN (ERFDN) apresentou
258 aumento linear ($P < 0,05$) com a inclusão de torta de babaçu na dieta (Tabela 4).

259 Tabela 4

260 **DISCUSSÃO**

261

262 **Observações comportamentais**

263 Os resultados semelhantes observados para tempo médio diário em alimentação (Tabela
264 3) gasto pelos animais recebendo diferentes dietas, possivelmente ocorreu devido aos

¹ Este artigo está publicado na Animal Science Journal, seguindo suas normas de apresentação

265 consumos de matéria seca e fibra em detergente neutro que foram iguais entre os
266 animais (Tabela 4), independente, dos níveis de inclusão de torta de babaçu na dieta.
267 Outra possível razão para não ter ocorrido efeito no tempo de alimentação, é que a torta
268 de babaçu foi misturada com os ingredientes do concentrado, que em seguida foi
269 misturado ao volumoso, sendo fornecido no cocho como dieta total. Possivelmente, esse
270 manejo impediu que os animais fizessem seleção do volumoso, o que teria aumentado o
271 tempo de alimentação (Sá *et al.* 2015).

272 A diferença entre o tempo de alimentação para os animais no período da noite
273 pode ter ocorrido em função do esvaziamento gástrico que aconteceu mais rapidamente
274 para os animais alimentados com os maiores níveis de torta de babaçu, fazendo com que
275 esses animais retornassem à alimentação com mais frequência. Em todo caso, observou-
276 se que pela manhã e a tarde os animais passaram mais tempo se alimentando,
277 provavelmente, devido aos horários de fornecimento das dietas (8:00h e às 15:00h)
278 estimulando os animais ao consumo do alimento fresco. Em adição percebe-se que
279 mesmo em ambiente com iluminação artificial os ovinos tem preferência por realizar
280 suas atividades de alimentação no período diurno, corroborando com Gregorini (2012).

281 Embora não havendo diferença no tempo médio diário de alimentação dos
282 animais, o tempo destinado à ruminação foi diferente (Tabela 3). Levando-se em
283 consideração que o teor de fibra em detergente neutro e a forma física (densidade,
284 formato e tamanho de partícula) da dieta são os principais fatores que afetam o tempo
285 de ruminação (Van Soest 1994; Correia *et al.* 2015) e a velocidade de saída destas do
286 rúmen-retículo e tendo em vista que neste experimento todas as dietas apresentaram
287 níveis de fibra semelhantes (31% de FDN em média) (Tabela 1), atribui-se à forma
288 física das dietas a variação no tempo de ruminação, uma vez que a inclusão de torta de

¹ Este artigo está publicado na Animal Science Journal, seguindo suas normas de apresentação

289 babaçu reduziu o tamanho médio de partículas das dietas (Tabela 1). Essa redução no
290 tamanho de partículas, provavelmente, foi o principal fator responsável pela redução no
291 tempo de ruminação apresentado pelos animais consumindo torta de babaçu.

292 Outra possível explicação para a redução no tempo de ruminação está relacionada
293 à densidade e formato das partículas das dietas. Considerando que, a velocidade do
294 fluxo da digesta aumenta com a densidade de partícula e esta é maior em alimentos
295 finamente moídos (Clauss, *et al.* 2011), acredita-se que as dietas acrescidas de torta de
296 babaçu, apresentaram maior densidade e assim, podem ter aumentado a velocidade do
297 fluxo da digesta, tendo em vista que dietas com proporções de partículas menores e
298 mais densas apresentaram maior taxa de passagem no rúmen retículo de animais
299 ruminantes. A adição de torta de babaçu, devido sua forma de processamento, também
300 promoveu maior ocorrência de fragmentos cuboides na dieta e dessa forma, favoreceu a
301 passagem mais rápida pelo rúmen em detrimento das partículas da silagem de capim
302 elefante com formato alongado (Kamers & Allen 2012).

303 A redução do tempo de ruminação, durante a tarde e a noite, com a inclusão de
304 torta de babaçu se deve ao aumento da atividade de alimentação com a inclusão da torta
305 de babaçu, pois os animais, provavelmente dividiram o tempo entre essas duas
306 atividades, priorizando os períodos da madrugada e manhã para maior atividade de
307 ruminação podendo ser devido às temperaturas mais baixas observadas nesses horários
308 (Tabela 2), (Fontenele *et al.* 2011; Soriani *et al.* 2013). Entretanto, em todos os
309 tratamentos verificou-se que o tempo de ruminação esteve dentro do limite de 7 a 8
310 horas como descrito por Deswysen *et al.* (1993).

311 Tendo em vista a correlação negativa entre tempo em ócio e atividade de
312 ruminação dos animais é possível afirmar que o aumento do tempo em ócio observado

¹ Este artigo está publicado na Animal Science Journal, seguindo suas normas de apresentação

313 (Tabela 3) com a inclusão da torta de babaçu ocorreu em função da redução no tempo
314 de ruminação e da melhor eficiência de alimentação e ruminação dos animais
315 alimentados com os maiores níveis de torta. Ademais, a maior permanência dos animais
316 em estado de ócio observada à noite pode ter ocorrido devido ao conforto térmico dos
317 animais neste horário associado à sensação de saciedade. Por outro lado, altas
318 temperaturas observadas no galpão (Tabela 2) no período da tarde podem ter
319 influenciado essas atividades, as quais foram substituídas por outras atividades como
320 brincar com outro animal, subir nas baias, dentre outras demonstrando a inquietude
321 destes, em horários de estresse térmico.

322

323 **Mastigações merícicas, eficiência de alimentação e ruminação**

324 A mastigação está diretamente relacionada ao consumo de matéria seca, à concentração
325 de fibra em detergente neutro e tamanho da partícula da dieta (Mertens 2002), bem
326 como níveis de lignificação da fibra em detergente neutro da dieta (Kornfelt *et al.*
327 2013). Dessa forma, pode-se atribuir a redução do número de mastigações por bolo
328 ruminal e por dia, observada com a inclusão de torta de babaçu nas dietas (Tabela 4) ao
329 menor tamanho das partículas e também à redução nos teores de FDNi com a inclusão
330 da torta de babaçu nas dietas (Tabela 1). Pressupõe-se ainda, que esses dois fatores,
331 possivelmente facilitaram a exposição dos nutrientes à ação dos microrganismos
332 melhorando a colonização no rúmen, da mesma forma, que responderam pela redução
333 no tempo gasto por bolo ruminal já que são variáveis correlacionadas. Entretanto, apesar
334 da redução observada para o número de mastigações por bolo ruminal, o tempo de
335 mastigação total, dado pela soma das atividades de alimentação e ruminação, não foi
336 modificado pela inclusão de torta de babaçu nas dietas (Tabela 4). Consequentemente,

¹ Este artigo está publicado na Animal Science Journal, seguindo suas normas de apresentação

337 acredita-se que a inclusão da torta de babaçu não interferiu negativamente sobre o
338 processo de salivação necessário na manutenção do pH ruminal adequado (Li *et al.*
339 2014).

340 A redução da eficiência de alimentação da MS e da FDN observada nesse
341 experimento até o nível de 12,5% de torta de babaçu (Tabela 4), provavelmente ocorreu
342 devido à mistura de silagem com a torta de babaçu que promoveu uma dieta com
343 partículas grandes, porém secas devido ao conteúdo de matéria seca da torta de babaçu.
344 Considerando que dietas com essas características devem ser mastigados por mais
345 tempo para redução do tamanho de partículas e permanecem mais tempo na boca para
346 serem umedecidas pelo processo de salivação antes de serem deglutidos (Valadares
347 Filho *et al.* 2011) a mistura dessas partículas grandes e secas reduziu a eficiência de
348 alimentação. No entanto a partir do nível de 37,5% da inclusão de torta de babaçu
349 promoveu uma dieta com partículas cada vez menores melhorando a eficiência de
350 alimentação, indicando que esses animais tinham menor gasto energético durante essa
351 atividade (Bonilha *et al.* 2015), mesmo que não houvesse diferenças quanto ao consumo
352 de MS e FDN, ou ainda no tempo destinado a alimentação.

353 O aumento da eficiência de ruminação da matéria seca e da FDN observada com a
354 inclusão da torta de babaçu, possivelmente ocorreu devido à redução no número de
355 mastigações meréricas por bolo ruminal tornando a ruminação mais rápida. Sugerindo
356 que esse alimento reduz a frequência de regurgitação e ao mesmo tempo aumenta a
357 quantidade de MS e FDN ruminados por unidade de tempo. Esta resposta pode ser o
358 resultado do aumento do peso específico e menor volume do bolo regurgitado pelos
359 animais, semelhante ao que ocorre em dietas de alto concentrado que permite ao animal

¹ Este artigo está publicado na Animal Science Journal, seguindo suas normas de apresentação

360 mastigar menos o bolo ruminal e ruminar menor número de bolos por dia (Missio *et al.*
361 2010).

362

363 **Conclusão**

364 A substituição da fonte de volumoso, silagem de capim elefante por torta de
365 babaçu pode ser realizada em até 50%, sem comprometer o tempo de alimentação e
366 mastigação total, o que permite reduzir o tempo de ruminação e melhorar a eficiência de
367 alimentação e ruminação.

368

369 **REFERENCES**

370

371 Bonilha SF M, Santos GP, Branco RH, Ribeiro EG, Mercadante MEAZ. 2015. Feed
372 efficiency, blood parameters, and ingestive behavior of young Nellore males and
373 females. *Tropical Animal Health Production* **47**, 1381– 1389.

374 Buffington DE, Collazo-Arocho A, Canton GH, Pitt D. 1981. Black Globe-Humidity
375 index (BGHI) as confort equation for dairy cows. *Transactions of the American*
376 *Society of Agricultural Engineers* **24**, 711-714.

377 Bürger PJ, Pereira JC, Queiroz AC, Silva JFC, Valadares Filho SC, Cecon PR, Casalli
378 ADP. 2000. Comportamento ingestivo em bezerros holandeses alimentados com
379 dietas contendo diferentes níveis de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*
380 **29**, 236-242.

381 Clauss M, Lechner I, Barboza P, Collins W, Tervoort TA, Südekum KH, Codron D,
382 Hummel J. 2011. The effect of size and density on the mean retention time of
383 particles in the reticulorumen of cattle (*Bos primigenius f. taurus*), muskoxen

¹ Este artigo está publicado na Animal Science Journal, seguindo suas normas de apresentação

- 384 (Ovibos moschatus) and moose (Alces alces). *British Journal of Nutrition* **105**,
385 634–644.
- 386 Correia BR, Carvalho GGP, Oliveira RL, Pires AJV, Ribeiro OL, Silva RR, Leão AG,
387 Rodrigues CS. 2015. Feeding behavior of feedlot-finished young bulls fed diets
388 containing peanut cake. *Tropical Animal Health Production* **47**, 1075–1081.
- 389 Cutrim DO, Alves KS, Neiva JN, Oliveira LR, Mezzomo R, Elias AK, Da Mata VJ,
390 Dos Santos RC, Gomes DI. 2013. Replacement levels of elephant grass by moist
391 pineapple by-product silage in diets of Santa Inês crossbred sheep: performance and
392 digestibility. *Tropical Animal Health Production* **45**, 585-92.
- 393 Deswysen AG, Dutilleul P, Godfrin JP, Ellis WC. 1993. Nyctero hemeral eating and
394 ruminating patterns in heifers fed grass or corn silage: analysis by finite Fourier
395 transform. *Journal Animal Science* **71**, 2739 - 2743.
- 396 Fontenele RM, Pereira ES, Carneiro MSS, Pimentel PG, Cândido MJD, Regadas Filho
397 JGL. 2011. Consumo de nutrientes e comportamento ingestivo de cordeiros da raça
398 Santa Inês alimentados com rações com diferentes níveis de energia metabolizável.
399 *Revista Brasileira de Zootecnia* **40**, 1280-1286.
- 400 Gregorini P. 2012. Diurnal grazing pattern: its physiological basis and strategic
401 management. *Animal Production Science* **52**, 416–430.
- 402 Heinrichs AJ, Kononoff PJ. 2002. Evaluating particle size of forages and TMRs using
403 the new Penn State Forage Particle Separator. N° 42. College of Agriculture
404 Science, Cooperative Extension.
- 405 Johnson TR, Combs DK. 1991. Effects of prepartum diet, inert rumen bulk, and dietary
406 polyethylene glycol on dry matter intake of lactating dairy cows. *Animal Production*
407 *Science* **74**, 933-944.

¹ Este artigo está publicado na Animal Science Journal, seguindo suas normas de apresentação

- 408 Kammers KL, Allen MS. 2012. Rates of particle size reduction and passage are faster
409 for legume compared with cool-season grass, resulting in lower rumen fill and less
410 effective fiber. *Animal Production Science* **95**, 3288–3297.
- 411 Kornfelt LF, Weisbjerg MR Nørgaard P. 2013. Effect of harvest time and physical form
412 of alfalfa silage on chewing time and particle size distribution in boli, rumen
413 content and faeces. *Animal* **7**, 232–244.
- 414 Li F, Li Z, Li S, Ferguson JD, Cao Y, Yao J, Sun F, Wang X, Yang T. 2014. Effect of
415 dietary physically effective fiber on ruminal fermentation and the fatty acid profile
416 of milk in dairy goats. *Journal Dairy Science* **97**, 2281–2290.
- 417 Mertens DR. 2002. Gravimetric determination of amylase- treated neutral detergent
418 fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. *Journal of*
419 *AOAC International*. **85**, 1217-1240.
- 420 Missio RL, Brondani IL, Alves Filho DC, Silveira MF, Freitas LS, Restle J. 2010.
421 Comportamento ingestivo de tourinhos terminados em confinamento, alimentados
422 com diferentes níveis de concentrado na dieta. *Revista Brasileira de Zootecnia* **39**,
423 1571- 1578.
- 424 NRC. 2007. *Nutrient requirements of sheep*. 6.th. rev. ed. Natl. Acad. Press,
425 Washington, DC.
- 426 Nussio LG, Campos FP, Lima MLM. 2011. Metabolismo de carboidratos estruturais.
427 In: Berchielli TT, Pires AV, Oliveira SG (eds), *Nutrição de ruminantes*, 2th ed., pp.
428 193 – 234. Jaboticabal.
- 429 Sá HCM, Borges I, Macedo Júnior GL, Neiva JNM, Silva VB, Sousa JTL. 2014. Intake
430 and ingestive behavior of rams fed with increasing inclusions of babassu endocarp
431 meal I in their diet (*Orbignya spp*). *Ciência Rural* **44**, 2084-2089.

¹ Este artigo está publicado na Animal Science Journal, seguindo suas normas de apresentação

- 432 Sá HCM, Borges I, Macedo Júnior GL, Neiva JNM, Sousa JTL, Paula SM. 2015.
433 Consumo e comportamento ingestivo de ovinos mestiços alimentados com torta do
434 babaçu (*Orbignya spp.*). *Bioscience Journal* **31**, 107 – 113.
- 435 Santos RC, Alves KS, Mezzomo R, Oliveira LR, Cutrim DO, Gomes DI, Leite GP,
436 Araújo MY. 2015. Performance of feedlot lambs fed palm kernel cake-based diets.
437 *Tropical Animal Health Production*. **48**, 367-72.
- 438 Silva RR, Silva FF, Prado IN, Carvalho GGP, Franco ILF, Mendes FBL, Oliveira
439 Pinheiro APA. 2006. Metodologia para o estudo do comportamento de bezerros
440 confinados na fase pós-aleitamento. *Archivos Latinoamericanos de Production*
441 *Animal* **14**, 135-138.
- 442 Soriani N, Panella G, Calamari L. 2013. Rumination time during the summer season
443 and its relationships with metabolic conditions and milk production. *Journal Dairy*
444 *Science*. **96**, 5082–5094.
- 445 Valadares Filho SC, Pina DS. 2011. Fermentação ruminal. In: Berchielli TT, Pires AV,
446 Oliveira SG (eds), *Nutrição de ruminantes*, 2th ed., pp. 193 – 234. Jaboticabal.
- 447 Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2. ed., Ithaca: Cornell
448 University Press.
- 449
- 450

¹ Este artigo está publicado na *Animal Science Journal*, seguindo suas normas de apresentação

TABELAS

Tabela 1. Proporção, composição química e distribuição do tamanho de partícula das Dietas

Item	Proporção de torta de babaçu, % MS					Torta de babaçu	Silagem de capim elefante
	0	12,5	25	37,5	50		
<i>Proporção dos ingredientes, g/kg de MS</i>							
Silagem de capim elefante	400,0	350,0	300,0	250,0	200,0	-	-
Torta de babaçu	-	50,0	100,0	150,0	200,0	-	-
Farelo de soja	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	-	-
Milho	409,5	408,8	408,0	407,0	406,5	-	-
Ureia	15,0	13,0	11,0	9,0	7,0	-	-
Suplemento Mineral ¹	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	-	-
Fosfato bicálcico	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	-	-
Calcário calcítico	3,0	5,7	8,5	11,5	14,0	-	-
<i>Composição química, g/kg de MS</i>							
Matéria seca, g/kg MN	610,0	645,7	681,4	717,1	752,8	920,4	208,3
Proteína bruta	170,4	172,9	175,3	177,7	180,2	216,2	54,4
Extrato etéreo	25,0	28,3	31,7	35,0	38,4	84,0	16,6
Fibra em detergente neutro [‡]	320,2	319,3	318,3	317,2	316,3	593,4	610,3
Fibra em detergente ácido	231,1	227,1	223,2	219,2	215,2	420,9	504,0
Matéria orgânica	932,2	932,2	932	931,7	931,7	958,3	912,5
Matéria mineral	68,2	67,2	66,2	65,5	64,3	38,3	106,5
Carboidratos não fibrosos cp [‡]	443,0	435,6	428,2	420,6	413,4	681,0	687,8
Fibra em detergente neutro indigestível	138,2	132,1	126,1	120,1	114,0	203,0	324,17
<i>Porcentagem de partículas retidas em cada peneira</i>							
> 19mm	2,2	1,5	1,3	1,6	0,8	-	-
8 a 19mm	40,4	39,4	31,8	26,2	19,3	-	-
< 8mm	58,8	57,3	66,9	72,3	79,9	-	-

[†] Composição por kg: 82 g; Cobalto 30 mg; Cobre 350 mg; Cromo 11,70 mg; Enxofre 11,70 g; Ferro 700 mg; Flúor 600 mg; Fósforo 60 g; Iodo 50 mg; Manganês 1200 mg; Molibdênio 180 mg; Selênio 15 mg; Sódio 132 g; Zinco 2600 mg.. [‡]cp = corrigido para cinzas e proteínas.

¹ Este artigo está publicado na Animal Science Journal, seguindo suas normas de apresentação

Tabela 2. Dados meteorológicos obtidos nos dias de observação do comportamento

Período	Horário	TA (°C)	UR (%)	VENT(m/s)	ITGU
Manhã	09:00	30,00	72,00	0,60	80,70
	12:00	31,73	63,67	0,23	82,03
Tarde	15:00	31,17	69,00	0,40	81,55
	18:00	28,67	78,00	0,07	78,84
Noite	21:00	27,10	81,00	0,00	77,31
	00:00	26,00	87,33	0,00	75,73
Madrugada	03:00	24,57	95,67	0,00	74,33
	06:00	26,80	79,00	0,00	76,12
Média		28,25	78,21	0,16	78,33

†TA: Temperatura ambiente; ‡UR: Umidade relativa do ar. §VENT: Velocidade do vento; ¶ITGU: Índice de temperatura de globo e umidade.

Tabela 3. Comportamento de ovinos alimentados com diferentes níveis de torta de babaçu em substituição à silagem de capim elefante

Item	Proporção da Torta de Babaçu (%)					EPM [†]	P-Valor [‡]	
	0	12,5	25	37,5	50		L	Q
<i>Alimentação, minutos por dia</i>								
Média, 24 horas	198,74	222,86	210,68	237,27	227,61	4,34	0,180	0,650
Manhã	95,93	101,78	95,86	106,63	100,56	1,34	0,536	0,786
Tarde	87,13	97,56	94,98	100,82	92,36	1,52	0,590	0,326
Noite§	13,82	20,02	15,43	22,26	30,43	1,43	0,016	0,363
Madrugada	1,85	3,51	4,41	7,57	4,27	0,62	0,060	0,210
<i>Ruminação, minutos por dia</i>								
Média, 24 horas¶	529,57	530,77	494,30	460,42	450,90	9,63	<0,001	0,790
Manhã	108,95	113,80	101,75	111,34	100,27	1,51	0,375	0,698
Tarde††	55,47	63,07	49,46	44,96	41,63	2,23	0,043	0,625
Noite‡‡	143,73	131,59	119,17	107,51	94,59	4,73	0,000	0,980
Madrugada	221,42	222,31	223,91	196,60	214,41	3,36	0,200	0,840
<i>Ócio, minutos por dia</i>								
Média, 24 horas§§	307,36	306,31	350,77	379,32	362,01	9,42	0,020	0,590
Manhã	67,69	68,44	88,48	76,05	82,38	2,56	0,171	0,501
Tarde	88,60	82,66	95,45	100,16	103,54	2,20	0,133	0,774
Noite¶¶	104,82	109,82	111,67	129,93	119,84	2,87	0,033	0,608
Madrugada	46,24	45,40	55,17	73,18	56,26	3,33	0,050	0,360
<i>Outras atividades, minutos por dia</i>								
Média, 24 horas	315,22	272,22	295,11	265,42	293,75	5,89	0,340	0,160
Manhã†††	71,77	58,11	56,77	46,07	58,71	2,72	0,037	0,045
Tarde	118,78	104,25	106,56	100,32	106,56	2,06	0,274	0,279
Noite	67,44	56,67	76,76	60,91	76,01	2,41	0,229	0,451
Madrugada	57,23	53,19	55,01	58,12	52,46	0,64	0,650	0,830
<i>Dormindo, minutos por dia</i>								
Média, 24 horas	89,11	107,83	89,15	97,58	102,91	2,36	0,580	0,970
Manhã	15,65	17,87	17,14	19,91	18,08	0,46	0,490	0,700
Tarde	10,01	12,46	13,54	13,74	15,91	0,52	0,122	0,885
Noite	30,19	41,91	36,97	39,39	36,30	1,30	0,592	0,310
Madrugada‡‡‡	33,26	35,59	21,49	24,53	32,61	1,78	0,300	0,030

[†]EPM – Erro padrão da média [‡]Contrastes Linear (L) e quadrático (Q). §Y = 13,2964 + 0,2837X (R² = 0,12). ¶Y = 538,3345 – 1,8057x (R² = 0,28). ††Y = 60,0799 – 0,3663x (R² = 0,09). ‡‡Y = 143,7911 – 0,9788x (R² = 0,35). §§Y = 105,1871 + 0,4011x (R² = 0,10). ¶¶Y = 305,0181 + 1,4453x (R² = 0,10). †††Y = 72,0948 – 1,2934 + 0,0197x² (R² = 0,17). ‡‡‡Y = 36,0286 – 0,7618 + 0,0133x² (R² = 0,12).

¹ Este artigo está publicado na Animal Science Journal, seguindo suas normas de apresentação

Tabela 4. Eficiências de alimentação e ruminação de ovinos alimentados com diferentes níveis de torta de babaçu em substituição à silagem de capim elefante

Item†	Proporção de Torta de babaçu (% MS)					EPM‡	P – Valor§	
	0	12,5	25	37,5	50		L	Q
NMB¶	75,56	62,71	68,68	61,93	59,90	20,50	0,001	0,423
NMD††	49302,54	46308,33	44479,76	40526,33	37651,35	13727,15	0,000	0,792
TBR‡‡	0,81	0,72	0,77	0,70	0,71	0,23	0,044	0,449
BRD	665,39	750,26	655,14	663,31	643,97	208,58	0,234	0,413
TMT	12,14	12,56	11,75	11,63	11,31	3,66	0,075	0,639
EALMS§§	0,55	0,44	0,48	0,48	0,52	0,15	0,859	0,048
EALFDN¶¶	0,18	0,14	0,15	0,15	0,17	0,05	0,767	0,047
ERMS†††	0,20	0,18	0,21	0,25	0,25	0,06	0,001	0,209
ERFDN‡‡‡	0,06	0,06	0,07	0,08	0,08	0,02	0,002	0,216
CMS, kg/dia	1,77	1,57	1,61	1,78	1,81	0,52	0,32	0,10
CFDN, kg/dia	0,57	0,50	0,51	0,56	0,57	0,16	0,73	0,34

†NMB - número de mastigações meréricas por bolo; NMD – número de mastigações meréricas por dia; TBR – tempo gasto por bolo ruminal em minutos (min/bolus); BRD - número de bolos ruminados por dia; TMT tempo de mastigação total, (hora/dia); EALMS - eficiência alimentar da MS (Kg de MS/h); EALFDN - eficiência alimentar da FDN, (Kg de FDN/h); ERMS - eficiência de ruminação da MS, (Kg de MS/hora); ERFDN - eficiência de ruminação da FDN, (Kg de FDN/hora); CMS - Consumo de matéria seca; CFDN - Consumo de fibra em detergentes neutro.

‡EPM – Erro padrão da média. §Contrastes Linear (L) e quadrático (Q). ¶Y = 72,1769 – 0,2568x (R² = 0,21). ††Y = 4947 – 232,67x (R² = 0,36). ‡‡Y = 0,7886 – 0,0017x (R² = 0,09). §§Y = 0,5389 – 0,0062x + 0,00012x² (R² = 0,08). ¶¶Y = 0,1720 – 0,0020x + 0,00003x² (R² = 0,08). †††Y = 0,1851 + 0,0012x (R² = 0,22). ‡‡‡Y = 0,0593 + 0,0003x (R² = 0,21).

CONCLUSÕES GERAIS

Dentre os subprodutos (torta de dendê, amêndoa de dendê e fibra de dendê, torta de polpa de macaúba, torta de amêndoa de macaúba, caroço de açaí e silagem de resíduo de abacaxi), o caroço de açaí por apresentar baixo teor de proteína bruta e baixa degradabilidade ruminal desta não é recomendado ser utilizado como fonte de proteína para ruminantes. Enquanto, a amêndoa de dendê apresentou-se como a melhor fonte de fibra em detergente neutro, valendo ressaltar a escolha do subproduto a ser utilizado deve considerar com qual nutriente o mesmo irá contribuir e assim determinar os níveis de inclusão.

A exemplo, a torta de babaçu que pode substituir o farelo 80% quando a fonte de volumoso for a silagem do resíduo de abacaxi sem comprometer o consumo e digestibilidade da matéria seca e da maior parte dos nutrientes, o balanço de nitrogênio, a eficiência de síntese de proteína microbiana, e parâmetros de fermentação ruminal, sendo necessário, no entanto o uso de uma fonte de nitrogênio não proteico devido às diferenças quanto aos teores de proteína bruta e dos dois ingredientes (torta de babaçu e farelo de soja). A substituição da silagem de capim elefante pela silagem de resíduo de abacaxi melhora o consumo e digestibilidade de nutrientes e não altera os produtos da fermentação ruminal.

Além disso, a torta de babaçu também pode substituir a silagem de capim elefante em dietas de cordeiros, permitindo rezudir o tempo destinado a ruminação e melhorando a eficiência de alimentação dos animais devendo – se observar que a redução no tamanho de partículas na dieta não reduza o tempo de mastigação e assim, possivelmente, o pH do rúmen.

Vale ressaltar que é de fundamental importância na escolha do subproduto a ser utilizado nas dietas considerar com qual nutriente o mesmo irá contribuir, a disponibilidade em escala e o custo ao longo do ano.