

## COMPOSIÇÃO QUÍMICA E DIGESTIBILIDADE IN VITRO DE TORTAS DA MACAÚBA

*Chemical composition and in vitro digestibility of pies from different parts of macaúba*

João Paulo Sampaio Rigueira<sup>1</sup>  
Flávio Pinto Monção<sup>2</sup>  
Eleuza Clarete Junqueira de Sales<sup>1</sup>  
Sidnei Tavares dos Reis<sup>1</sup>  
Dorismar David Alves<sup>1</sup>  
Ana Cássia Rodrigues de Aguiar<sup>1</sup>  
Vicente Ribeiro Rocha Júnior<sup>1</sup>  
Julieta Alencar Chamone<sup>1</sup>

**Resumo:** **Objetivo:** objetivou-se, com este estudo, avaliar a composição químico-bromatológica e a digestibilidade in vitro de diferentes partes da macaúba para alimentação de ruminantes. **Métodos:** o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, sendo as diferentes partes (epicarpo, mesocarpo e endocarpo) do coco da macaúba os tratamentos com cinco repetições. **Resultados:** a torta do endocarpo foi superior 3,91% quanto ao teor de matéria seca (MS) do epicarpo e não diferiu ( $P>0,05$ ) da torta do mesocarpo que apresentou teor de MS intermediário (88,50%) em relação aos demais tratamentos. Para o teor de proteína bruta, a torta do endocarpo apresentou uma variação nos valores de 48,30 e 66,43%, superior à torta do mesocarpo e epicarpo, respectivamente. A torta de epicarpo apresentou menor valor de proteína bruta (4,35%) em relação aos demais tratamentos. A torta do endocarpo apresentou maior digestibilidade da matéria seca, sendo 5,63% maior que a torta do mesocarpo. **Conclusão:** em relação à composição química e a digestibilidade, destaca-se o mesocarpo e endocarpo como potenciais substitutos de ingredientes na formulação de dietas para animais ruminantes.

**Palavras-chave:** Coco; Coprodutos; Ruminantes; Valor nutricional.

---

1 Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES.

2 Pesquisador de Pós-Doutorado da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES. Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES/Campus Janaúba/MG.

Autor para correspondência: Flávio Pinto Monção.  
E-mail: moncaomoncao@yahoo.com.br

Artigo recebido em: 31/08/2015.

Artigo aceito em: 10/08/2017.

Artigo publicado em: 22/12/2017.

**Abstract: Objective:** the aimed, of this study, was to evaluate the chemical composition and in vitro digestibility of different parts of macaúba for ruminants. **Methods:** the experimental design was completely randomized, with different parts (epicarp, mesocarp and endocarp) Coconut macaúba treatments with five replicates. **Results:** the pie endorcarpo was 3.91% higher than the content of dry matter (DM) of the epicarp and did not differ ( $P>0.05$ ) Pie mesocarp showed that DM content intermediate (88.50%) compared to other treatments. For crude protein, pie endocarp showed values of 48.30 and 66.43% higher than the pie epicarp and mesocarp, respectively. The pie epicarp showed the lowest crude protein (4.35%) compared to the other treatments. The pie endocarp showed higher digestibility of dry matter, being 5.63% higher than the pie mesocarp. **Conclusions:** in relation to chemical composition and digestibility, there is the mesocarp and endocarp as potential substitutes ingredients in the formulation of diets for ruminants.

**Keywords:** Coconut; Byproducts; Ruminant; Nutritional value.

## INTRODUÇÃO

O custo de fontes tradicionais de alimentos para suplementação animal, como os grãos de cereais, tem se tornado limitante à rentabilidade dos sistemas de produção. A inclusão de fontes energéticas alternativas em rações para alimentação animal tem como principal objetivo baixar os custos, mantendo-se os níveis de produção.<sup>22</sup>

Dentre as alternativas, os coprodutos, oriundos da produção de biodiesel, surgem como opção promissora em função do grande volume a ser gerado, pois, com os incentivos governamentais, a produção do biodiesel tende a crescer no Brasil. Sendo assim, espera-se o aumento da oferta de coprodutos que podem ser utilizados na alimentação animal.<sup>8</sup>

A torta da macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart.), um resíduo da extração do óleo da polpa (mesocarpo) do coco é o principal coproduto utilizado na alimentação animal. Entretanto, existem tortas de macaúba oriundas da semente (endocarpo) e da casca (epicarpo), que podem ser uma alternativa promissora para o uso na alimentação de ruminantes, principalmente em regiões semiáridas.<sup>26</sup>

No entanto, os sistemas atuais de adequação de dietas para ruminantes necessitam de informações sobre o alimento no que diz respeito ao valor nutricional, bem como a digestibilidade, para que se possa estimar, com maior exatidão, o desempenho dos animais e maximizar a eficiência de utilização dos nutrientes.<sup>36</sup>

A macaúba (*Acrocomia aculeata*) é uma palmeira nativa das florestas tropicais, cujo estipe atinge de 10 a 15 m de altura e 20 a 30 cm de diâmetro. Os frutos são esféricos ou ligeiramente achatados, com diâmetro variando de 2,5 a 5,0 cm. O epicar-

po (parte externa do fruto, com volume médio de 17% do total do fruto) rompe-se facilmente quando maduro. O mesocarpo (tecido organizado abaixo do epicarpo e sob o endocarpo, mais conhecido como polpa, com volume médio de 52% do total do fruto) é fibroso, mucilaginoso, de sabor adocicado, rico em carboidratos, de coloração amarelo ou esbranquiçado e comestível. O endocarpo (com volume médio de 31% do total do fruto) é fortemente aderido à polpa, com parede óssea enegrecida e a amêndoa oleaginosa, revestida de fina camada de tegumento. Cada fruto contém, geralmente, uma semente envolvida por endocarpo duro e escuro com aproximadamente 3 mm de espessura.<sup>4, 28, 9, 12</sup>

No Brasil, é considerada a palmeira de maior disseminação, com ocorrência de populações naturais da macaúba em quase todo território, sendo amplamente espalhada pelas áreas de Cerrado.<sup>4, 28, 9</sup> É considerada espécie pioneira, comum em áreas que sofreram intervenção antrópica recente, principalmente pastagens, sendo menos comum em matas nativas fechadas.<sup>19</sup>

Com base no exposto, objetivou-se, com este estudo, avaliar a composição químico-bromatológica e a digestibilidade *in vitro* de diferentes partes da macaúba para alimentação de ruminantes.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Montes Claros, UNIMONTES, Campus Avançado de Janaúba – MG.

Os tratamentos consistiram de diferentes tortas, oriundas de partes (epicarpo, mesocarpo e endocarpo) do coco de macaúba. O material foi adquirido de uma única empresa beneficiadora, prove-

niente da agricultura familiar, implantada na cidade de Montes Claros-MG. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, tendo as tortas das diferentes partes (epicarpo, mesocarpo e endocarpo) do coco da macaúba os tratamentos com cinco repetições.

As amostras, pré-secas a 55°C em estufa de ventilação forçada, durante 72 horas, foram moídas em peneira com crivos de 1mm para determinação dos teores de matéria seca (MS); extrato etéreo (EE); cinzas (CZ); proteína bruta (PB), conforme procedimentos descritos pela AOAC<sup>1</sup> (1984); fibra em detergente neutro (FDN); fibra em detergente ácido (FDA); lignina (LIG); celulose (CEL); hemicelulose (HEM), conforme descrito por Van Soest *et al.*,<sup>36</sup>. Os teores dos compostos nitrogenados, insolúveis nos detergentes neutro (NIDN) e ácido (NIDA), foram determinados, conforme Licitra *et al.*,<sup>14</sup>. Os carboidratos totais (CT) dos alimentos fornecidos foram calculados de acordo com Sniffen *et al.*,<sup>30</sup>, em que  $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$ . O NDT foi estimado por meio da fórmula de Weiss<sup>37</sup>,  $NDT = 40,2625 + 0,1969PB + 0,4028CNF + 1,903EE - 0,1379FDA$ .

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), proteína bruta (DIVPB) e fibra em detergente neutro (DIVFDN) foi determinada de acordo com metodologia descrita por Tilley & Terry<sup>34</sup>, modificada segundo Holden<sup>10</sup>, através do uso da incubadora *in vitro*, da Tecnal® (TE-150), com modificação na confecção do saquinho utilizado (7,5 x 7,5 cm), em tecido não-tecido (TNT -100 g/m<sup>2</sup>).

Uma alíquota de líquido ruminal foi coletada de dois bovinos que foram adaptados às dietas por um período de 14 dias. O líquido de rúmen foi colhido antes da alimentação matinal, via fistula, utilizando-se bomba a vácuo e kitassato, com capacidade para 2000 mL, mantido sempre em banho-maria a 39°C. O CO<sub>2</sub> foi inoculado por cerca de 30 segundos antes e após a adição do líquido ruminal, juntamente com o material na fase sólida.

Para o inóculo proveniente da fistula ruminal, foi mantida proporção de 50% de material da fase sólida e 50% de material líquido. Cerca de 400 mL de cada inóculo foi colhido para cada jarro. Para a retirada do inóculo, via sonda esofágica, introduziu-se no saco ventral do rúmen uma mangueira de 2 cm de diâmetro por 2 m de comprimento, com a ponta lacrada e as laterais furadas para facilitar a sucção do líquido ruminal, através da bomba de vácuo.

Em cada jarro da incubadora artificial foram colocados os saquinhos (24 saquinhos + uma amostra em branco) contendo dois gramas de amostra moída em peneira de crivo 5 mm, 1200 mL de solução tampão de McDougall<sup>15</sup> (g/L) – 9,8 de NaHCO<sub>3</sub>; 7,0 de Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> x 7.0 H<sub>2</sub>O; 0,57 de KCl; 0,47 de NaCl; 0,12 de MgSO<sub>4</sub> x 7.0 H<sub>2</sub>O e 0,04 de CaCl<sub>2</sub>) e 400 mL de líquido ruminal. Previamente, antes da incubação, foi adicionado a cada 1200 mL de solução tampão de McDougall, 20 mL de solução de ureia (5,5 g de ureia/100 mL H<sub>2</sub>O) e 20 mL da solução de glicose (5,5 g de glicose/100 mL H<sub>2</sub>O). Após o preparo da solução, a mesma foi inoculada com CO<sub>2</sub> com o objetivo de retirar o oxigênio (O<sub>2</sub>) e fornecer ambiente anaeróbico, e, em seguida, foi realizada a incubação dos materiais por 48 horas.

O método de incubação em dois estágios foi realizado pela adição de 40 mL de ácido clorídrico (HCl) a 6 normalidade (N) e 8,0 g de pepsina em cada jarro, mantendo-se a 39°C por mais 48 horas. A pepsina foi previamente dissolvida em 34 mL de H<sub>2</sub>O, destilada a 35°C, durante cinco minutos em agitador, mantendo-se o pH da solução entre 2,0 a 3,5.<sup>10</sup>

Ao término deste período, os jarros foram drenados e os sacos de TNT foram lavados no próprio jarro, cinco a seis vezes com água destilada. O gás, contido nos sacos, foi removido com delicada pressão das mãos sobre os eles. Esses sacos foram colocados em estufa a 105 °C por 12 horas para secagem.

Os filtros de náilon foram pesados com os

resíduos para se determinar a matéria seca (MS) e o coeficiente de digestibilidade *in vitro* da MS, tendo sido calculados pela diferença do alimento incubado e pelo resíduo, após a incubação, através da fórmula:

$$\text{DIVMS (\%)} = [(\text{MS do alimento incubado} - (\text{MS do resíduo} \times \text{Fator de correção}) / \text{MS do alimento incubado}] \times 100,$$

sendo o fator de correção o resultado da razão entre o peso da amostra em branco antes de incubar pelo peso da mesma amostra, após incubação.

Os alimentos foram analisados para obtenção dos teores da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), conforme as metodologias descritas anteriormente.

Para realização das análises estatísticas, foi utilizado o procedimento GLM do SAS<sup>27</sup>. Para valores significativos, utilizou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade, para comparação entre as médias.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$  = Observação referente ao tratamento  $i$ , na repetição  $j$ ;

$\mu$  = Média geral;

$T_i$  = Efeito do tratamento  $i$ , com  $i = 1, 2$  e  $3$ ;

$e_{ij}$  = O erro experimental associado aos valores observados ( $Y_{ij}$ ) que por hipótese tem distribuição normal com média zero e variância  $\sigma^2$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para as variáveis analisadas das diferentes tortas de macaúba com exceção das cinzas que foi semelhante ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos. A torta do endocarpo foi superior, 3,91%, quanto ao teor de matéria seca (MS) em relação ao epicarpo e não diferiu ( $P > 0,05$ ) do mesocarpo (teor de MS intermediário; 88,50%) em relação aos demais tratamentos (Tabela 1). Para o teor de proteína bruta, a torta do endocarpo teve variação nos valores de 48,30 e 66,43%, superior à torta do mesocarpo e epicarpo, respectivamente. O epicarpo, ou seja, a casca do coco apresentou menor ( $P < 0,05$ ) valor de proteína bruta (4,35%), que pode ser justificado em função da constituição física do material.

**Tabela 1 - Composição químico-bromatológica de tortas de diferentes partes do coco da macaúba.**

Variáveis	Mesocarpo	Endocarpo	Epicarpo	CV (%)
MS <sup>1</sup>	88,50 <sup>ab</sup>	89,55 <sup>a</sup>	86,04 <sup>b</sup>	1,80
PB <sup>1</sup>	6,70 <sup>b</sup>	12,96 <sup>a</sup>	4,35 <sup>c</sup>	5,74
FDN <sup>1</sup>	65,23 <sup>c</sup>	73,99 <sup>b</sup>	91,17 <sup>a</sup>	3,36
FDA <sup>1</sup>	36,65 <sup>b</sup>	41,89 <sup>a</sup>	16,82 <sup>c</sup>	6,03
HEM <sup>1</sup>	28,57 <sup>b</sup>	30,92 <sup>b</sup>	77,10 <sup>a</sup>	5,89
CZ <sup>1</sup>	3,73	3,66	3,56	3,05
EE <sup>1</sup>	19,75 <sup>a</sup>	9,23 <sup>b</sup>	0,92 <sup>c</sup>	5,67
NIDNPB <sup>2</sup>	0,11 <sup>b</sup>	0,55 <sup>a</sup>	0,09 <sup>b</sup>	11,72
NIDA <sup>1</sup>	0,09 <sup>ab</sup>	0,10 <sup>a</sup>	0,07 <sup>b</sup>	11,58
NIDNN <sup>3</sup>	10,42 <sup>b</sup>	10,94 <sup>b</sup>	13,77 <sup>a</sup>	9,80

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. 1 – Percentagem de matéria seca; 2 – Percentagem da proteína bruta; 3 – Percentagem do nitrogênio total; MS - teor de matéria seca; PB - Proteína bruta; FDN - Fibra em detergente neutro; FDA - Fibra em detergente ácido; HEM - Hemicelulose; CZ - Cinzas; EE - Extrato etéreo; NIDNPB - Nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA - Nitrogênio insolúvel em detergente ácido; NIDNN – Nitrogênio insolúvel em detergente neutro em base de nitrogênio total. CV (%) – Coeficiente de variação.

O teor de proteína bruta do alimento é um dos fatores que pode afetar o consumo de matéria seca que, abaixo de 7%, reduz a degradação das fibras, restringe a ingestão voluntária, e, consequentemente, o consumo de energia pelo comprometimento da função ruminal, decrescendo a eficiência de utilização do alimento.<sup>16</sup> Apenas o endocarpo da macaúba atende a exigência mínima para manutenção da microbiota ruminal dentre os tratamentos. Quanto à utilização do mesocarpo e epicarpo na alimentação animal, deve-se utilizar alguma fonte proteica para corrigir a deficiência.

Azevedo *et al.*,<sup>2</sup> avaliaram o comportamento ingestivo de cordeiros alimentados com torta de macaúba (mesocarpo) e encontraram valores de MS e PB de 94,96 e 8,18%, respectivamente. Esses valores corroboram aos obtidos no presente experimento para o mesmo tratamento.

Quanto aos teores de fibra, a de FDN (Tabela 1), observa-se nos tratamentos valores acima de 60%, com maior média para o epicarpo da macaúba (91,17%) e a de FDA (16,82%) com menor teor. Para o mesocarpo, foi calculada média de 65,23% de FDN e 36,65% de FDA, valores estes que corroboram aos obtidos por Rezende *et al.* (2010)<sup>24</sup> que avaliaram a qualidade de silagens de cana-de-açúcar e capim-elefante, aditivadas com torta do mesocarpo de coco da macaúba e descrevem teores de 61,77 e 32,10%, respectivamente para os teores de FDN e FDA. Segundo Church<sup>7</sup> e Mertens<sup>17</sup>, ao receber dietas com teores mais altos de FDN (acima de 55%), os animais necessitam de maior tempo para ruminação em razão da maior necessidade de processar a fibra da dieta e por apresentarem maiores estímulos às atividades mastigatórias.

Para Sobreira *et al.*,<sup>31</sup> a grande quantidade produzida destes componentes da macaúba por área propicia maior oferta de MS ao rebanho, possibilitando aumentar o número de cabeças. Por outro lado, na torta do epicarpo foram observadas

características desejáveis, destacando-se o alto teor de hemicelulose (77,10%) que é um carboidrato estrutural que, provavelmente, apresenta rápida degradação no rúmen (70%) em comparação a celulose (30%).<sup>18</sup> Como a hemicelulose é uma importante fonte de energia para os ruminantes, estes resultados indicam que a hemicelulose da torta de epicarpo é uma fonte potencial de energia para a microflora ruminal em relação às demais tortas analisadas.

Os maiores valores de extrato etéreo (EE) foram observados para a torta do mesocarpo (19,75%) e para o endocarpo (9,23%). Esses valores estão próximos dos obtidos por Azevedo *et al.*,<sup>3</sup> que analisaram a torta oriunda da polpa (mesocarpo) da macaúba e encontraram teores de 14,95% de EE. Os altos teores de lipídios observados nas tortas estão relacionados, possivelmente, ao processamento do produto no momento da extração do óleo pelas indústrias extratoras, obtendo, assim, subproduto com alto valor energético. Desta forma, Fonseca *et al.*<sup>11</sup> demonstraram que a dieta contendo torta de macaúba pode fornecer os nutrientes necessários para que o cordeiro ganhe rendimento de carcaça satisfatório, bem como boa deposição de gordura.

Desta forma, a utilização de torta do mesocarpo em dietas deve ser moderada, pois o teor de lipídio acima de 5% da matéria seca compromete o consumo, seja por mecanismos regulatórios que controlam a ingestão de alimentos, seja pela proteção física das fibras presentes no rúmen, comprometendo, assim, a digestibilidade desta. (Bosa *et al.*<sup>5</sup>). A suplementação entre 8 a 10% de EE na dieta total, tem sido empregada com sucesso em dietas para animais em confinamento em regiões de altas temperaturas, em que o consumo é geralmente comprometido. Em tal situação, a suplementação aumenta a ingestão de energia.<sup>21</sup>

Segundo Palmquist & Mattos<sup>21</sup>, a redução no consumo normalmente é causada pela toxicida-

de do ácido graxo aos micro-organismos ruminais, que está relacionada à natureza Anfipática ou anfifílica, isto é, aqueles que são solúveis, tanto em solventes orgânicos, quanto em água, são mais tóxicos. Tais ácidos incluem os ácidos graxos de cadeia média (de 10 a 14 átomos de carbono) e ácidos graxos polinsaturados de cadeia longa. Outro fator que poderia afetar o consumo é a rancificação da gordura, quando o produto é armazenado por maior tempo em regiões úmidas e quentes. Para o presente trabalho, não houve armazenamento do produto anteriormente às análises, evitando, assim, a rancificação.

Rufino *et al.*<sup>26</sup>, avaliando dietas com substituição de 10 e 15% da torta, relatam que o perfil das populações de protozoários foi alterado somente em três dos dezessete gêneros detectados, comprovando diversidade no ecossistema ruminal e sugere

que esse subproduto pode ser uma alternativa segura.

Bosa *et al.*<sup>5</sup> trabalharam com torta de coco, encontraram teor de EE de 19,05% e quando utilizaram 75% de inclusão da torta no concentrado, não observaram diferença no consumo de matéria seca. Sobreira *et al.*<sup>31</sup> trabalharam com níveis (0; 0,4; 0,8 e 1,2 kg/ dia) crescente de epicarpo (2,7% de EE na MS) e mesocarpo (21,50% de EE) do coco da macaúba em dieta para vacas em lactação e observaram que não houve influência dos níveis de substituição do concentrado sobre as características produtivas dos animais.

Quanto aos teores de lignina (LIG) e celulose (CEL) os maiores valores foram observados na torta do epicarpo (casca) da macaúba, sendo 30,73 e 65,01% superior em relação à torta do mesocarpo e endocarpo, respectivamente (Tabela 2).

**Tabela 2 - Composição químico-bromatológica e digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS), proteína bruta (DIVPB) e fibra em detergente neutro (DIVFDN) de torta de diferentes componentes da macaúba.**

Variáveis	Mesocarpo	Endocarpo	Epicarpo	CV (%)
LIG <sup>1</sup>	20,35 <sup>b</sup>	10,28 <sup>c</sup>	29,38 <sup>a</sup>	7,38
CEL <sup>1</sup>	15,62 <sup>c</sup>	24,90 <sup>b</sup>	48,10 <sup>a</sup>	1,87
NDT <sup>1</sup>	69,20 <sup>a</sup>	45,13 <sup>b</sup>	28,27 <sup>c</sup>	3,10
CT <sup>1</sup>	69,80 <sup>b</sup>	58,98 <sup>c</sup>	91,15 <sup>a</sup>	2,49
DIVMS <sup>1</sup>	54,08 <sup>c</sup>	57,31 <sup>b</sup>	93,99 <sup>a</sup>	2,60
DIVPB <sup>1</sup>	31,45 <sup>b</sup>	23,86 <sup>c</sup>	84,16 <sup>a</sup>	2,94
DIVFDN <sup>1</sup>	34,18 <sup>b</sup>	45,02 <sup>a</sup>	9,38 <sup>c</sup>	8,05
DIVFDA <sup>1</sup>	53,63 <sup>a</sup>	11,70 <sup>b</sup>	0 <sup>c</sup>	16,64
DIVHEM <sup>1</sup>	88,36 <sup>b</sup>	56,42 <sup>c</sup>	96,98 <sup>a</sup>	2,95

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. 1 – Percentagem da matéria seca; NDT – Nutrientes digestíveis totais; LIG- Lignina; CEL – Celulose; CT – Carboidratos totais. CV (%) – Coeficiente de variação.

Segundo Silva *et al.*<sup>29</sup> a lignina tem função duplicada contra herbivoria, agindo quimicamente como bloqueio enzimático e fisicamente, proporciona resistência à parede celular contra ação dos microrganismos. É uma macromolécula formada por polímeros ramificados de fenilpropanoides, que

tem origem no coniferil, comaril ou no álcool sinapil, que são sintetizados, via fenilalanina.<sup>33</sup>

Segundo Van Soest<sup>35</sup>, a lignina é o fator isolado mais limitante da digestibilidade de um alimento. Esse fato foi observado neste experimento, em que o epicarpo teve menor degradação da

fibra em detergente neutro (DIVFDN) e ácido (DIVFDA). Em contrapartida, maior digestão da matéria seca (DIVMS) e da hemicelulose (DIVHEM) foi verificada, entretanto estes resultados podem estar superestimados ao processamento da amostra. Devido ao método de extração, o aspecto farináceo do epicarpo possibilitou tamanhos das partículas menores que 5 mm, valor este menor aos utilizados para os demais tratamentos, o que, provavelmente, valorizou a presente matéria-prima.

Quando comparados os resultados obtidos para DIVMS da torta do mesocarpo (54,08%) com os encontrados (56,20%) por Brandão<sup>6</sup>, que avaliou a torta de mesocarpo da macaúba (*Acrocomia aculeata*) como volumoso para ovinos, observa-se que os resultados estão próximos, e corrobora a metodologia adotada.

A parede celular vegetal é uma matriz extracelular formada por polissacarídeos, polifenóis e proteínas, variando sua constituição e estrutura de um tecido para o outro e mesmo de espécie para espécie<sup>29</sup>, o que possibilitou variações na digestibilidade dos tratamentos avaliados.

Para Raven *et al.*<sup>23</sup>, a celulose é o principal polissacarídeo estrutural da parede celular, sendo esse componente organizado em microfibrilas que, associadas, formam uma rede de macrofibrilas. Segundo esses mesmos autores, as áreas que não são ocupadas pela celulose são preenchidas por uma matriz de natureza não-celulósica, como os polissacarídeos, hemicelulose e pectinas, além de compostos fenílicos, como a lignina, substâncias graxas, por exemplo, a cutina e a suberina, além de minerais, como o cálcio e silício. É comum, também, a presença de terpenóides e alcalóides na parede celular.<sup>29</sup>

A espessura da parede celular dificulta a digestão do vegetal por reduzir a acessibilidade do material a microbiota ruminal, sendo observado que a digestibilidade da parede celular pode variar de 0 a 100%. de acordo com a deposição dos componentes

da parede celular.<sup>25</sup> A estrutura e a espessura da parede explicam a baixa digestibilidade de alguns alimentos que não apresentam componentes químicos indigeríveis.<sup>38</sup> A baixa digestão de alguns tecidos advém, principalmente, do arranjo adensado de suas células, elevada espessura das paredes celulares e da presença de lignina.<sup>20</sup> Esses resultados justificam aos obtidos neste trabalho, em que a digestibilidade da torta do epicarpo foi menor, principalmente da celulose, o que favoreceu os baixos resultados obtidos para DIVFDN e DIVFDA.

Para Jung e Deetz<sup>13</sup>, dentre os componentes químicos associados à parede celular, a lignina é aquela que limita a digestão dos polissacarídeos da parede celular no rúmen. A lignificação prejudica a digestão dos polissacarídeos, principalmente por serem tóxicos as bactérias presentes no rúmen, além do impedimento físico, causado pela ligação lignina-polissacarídeo e limitação da ação de enzimas hidrolíticas, causada pela natureza hidrofóbica dos polímeros de lignina. O principal mecanismo de inibição da lignina é como barreira mecânica aos microrganismos ruminais e as hidrolases secretadas por estes.<sup>36</sup>

Além das variações oriundas dos diferentes componentes do coco da macaúba, Szpiz *et al.*<sup>32</sup> afirmaram que fatores relacionados com a colheita e armazenamento, também, podem contribuir para que a composição dos frutos da macaúba seja variável. O fruto ao amadurecer se solta do cacho e cai no chão. A polpa (mesocarpo) pode ser atacada pela microbiota ruminal e sofrer deterioração, o que altera as relações de massa entre as partes do fruto.

## CONCLUSÃO

Em relação à composição química e a digestibilidade, recomenda-se a utilização da torta do mesocarpo e endocarpo na formulação de dietas

para ruminantes.

Desta forma, recomenda-se mais pesquisas com ênfase na digestibilidade deste material para obter mais resultados.

## AGRADECIMENTOS

À UNIMONTES, pelo apoio em projeto de pesquisa; ao BANCO DO NORDESTE DO BRASIL, pelo apoio financeiro; à FAPEMIG e ao CNPq, pelo apoio financeiro e concessão de bolsas.

Ao Professor Euclides Reuter de Oliveira, pela valiosa colaboração na execução deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

1. A.O.A.C. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. *Official methods of analysis*. 14.ed. Washington DC., 1984. 1141p.
2. AZEVEDO, R.A. *et al.* Comportamento ingestivo de cordeiros alimentados com torta de macaúba. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v.65, n.2, p.490-496, 2013.
3. AZEVEDO, R.A. *et al.* Desempenho de cordeiros alimentados com inclusão de torta de macaúba na dieta. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.47, n.11, p.1663-1668, 2012.
4. BONDAR, G. *Palmeiras do Brasil*. São Paulo: Instituto de Botânica, São Paulo, 1964. n.2; p. 50-554.
5. BOSA, R. *et al.* Consumo e digestibilidade aparente de dietas com diferentes níveis de inclusão de torta de coco para alimentação de ovinos. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, Maringá, v. 34, n. 1, p. 57-62, 2012.
6. BRANDÃO, E. G. *Avaliação da torta de macaúba (Acrocomia aculeata) como volumoso para ovinos*. 2013. 38 f. (Monografia de Graduação) – Universidade de Brasília – UnB/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2013.
7. CHURCH, D. C. (Ed). *The ruminant animal: digestive physiology and nutrition*. Englewood Cliffs: Reston, 1988. p.108-116.
8. CUNHA, O. F. R. *et al.* Avaliação bioeconômica do uso da torta de dendê na alimentação de vacas leiteiras. *Ciência Animal Brasileira*, Goiânia, v.13, n.3, p. 315-322, 2012.
9. HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. *Field Guide to the Palms of the Americas New Jersey*: Princepton University, p.166-167, 1995.
10. HOLDEN, L.A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for tem feeds. *Journal of Dairy Science*, Savoy, v. 82, p. 171794, 1999.
11. FONSECA, M. P. *et al.* Use of macaúba cake replacing corn on carcass characteristics and body measurements of Santa Inês lambs. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, vol.41, n.5, p.1231-1235, 2012.
12. GRAY, M. *Palm and Cycad Societies of Australia*. Austrália 2005. Disponível em: <<http://www.pacsoa.org.au/palms/Acrocomia/aculeata.html>>. Acesso em: 03 Junho 2103.
13. JUNG, H.G.; DEETZ, D.A. Cell wall

- lignification and degradability. In: JUNG, H.; BUXTON, D.R.; HATIFIELD, R.D. *Forage cell wall structure and digestibility*. Madison: ASA-CSSA-SSSA, p. 315-346, 1993.
14. LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; Van SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, v.57, n.4, p.347-358, 1996.
15. McDOUGAL, E.I. Studies on ruminal saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. *Biochemical Journal*, v.43, n.1, p.99-109, Apr. 1949.
16. MEHREZ, A. Z.; ORSKOV, E. R. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *Journal of Agricultural Science*, v. 88, n. 3, p. 645-650, 1977.
17. MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.80, p.1463-1481, 1997.
18. MOLINA, L. R. *et al.* Digestibilidade *in situ* das frações fibrosas de silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em diferentes estádios de maturação. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v.54, p.169-179, 2002.
19. MOTTA, P. E. F. *et al.* Ocorrência da macaúba em Minas Gerais: relação com atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.37, n.7, p.1023-1031, 2002.
20. PACIULLO, D.S.C. Características anatômicas relacionadas ao valor nutritivo de gramíneas forrageiras. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 32, p. 357-364, 2002.
21. PALMQUIST, D. L.; MATTOS, W. R. S. Metabolismo de lipídeos. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (Ed.). *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p. 287-310.
22. PEDROSO, A. M.; SANTOS, F. A. P.; BITTAR, C. M. Substituição do milho em grão por farelo de glúten de milho na ração de vacas em lactação em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.38, n.8, p. 1614-1619, 2009.
23. RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. *Biologia vegetal*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 906 p.
24. REZENDE, A.V. *et al.* Qualidade de silagens de cana-de-açúcar e capim-elefante aditivadas com torta de polpa de coco macaúba. *Revista Agrarian*, Dourados, v.3, n.9, p.224-232, 2010.
25. RODRIGUES, M.T.; GOBBI, K.F. Organização dos tecidos de plantas forrageiras e sua utilização por animais ruminantes. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 55.; REUNIÃO REGIONAL DE BOTÂNICOS DE MG, BA E ES, 26., 2004, Viçosa, *Conservação, bioprospecção e biotecnologia*: [Simpósios, palestras e mesas redondas]. Viçosa: SBB, UFV, 2004. 29 p.
26. RUFINO, L. M. A. *et al.* Efeitos da inclusão de torta de macaúba sobre a população de protozoários ruminais de caprinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.40, n.4, p.899-903, 2011.
27. SAS INSTITUTE. SAS user's guide: statistics. 5. ed. Cary, 1985.
28. SILVA, J. C. *Macaúba*: fonte de matéria prima para os setores alimentícios, energético e industrial. Viçosa: CEDAF/DEF/UFV, 1994. 41 p.

29. SILVA, N.S. *et al.* Fatores antinutricionais em plantas forrageiras. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 7, n. 4, p. 01-07, 2012.
30. SNIFFEN, C.J. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, v.70, p.3562 - 3577, 1992.
31. SOBREIRA, H.F. *et al.* Casca e coco de macaúba adicionados ao concentrado para vacas mestiças lactantes em dietas à base de silagem de milho. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v.2, n.1, p.113-117, 2012.
32. SZPIZ, R. R. *et al.* Óleos de macaúba: uma alternativa para a oleoquímica. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, 1989. p.1-10 (EMBRAPA-CTAA. Comunicado técnico, 14).
33. TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal.3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
34. TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal British Grassland Society*, Cambridge, v. 18, n. 2, p. 104-111, 1963.
35. VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2 ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.
36. VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber neutral detergent and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
37. WEISS, W.P. Estimating the available energy content of feeds for dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v.81, p.830-839, 1998.
38. WILSON, J.R. Structural and anatomical traits of forages influencing their nutritive value for ruminants. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANIMAL PRODUCTION UNDER GRAZING, 1997, Viçosa. *Anais...* Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. p. 173-208.