

Composição Bromatológica e Degradação *In Situ* de Subprodutos da Cadeia do Biodiesel¹

Fernando Henrique Teixeira Gomes¹, Magno José Duarte Cândido¹, Elzânia Sales Pereira¹, José Wellington Batista Lopes¹, José Valmir Feitosa², Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu³

RESUMO – Avaliou-se a composição bromatológica e a degradação *in situ* da matéria seca da torta de mamona tostada (TMT), torta de mamona cozida (TMC), farelo de mamona (FM), farelo de mamona destoxificado (FMD), casca da mamona (CM), casca do pinhão-manso (CP) e semente do pinhão-manso (SP). Utilizou-se 4 g de amostra para incubação no rúmen dos ovinos por 0, 6, 12, 18, 24, 36, 48 e 72, para TMT, TMC, FM, FMD e SP, e acrescentaram-se os tempos de incubação de 96, 120 e 144 horas para CM e CP. Os teores de matéria seca (MS), proteína bruta, extrato etéreo (EE), cinza, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose e lignina variaram de 87,1 a 91,5%; 6,8 a 51,0%; 2,9 a 37,6%; 5,3 a 16,2%; 15,5 a 67,0%; 13,3 a 52,7%; 2,2 a 20,3% e 3,4 a 26,1%. As taxas de degradação da MS variaram de 1,15 a 10,87 %/h. De modo geral, os alimentos apresentaram-se ricos em proteína, com destaque para o FMD (51,0%), com taxa de degradação de 2,45%/h. Além disso, apresentaram elevado teor de lignina, principalmente a TMC (26,1%), cuja taxa de degradação foi 1,39%/h. O método de extração do óleo da TMT foi ineficiente, apresentando 28,4% de EE. A CM e CP mostraram potencial para substituir parcialmente volumosos. A SP apresentou elevado teor de EE, com alta fração solúvel e baixa taxa de degradação.

Palavras-chave: degradação, *Jatropha curcas*, ovinos, *Ricinus communis*

Chemical Composition and *In Situ* Degradation of Biodiesel By-Product Chain

ABSTRACT – The chemical composition and dry matter *in situ* degradation of toasted castorbean cake (TMT), cooked castorbean cake (TMC), castorbean meal (FM) (solvent extraction), detoxified castorbean meal (FMD), castorbean hulls (CM), physic nut hulls (CP) and physic nut seed (SP) were evaluated. Four grams per sample were incubated in rumen of

¹DZ/CCA/UFC. Fortaleza, CE. (fernandohtg@gmail.com, mjdccandido@gmail.com, elzania@hotmail.com, wellingtonjwl@gmail.com)

²UFC, Campus do Cariri. Juazeiro do Norte, CE. (valmir_feitosa@yahoo.com.br)

³Embrapa Caprinos e Ovinos. Sobral, CE. (roberto_agronomia@yahoo.com.br)

sheep for 0; 6; 12; 18; 24; 36; 48 and 72 hours for TMT, TMC, FM, FMD and SP, and were added incubation in times 96; 120 and 144 hours for CM and CP. Dry matter, crude protein, ether extract (EE), ash, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, hemicellulose, and lignin contents ranged from 87.1 to 91.5%; 6.8 to 51.0%; 2.9 to 37.6%; 5.3 to 16.2%; 15.5 to 67.0%; 13.3 to 52.7%; 2.2 to 20.3% and 3.4 to 26.1%. The degradation rate ranged from 1.15 to 10.87. In general, the feeds showed high protein content, mainly FMD (51.0%), which has a degradation rate of 2.45%/h. Also, these by-product presented high lignin content, mainly the TMC (26.1%), which had a degradation rate of 1.39%/h. The process used in oil extraction of TMT was inefficient, because it had 28.4% EE content. CM and CP showed potential for partial replacement of roughages. The SP presented high EE content, high soluble fraction and low degradation rate.

Key Words: degradation, *Jatropha curcas*, *Ricinus communis*, sheep

Introdução

É crescente a preocupação mundial em busca de uma matriz energética alternativa menos agressiva que os combustíveis fósseis, tendo despertado grande atenção o biodiesel, visto que pode reduzir as emissões de poluentes e, conseqüentemente, diminuir os impactos do acúmulo de gases responsáveis pelo efeito estufa. Para a produção do biodiesel, a mamona (*Ricinus communis* L.) apresenta grandes potencialidades na região Nordeste. Além dessa cultura, há a possibilidade de utilização do pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.).

A extração do óleo dessas oleaginosas gera subprodutos, como a torta, o farelo e a casca. Com a expansão da cadeia produtiva do biodiesel, necessitarão de uma destinação, que não cause poluição ambiental e possa trazer retorno econômico. A torta de mamona

é aproveitada na agricultura principalmente como adubo orgânico, além de possuir propriedades inseticidas e nematicidas.

Como alternativa para a utilização deste subproduto destaca-se a incorporação como ingrediente na alimentação animal, devido ao maior valor agregado. Apesar do farelo e torta de mamona possuírem teor considerável de proteína bruta, 37,3 e 33,7%, respectivamente (Oliveira et al., 2010), tratando-se de subproduto, sua utilização na alimentação animal apresenta limitação devido à presença de ricina e princípios alergênicos (Abdalla et al., 2008), necessitando ser destoxificada para fornecimento aos animais. As sementes de pinhão-mansão também apresentam toxidez por ésteres de forbol.

Para inclusão desses alimentos alternativos na dieta de ruminantes, é importante a avaliação do valor nutritivo

quanto à composição bromatológica e ao aproveitamento dos nutrientes pelos animais, que pode ser conhecido pela avaliação da degradação *in situ* desses alimentos. A técnica *in situ* propicia estimativa rápida e simples da degradação dos nutrientes no rúmen, além de permitir o acompanhamento da degradação ao longo do tempo, promovido pelo contato direto do alimento com o ambiente ruminal, embora apresente como desvantagem em relação à técnica *in vivo* o fato do alimento não estar sujeito a eventos digestivos como mastigação, ruminação e trânsito no trato gastrointestinal (Mehrez e Ørskov, 1977).

Nessa perspectiva, esta pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar a composição bromatológica e a degradação *in situ* dos nutrientes de subprodutos da mamona e do pinhão-manso.

Material e Métodos

Esta pesquisa foi realizada no Núcleo de Ensino e Estudos em Forragicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará (NEEF/DZ/CCA/UFC), em Fortaleza.

Avaliou-se os subprodutos torta de mamona tostada (TMT), torta de mamona cozida (TMC), farelo de mamona (FM), farelo de mamona destoxificado (FMD), casca da mamona (CM), casca do pinhão-manso (CP) e semente do pinhão manso (SP).

Os materiais provenientes do pinhão-manso foram obtidos pela separação manual do tegumento (casca) do endosperma e embrião (semente), por descascamento, assim como para obtenção da CM.

A TMT e a TMC foram obtidas por extração mecânica (prensagem) do óleo da semente a 70 e 90°C, respectivamente. Esse material, assim como os frutos da mamona e do pinhão-manso, foram provenientes de uma usina de extração de óleo, na Fazenda Normal, em Quixeramobim-CE.

O FM é um subproduto da extração química do óleo da semente por solvente e foi obtido junto à Bombrasil Óleo de Mamona Ltda., em Salvador-BA. Posteriormente, o FM foi submetido à destoxificação, em autoclave com pressão de 15 psi, por 60 minutos (Anadan et al., 2005), obtendo-se o FMD.

As amostras foram pré-secas em estufa com ventilação forçada de ar a 55°C, por 72 h, e moídas em moinho tipo *Willey*, com peneira de malha com Ø1 mm para análises bromatológicas e 2 mm para incubação *in situ*.

Os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e cinza das amostras foram analisados segundo metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002). A fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG), obtida por hidrólise ácida (ácido sulfúrico a 72%), analisadas de acordo com o

método sequencial proposto por Van Soest et al. (1991), sendo a hemicelulose (HCEL) calculada pela diferença FDN-FDA.

Foram utilizados dois ovinos machos, sem padrão racial definido (SPRD), castrados, fistulados no rúmen, com peso vivo $45 \pm 0,84$ kg, mantidos em baias individuais, com comedouro e bebedouro. A relação volumoso:concentrado nas dietas foi 60:40, sendo constituída por feno de capim-elefante cv. Napier (*Pennisetum purpureum* Schum.) e concentrado à base de grão de milho moído (60% do concentrado) e farelo de soja (40% do concentrado).

Para avaliação da degradabilidade *in situ*, as amostras foram acondicionadas em sacos de náilon com porosidade 50 μ m de diâmetro e dimensões 13 x 8 cm. Incubou-se 4 g de matéria pré-seca por saco. Os sacos foram vedados com argolas metálicas e ligas e atados uns aos outros por um fio de náilon, contendo um cilindro metálico com 200 g, que funcionou como âncora.

Os subprodutos foram incubados, em duplicata, na região ventral do rúmen dos animais nos tempos 6, 12, 18, 24, 36, 48 e 72 h. Além desses tempos, os subprodutos casca de mamona e casca de pinhão-manso, alimentos com características de volumosos, foram incubados ainda nos tempos 96, 120 e 144 h. Para o tempo correspondente a zero hora, necessário para quantificar a fração solúvel, os sacos foram apenas lavados em água corrente até que esta se mostrasse

límpida e levados à estufa a 55°C durante 72 h. Nos demais períodos, os sacos foram brevemente umedecidos e inseridos no rúmen, sendo todos retirados ao mesmo tempo e colocados em água gelada por 10 minutos para cessar a atividade microbiana, realizando-se o mesmo procedimento descrito para o tempo zero.

Os resíduos contidos nos sacos após incubação foram analisados quanto aos teores de MS, segundo metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002).

A taxa de degradação da MS foi calculada utilizando-se a equação proposta por Ørskov e McDonald (1979), $p = a + b(1 - e^{-ct})$, sendo p=degradabilidade potencial; a=fração solúvel em água (%); b=fração insolúvel em água, mas potencialmente degradável (%); c=taxa de degradação da fração b (%/h); t=tempo de incubação (h). As equações não lineares para degradação da MS foram estimadas utilizando-se o programa Sigma Plot® versão 8.0.

A degradabilidade efetiva (DE) da matéria seca foi calculada utilizando-se a equação $DE = a + [(b * c) / (c + k)]$, sendo k=taxa estimada de passagem das partículas no rúmen (%/h).

Para cálculo da DE da MS considerou-se as taxas de passagem 2, 5 e 8%/h, atribuídas aos níveis de ingestão alimentar baixo, médio e alto, respectivamente.

Resultados e Discussão

Os teores de matéria seca (MS) dos subprodutos mostraram-se elevados (Tabela 1), sendo favoráveis ao armazenamento. Os teores de MS dependem do tempo de exposição à secagem e das condições de armazenamento, mas os altos teores de MS das tortas e farelos não demonstraram necessidade de posterior secagem. Makkar et al. (1997) atribuíram a não deterioração da semente de pinhão-manso, por um longo

período, à baixa umidade da semente (<10%), da casca (<6%) e à presença de fatores antinutricionais e toxinas.

A torta de mamona tostada e a semente de pinhão-manso apresentaram elevados teores de EE, podendo reduzir o tempo de armazenamento. Quanto às cascas de mamona e de pinhão-manso, observou-se elevado teor de MS, mostrando-se opção de aditivo para ensilagem de gramíneas tropicais que têm baixos teores de MS quando da ensilagem, como o capim-elefante.

Tabela 1 - Composição bromatológica (% da MS) do feno de capim-elefante (CE), concentrado (C), torta de mamona tostada (TMT), torta de mamona cozida (TMC), farelo de mamona (FM), farelo de mamona destoxificado (FMD), casca de mamona (CM), casca de pinhão-manso (CP) e semente de pinhão-manso (SP)

Constituinte ¹	CE	C	TMT	TMC	FM	FMD	CM	CP	SP
MS	95,2	88,6	91,2	89,5	91,5	89,8	87,1	87,6	90,6
PB	4,8	26,2	36,4	33,2	44,4	51,0	9,0	6,8	24,7
EE	2,6	3,3	28,4	5,6	2,9	3,3	4,6	4,6	37,6
Cinza	10,7	3,4	6,9	5,3	9,6	11,5	9,8	16,2	5,5
FDN	70,3	10,9	19,7	43,9	40,3	42,5	67,0	58,9	15,5
FDA	42,7	5,4	17,5	36,5	32,3	27,5	46,7	52,7	13,3
HEM	27,6	5,5	2,2	7,4	8,0	15,0	20,3	6,2	2,2
LIG	5,1	0,5	9,3	26,1	22,5	17,9	7,7	8,5	3,4

¹MS = matéria seca; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; HEM = hemicelulose; LIG = lignina.

As tortas e farelos apresentaram elevado teor de PB (Tabela 1), com valores acima dos 7,0% de PB exigidos para um bom funcionamento ruminal (Van Soest, 1994) por animais de produção. Houve aumento de 6,6% no teor de PB do farelo de mamona após

autoclavagem, fato não observado por Oliveira (2008).

A torta de mamona tostada e a cozida apresentaram teores de PB inferiores aos farelos, uma desvantagem da extração mecânica em relação à extração por solvente, pois a última

extraiu mais eficientemente o óleo, aumentando proporcionalmente a PB na MS.

Os teores de PB desses subprodutos podem ter sido influenciados ainda pelas sementes não processadas contidas nos mesmos, além das sementes que não são descascadas completamente (“marujinhos”).

As cascas de mamona e do pinhão-manso apresentaram teores de PB inferiores aos das tortas e farelos e semelhantes aos relatados por Bomfim et al. (2009) para a casca de mamona (8,75%). A semente do pinhão manso apresentou teor de PB inferior às tortas e farelos, porém superior às cascas e semelhante ao caroço de algodão (22,4%) (Teixeira et al., 2002).

Quanto ao teor de EE, o processo de extração de óleo que resultou na torta de mamona tostada mostrou-se menos eficiente que na torta de mamona cozida, decorrendo possivelmente de falhas na prensagem a 70°C, com menor eficiência de produção de biodiesel. Vale ressaltar que o óleo de mamona possui propriedade laxativa, podendo provocar diarreia nos animais, dependendo do nível de inclusão na dieta. Além disso, Bomfim et al. (2009) cita que o óleo de mamona aumenta a energia da dieta, mas pode limitar seu uso, pois 89% dos ácidos graxos são ricinoleico, podendo, por exemplo, haver depressão na gordura e influência na aceitação do leite de cabras.

A torta de mamona cozida apresentou teor de EE superior ao farelo de mamona

(Tabela 1), confirmando maior eficiência da extração por solvente. A semente de pinhão-manso apresentou o maior teor de EE, sendo semelhante a sementes de gergelim (39,0%) e canola (38,0%) (Abdalla et al., 2008). Ressalta-se que, para pequenos ruminantes, níveis de 4% de óleo suplementar na dieta devem ser respeitados, pois acima disso pode interferir na digestão da fibra ou palatabilidade das dietas (Bomfim et al., 2009).

Quanto ao teor de cinzas, os subprodutos apresentaram grande variação (Tabela 1). Os farelos de mamona têm teores de cinzas semelhantes entre si e superiores às tortas de mamona. A casca do pinhão-manso apresentou o maior teor de cinzas, concordando com o obtido por Makkar et al. (1997) para a casca de pinhão-manso da variedade Ife-Nigeria (15,4%).

As cascas apresentaram maiores teores de FDN (Tabela 1), com potencial para substituir alimentos volumosos para ruminantes, embora deva considerar que subprodutos fibrosos possuem menor efetividade de fibra em relação à fibra da forragem. As cascas utilizadas nesta pesquisa foram descascadas manualmente, diferentes do processamento em descascador mecânico, quando se contaminam com sementes provenientes de falhas no processamento, o que altera a composição bromatológica, com aumento da PB e redução da FDN. Acrescente-se ainda o risco da adição da

ricina, presente apenas na semente, ao subproduto casca, para alimentação animal, tendo em vista a intoxicação que as sementes de mamona podem causar quando ingerida por animais (Aslani et al., 2007).

A casca do pinhão-manso apresentou teor mais elevado de FDA, embora o teor de lignina tenha se aproximado do teor na casca de mamona. É relevante o baixo teor de FDN, FDA e lignina da torta de mamona tostada (Tabela 1), resultante do elevado teor de EE, havendo diluição dos componentes da parede celular. O farelo de mamona destoxificado apresentou teores de FDA e lignina relativamente inferiores aos do farelo de mamona. A semente do pinhão manso apresentou baixa concentração de constituintes da fração fibrosa, em decorrência da não extração do óleo, causando diluição dos outros nutrientes. A torta de mamona cozida apresentou maior teor de lignina, podendo estar relacionado à elevada temperatura utilizada na extração do óleo, devido ao favorecimento da Reação de Maillard (Van Soest, 1994), prejudicando a digestibilidade pelos ruminantes. Os farelos de mamona apresentaram menor teor de lignina que a torta de mamona cozida, embora considerados elevados quando comparados às gramíneas mais utilizadas nos trópicos, que apresentam teores de lignina entre 4,0 e 12,0% da MS.

O teor de hemicelulose dos subprodutos mostrou-se bastante variável,

com a torta tostada apresentando o menor e a casca da mamona maior teor.

Moreira et al. (2003) obtiveram para o farelo de mamona 34,5% de PB, 14,4% de EE, 77,0% de FDN, 38,7% de FDA e 24,6% de lignina, obtendo teor de PB inferior e FDN superior ao farelo de mamona destoxificado utilizado nesta pesquisa, caracterizando, possivelmente, aquele farelo de mamona como com maior percentual de casca de mamona na sua composição. Quanto ao teor de EE, o método de extração por solvente, adotado pelos autores foi menos eficiente que o método utilizado para extração do óleo nesta pesquisa, visto que o percentual de EE que permaneceu no farelo de mamona foi mais elevado naquela pesquisa. Além disso, deve-se considerar o grau de decorticação da semente, variedade de mamona e condições de cultivo.

Para diferentes variedades de pinhão-manso, Makkar et al. (1997), obtiveram variação na composição química da semente, com PB 22,2 a 27,7%; EE 53,9 a 58,5%; FDN 3,5 a 4,1%; FDA 2,4 a 3,0% e lignina de até 0,2%, utilizando-se amostras desengorduras para determinação da FDN, FDA e lignina. Essa variação no teor de PB abrange o teor de PB obtido para semente do pinhão-manso nesta pesquisa, porém o teor de EE foi inferior, podendo ter decorrido da variedade cultivada, clima, nutrição da planta, irrigação, tamanho das sementes, processo de colheita entre outros fatores. A

semente de pinhão-manso utilizada nesta pesquisa apresentou maiores teores de FDN, FDA e lignina, destacando-se que, além das variações genéticas, a determinação dessas frações foi realizada com a semente não desengordurada, ao contrário de Makkar et al. (1997).

Para casca do pinhão-manso, Makkar et al. (1997) obtiveram variações de PB 4,3 a 5,8%; EE 0,5 a 1,4%; FDN 83,9 a 89,6%; FDA 74,6 a 79,8% e lignina 45,1 a 47,5%, apresentando menor teor de PB e EE e maior teor de FDN, FDA e lignina que os obtidos nesta pesquisa, possivelmente pela variedade e condições de cultivo, além do grau de contaminação por semente.

A semente do pinhão manso e a torta de mamona tostada apresentaram maior fração solúvel em água (Tabela 2), resultante

possivelmente dos menores teores de FDN e FDA. As frações solúveis são atacadas mais rapidamente e mais digeridas que as insolúveis. A torta de mamona cozida e o farelo de mamona destoxificado apresentaram a menor fração solúvel, o que pode ter relação com os elevados teores de lignina. Embora o farelo de mamona também tenha alto teor de lignina, apresentou maior fração solúvel que o farelo de mamona destoxificado, provavelmente em virtude do tratamento térmico ter desnaturado as proteínas solúveis (Oliveira, 2008), reduzindo a fração de rápida degradação deste. As cascas apresentaram maiores valores de FDN e FDA, o que pode explicar a menor fração solúvel em relação à torta de mamona tostada e semente do pinhão-manso, tendo em vista a baixa solubilidade da fração fibrosa.

Tabela 2 - Parâmetros de degradação ruminal da matéria seca da torta de mamona tostada (TMT), torta de mamona cozida (TMC), farelo de mamona (FM), farelo de mamona destoxificado (FMD), casca de mamona (CM), casca de pinhão-manso (CP) e semente de pinhão-manso (SP)

Subprodutos	Parâmetros*			R ²
	a (%)	b (%)	c (%/h ⁻¹)	
TMT	40,7	18,0	10,87	96,9
TMC	18,3	72,5	1,39	96,5
FM	28,7	60,8	3,22	99,1
FMD	18,3	82,7	2,45	95,3
SP	56,3	64,5	1,15	92,8
CM	28,3	62,7	1,25	98,2
CP	33,9	49,9	2,81	99,2

*a=fração solúvel; b=fração potencialmente degradável; c=taxa de degradação; R²=coeficiente de determinação.

O farelo de mamona destoxificado apresentou maior fração potencialmente degradável (b), enquanto o menor valor para a fração b foi o da torta de mamona tostada (Tabela 2). A torta de mamona tostada apresentou maior taxa de degradação (c) (Tabela 2), provavelmente devido ao baixo teor dos constituintes fibrosos, corroborando com Carvalho et al. (2009), que verificaram maiores taxas de degradação para os subprodutos com menores teores de FDN e FDA, visto que os componentes do conteúdo celular possuem maior disponibilidade no processo de digestão, enquanto os carboidratos fibrosos são lenta e parcialmente disponíveis.

A semente do pinhão-manso apresentou menor taxa de degradação da MS, possivelmente decorrente do alto teor de EE, corroborando com Fortaleza et al. (2009), que verificaram efeito negativo do teor de EE do caroço de algodão na degradação da MS e da MO desta oleaginosa. Também é relevante considerar a toxicidade da semente de pinhão-manso, sendo identificado como principal agente tóxico os ésteres de forbol devido à sua alta concentração presente na semente (Kumar e Sharma, 2008).

Apesar da casca do pinhão-manso ter apresentado menor fração b que a casca da mamona (Tabela 2), apresentou melhor taxa de degradação, o que pode, em parte, ser atribuído ao tamanho da partícula, considerando que, embora esses subprodutos

tenham sido processados com peneira de malha 2 mm, observou-se partículas visivelmente menores para a casca de pinhão-manso, o que facilita a ação microbiana, além de aumentar a fração que escapa do saco no tempo zero, podendo implicar em diminuição da efetividade física da fibra.

Os coeficientes de determinação (R^2) das equações foram superiores a 92,0% (Tabela 2), indicando bom ajuste do modelo para degradação da MS dos subprodutos em função do tempo.

De forma geral, os subprodutos apresentaram elevada degradação potencial (DP) da MS (Tabela 3).

A maior degradação efetiva foi verificada para semente de pinhão-manso (Tabela 3), visto que esta apresentou menores teores de FDN, FDA e lignina, embora com baixa taxa de degradação, possivelmente devido ao elevado teor de EE.

A torta de mamona tostada, comparativamente à semente de pinhão-manso, apresentou maior teor de FDA, predominando lignina, acarretando menor DE. O menor valor de DE foi verificado para a torta de mamona cozida, a 8%/h, podendo ser devido ao maior teor de lignina. Quanto aos alimentos fibrosos, verificou-se maior DE para a casca do pinhão-manso em relação à casca da mamona, seguindo o mesmo comportamento para a fração c.

Tabela 3 - Degradabilidade potencial (DP) e degradabilidade efetiva (DE) da matéria seca (MS) da torta de mamona tostada (TMT), torta de mamona cozida (TMC), farelo de mamona (FM), farelo de mamona destoxificado (FMD), casca de mamona (CM), casca de pinhão-manso (CP) e semente de pinhão-manso (SP)

Subproduto	DP (%)	DE (%)		
		2%/h	5%/h	8%/h
TMT	58,7	55,9	53,03	51,07
TMC	90,8	48,0	34,0	29,0
FM	89,5	66,2	52,5	46,2
FMD*	-	63,8	45,5	37,7
SP*	-	79,9	68,4	64,4
CM	91,0	52,5	40,9	36,8
CP	83,8	63,0	51,8	46,8

*DP não calculada devido não se ter atingido a assíntota para a degradação.

Ao avaliar o farelo de mamona contendo 37,32% de PB, Oliveira (2008) obteve DE 38,24%, para taxa de passagem 5,31%/h, inferior ao obtido nesta pesquisa, considerando o maior teor de PB do farelo de mamona obtido em relação ao trabalho do autor.

Houve aumento no desaparecimento da MS com aumento no tempo de incubação (Tabela 4). O desaparecimento foi maior para a semente do pinhão-manso, alimento com menor teor de FDN. Os constituintes da parede celular mostraram-se negativamente correlacionados com a degradação da MS da fração volumosa de híbridos de milho (Silva et al., 2000), mostrando relação com esta pesquisa. O desaparecimento de 56,2% da MS da torta de mamona tostada a partir do tempo 18 h tornou-se praticamente constante.

A torta de mamona cozida apresentou desaparecimento a uma taxa praticamente

constante e menor que a torta de mamona tostada, mas, como continuou desaparecendo MS, no tempo 72 h teve desaparecimento ligeiramente maior que a torta de mamona tostada.

Em geral, o farelo de mamona teve desaparecimento da MS semelhante ao farelo de mamona destoxificado, sendo maiores que as tortas, pelos elevados teores de PB em relação às mesmas. As cascas apresentaram desaparecimento semelhante. A CP praticamente cessou o desaparecimento no tempo 96 h, enquanto para CM prolongou-se até 120 h.

Moreira et al. (2003), ao avaliarem a degradação *in situ* do farelo de mamona, obtiveram 62,2% de degradação da MS às 48 h, inferior ao farelo de mamona, visto que aquele apresentou maior percentual de FDN.

Tabela 4 - Desaparecimento da matéria seca da torta de mamona tostada (TMT), torta de mamona cozida (TMC), farelo de mamona (FM), farelo de mamona destoxificado (FMD), casca de mamona (CM), casca de pinhão-manso (CP) e semente de pinhão-manso (SP) nos diferentes tempos de incubação ruminal

Alim.	Tempo de Incubação (h)										
	0	6	12	18	24	36	48	72	96	120	144
TMT	40,7	49,3	53,8	56,2	57,4	58,3	58,6	58,7	-	-	-
TMC	18,3	24,1	29,4	34,3	38,8	46,8	53,6	64,1	-	-	-
FM	28,7	39,4	48,2	55,5	61,5	70,5	76,6	83,6	-	-	-
FMD	18,3	29,6	39,4	47,8	55,1	66,8	75,5	86,8	-	-	-
SP	56,3	60,6	64,7	68,4	71,9	78,2	83,7	92,6	-	-	-
CM	28,3	32,9	37,1	41,0	44,6	51,1	56,6	65,6	72,2	77,1	80,7
CP	33,9	41,6	48,1	53,7	58,3	65,6	70,8	75,1	80,4	82,0	82,9

Conclusões

Os subprodutos da extração do óleo da mamona mostram-se ricos em proteína, com destaque para o farelo de mamona destoxificado, que apresenta maior potencial para utilização na alimentação de ruminantes. O pré-processamento por tostagem é ineficiente e o teor de extrato etéreo pode ser um empecilho para se utilizar a torta na alimentação de ruminantes, embora apresente boa taxa de degradação. Os subprodutos da extração do óleo da mamona apresentam elevado teor de lignina, com ênfase para a torta de mamona cozida, com baixa taxa de degradação. As cascas de mamona e de pinhão-manso são promissoras para substituir parcialmente alimentos volumosos em rações de ruminantes. A semente de pinhão-manso

apresenta elevado teor de extrato etéreo, elevada fração solúvel e baixa taxa de degradação.

Agradecimentos

Ao Programa de Educação Tutorial (PET/SESU/MEC) do curso de Agronomia da Universidade Federal do Ceará, pela concessão de bolsa ao primeiro autor durante a realização do curso de Agronomia.

Referências Bibliográficas

ABDALLA, A.L.; SILVA FILHO, J.C.; GODOI, A.R. et al. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.260-268,

2008. (Suplemento Especial).

ANADAN, S.; ANIL, K.G.K.; GHOSH, J. et al. Effect of different physical and chemical treatments on detoxification of ricin in castor cake. **Animal Feed Science and Technology**, v.120, p.159-168, 2005.

ASLANI, M.R.; MALEKI, M.; MOHRI, M. et al. Castor bean (*Ricinus communis*) toxicosis in a sheep flock. **Toxicon**, v.49, p.400-406, 2007.

BOMFIM, M.A.D.; SILVA, M.M.C.; SANTOS, S.F. Potencialidades da utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de caprinos e ovinos. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.3, n.4, p.15-26, 2009.

CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; GARCIA, R. et al. Degradabilidade *in situ* da matéria seca, da proteína bruta e da fração fibrosa de concentrados e subprodutos agroindustriais. **Ciência Animal Brasileira**, v.10, n.3, p.689-697, 2009.

FORTALEZA, A.P.S.; SILVA, L.D.F.; RIBEIRO, E.L.A. et al. Degradabilidade ruminal *in situ* dos componentes nutritivos de alguns suplementos concentrados usados na alimentação de bovinos. **Semina: Ciências Agrárias**, v.30, n.2, p.481-496, 2009.

KUMAR, A; SHARMA, S. An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses

(*Jatropha curcas* L.): a review. **Industrial Crops and Products**, v.28, p.1-10, 2008.

MAKKAR, H.P.S.; ADERIBIGBE, A.O.; BECKER, K. Comparative evaluation of a non-toxic and toxic varieties of *Jatropha curcas* for chemical composition, digestibility, protein degradability and toxic factors. **Food Chemistry**, v.62, n.2, p.207-215, 1997.

MEHREZ, A.Z.; ØRSKOV, 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.

MOREIRA, J.F.C.; RODRÍGUEZ, N.M.; FERNANDES, P.C.C. et al. Concentrados protéicos para bovinos. 1. Digestibilidade *in situ* da matéria seca e da proteína bruta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, n.3, p.315-323, 2003.

OLIVEIRA, A.S. **Co-produtos da extração de óleo de sementes de mamona e de girassol na alimentação de ruminantes**. Viçosa: UFV, 2008. 166f. Tese (Doutorado).

OLIVEIRA, A.S.; CAMPOS, J.M.S.; OLIVEIRA, M.R.C. et al. Nutrient digestibility, nitrogen metabolism and hepatic function of sheep fed diets containing solvent or expeller castor seed meal treated with calcium hydroxide. **Animal Feed**

- Science and Technology**, v.158, p.15-28, 2010.
- ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, n.2, p.499, 1979.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: Métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- SILVA, L.F.P.; MACHADO, P.F.; FRANCISCO JUNIOR, J.C. et al. Relação entre a composição química e a degradabilidade *in situ* da matéria seca e da fibra em detergente neutro da fração volumosa de híbridos de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.288-294, 2000.
- TEIXEIRA, J.C.; SILVA, E.A.; BRAGA, R.A.N. et al. Cinética da digestão ruminal do caroço de algodão e do grão de milho em diferentes formas físicas em vacas holandesas. **Revista Ciência Agrotécnica**, v.26, n.4, p.842-845, 2002.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.