



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**



**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ESTIMATIVA DA  
DIGESTIBILIDADE E VALOR ENERGÉTICO DE RESÍDUOS  
DA INDUSTRIALIZAÇÃO DE FRUTAS E DA MANDIOCA  
PARA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES**

**Danielle Farias Dos Santos**  
Zootecnista

RIO LARGO – ALAGOAS - BRASIL  
Julho de 2011

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ESTIMATIVA DA**  
**DIGESTIBILIDADE E VALOR ENERGÉTICO DE RESÍDUOS**  
**DA INDUSTRIALIZAÇÃO DE FRUTAS E DA MANDIOCA**  
**PARA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES**

Danielle Farias Dos Santos

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Patrícia Mendes Guimarães – Orientador Principal  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Izabelle Auxiliadora Molina de Almeida Teixeira

Dissertação apresentada ao à Universidade Federal de Alagoas, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

RIO LARGO-ALAGOAS-BRASIL

Julho de 2011

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**  
**Bibliotecária Responsável: Janaina Xisto de Barros Lima**

S237c Santos, Danielle Farias dos.  
Composição química e estimativa da digestibilidade e valor energético de resíduos da industrialização de frutos e da mandioca para alimentação de ruminantes / Danielle Farias dos Santos. – 2011.  
65 f. : il. grafs., tabs.

Orientadora: Patrícia Mendes Guimarães.  
Co-Orientadora: Izabelle Auxiliadora Molina de Almeida Teixeira.  
Dissertação (mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Alagoas.  
Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2011.

Inclui bibliografia.

1. Ruminantes – Avaliação nutricional. 2. Disponibilidade ruminal. 3. Rações.  
4. Resíduos industriais. I. Título.

CDU: 636.084

**TERMO DE APROVAÇÃO**

DANIELLE FARIAS DOS SANTOS

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ESTIMATIVA DA DIGESTIBILIDADE E  
VALOR ENERGÉTICO DE RESÍDUOS DA INDUSTRIALIZAÇÃO DE  
FRUTAS E DA MANDIOCA PARA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES**

Esta dissertação foi submetida a julgamento como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Zootecnia, outorgado pela Universidade Federal de Alagoas.

A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

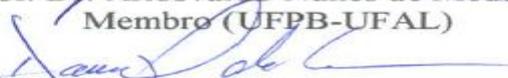
Aprovado em: 03/08/2011



Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Patrícia Mendes Guimarães  
Orientadora (CECA-UFAL)



Prof. Dr. Ariosvaldo Nunes de Medeiros  
Membro (UFPB-UFAL)



Prof. Dr. Daniel de Noronha Figueiredo Vieira da Cunha  
Membro (ARAPIRACA/UFAL)

Rio Largo – AL

2011

"É melhor tentar e falhar,  
que preocupar-se e ver a vida passar;  
é melhor tentar, ainda que em vão,  
que sentar-se fazendo nada até o final.

Eu prefiro na chuva caminhar,  
que em dias tristes em casa me esconder.

Prefiro ser feliz, embora louco,  
que em conformidade viver ."

**Martin Luther King**

**Dedico:**

Aos meus pais e ao meu irmão pela  
força e paciência.

**AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus por ter me mostrado o curso de Zootecnia e por não ter me deixado desistir nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais Aldeny e Ronaldo, pelo amor, carinho e pela educação dada a mim nesses anos de convivência.

Ao meu irmão Ronaldo pela amizade e pelas palavras certas dadas em momentos de dificuldade.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

A Cooperativa Pindorama pela doação dos resíduos.

Às minhas amigas e companheiras Edilene, Valéria e Tecilla pela amizade, companheirismo e pela ajuda nas análises laboratoriais.

A turma de pós-graduação pelos bons momentos e pela convivência durante esses dois anos.

Ao Wilson, Philipe e Raphael pela colaboração e apoio na realização desse projeto.

À Professora Dr<sup>a</sup>. Patrícia Mendes Guimarães pela oportunidade, orientação e aprendizado.

À Professora Izabelle Auxiliadora Molina de Almeida Teixeira pela orientação e acolhimento durante as análises na UNESP/Jaboticabal.

À Ana Paula de Oliveira Sader, química do Laboratório de Nutrição Animal, pelas orientações nas análises químicas.

Aos pós-graduandos da UNESP/Jaboticabal Andressa, André, Fernanda pela acolhida e por fazerem parte de minha formação.

A todos os professores da Pós-graduação que contribuíram para realização dessa conquista.

Ao Centro de Ciências Agrárias pela aprendizagem.

À Universidade Federal de Alagoas pela oportunidade de fazer a Pós-graduação.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal, pela oportunidade de realização deste trabalho.

A todas as pessoas que contribuíram direta e indiretamente para essa conquista.

## SUMÁRIO

	<b>Páginas</b>
Resumo.....	x
Abstract.....	xi
<b>Capítulo 1- Considerações gerais.....</b>	<b>1</b>
Resíduos da industrialização de frutas.....	1
Resíduo do maracujá.....	1
Resíduo da acerola.....	2
Resíduo do coco.....	3
Resíduo da industrialização da mandioca.....	4
Produção de gás <i>in vitro</i> .....	9
Referências Bibliográficas.....	10
<b>Capítulo 2 – composição química e estimativa da digestibilidade e valor energético de resíduos da agroindústria de frutas.....</b>	<b>16</b>
Resumo.....	16
Introdução.....	17
Material e Métodos.....	18
Resultados .....	20
Discussão.....	24
Conclusões.....	27
Referências Bibliográficas.....	28
<b>Capítulo 3 – composição química e estimativa da digestibilidade e valor energético de resíduos da casa de farinha de mandioca.....</b>	<b>32</b>
Resumo.....	32
Introdução.....	33
Material e Métodos.....	34
Resultados.....	36
Discussão.....	40
Conclusão.....	42

Referências .....	43
<b>Capítulo 4 – composição química e estimativa da digestibilidade e valor energético do feno da parte aérea da mandioca em diferentes tempos de armazenamento.....</b>	<b>46</b>
Resumo.....	46
Introdução.....	47
Material e Métodos.....	48
Resultados.....	50
Discussão.....	54
Conclusões.....	57
Referências .....	57
<b>Capítulo 5 – Implicações.....</b>	<b>61</b>

**Resumo** - Três estudos foram conduzidos com o objetivo de estimar o valor nutricional de resíduos da agroindústria de sucos e da mandioca para a alimentação de ruminantes. No primeiro estudo foram analisados resíduos do processamento de maracujá (casca e semente), acerola e coco; no segundo estudo foram analisados resíduos do processamento de farinha de mandioca (casca, farelo de farinha de mesa e farinha de varredura) e no terceiro estudo foi analisado o feno da parte aérea da mandioca, em diferentes tempos de armazenamento. O Experimento foi desenvolvido no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo-AL e na Universidade Estadual Paulista/ Campus Jaboticabal. Foi determinada a composição bromatológica, os teores de tanino condensado e estimados a digestibilidade por produção de gás, cinética de degradação ruminal e valor energético dos resíduos. Dentre os resíduos do processamento de frutas estudados, a casca de maracujá apresentou composição química e parâmetros ruminais que a indicam como uma promissora fonte alternativa de alimento para ruminante. A semente de maracujá e a torta de coco apresentaram bons níveis de PB, contudo a DIVMO desses dois resíduos foi muito baixa. A avaliação nutricional dos resíduos de casa de farinha de mandioca evidenciou o potencial da casca de mandioca, farelo de farinha de mesa e farinha de varredura como fontes energéticas, de alta disponibilidade ruminal, para alimentação de ruminantes. A composição química e características fermentativas do feno da parte aérea da mandioca sofreram variações durante o período de armazenamento, tendo o feno recém confeccionado apresentado as melhores características químicas e os menores parâmetros cinéticos fermentativo, DIVMO, NDT e valor energético. A qualidade nutricional dos resíduos avaliados foi variável, contudo todos podem ser indicados como fonte alternativa de alimento para ruminantes, principalmente em locais onde são produzidos em grandes quantidades.

**Palavras chaves:** avaliação nutricional, disponibilidade ruminal, torta de coco

**Abstract:** Three studies were conducted in order to estimate the nutritional value of agro-industrial residues juice and cassava for feeding ruminants. In the first study were analyzed waste from the processing of passion fruit (pell and seed), cherry and coconut, in the second study were analyzed wastes from the processing of cassava flour (peel, table bran flour and flour table scan) and the third study was analyzed hay of the aerial part of cassava at different storage times. The experiment was developed at the Center for Agricultural Sciences, Federal University of Alagoas, Rio Largo-AL and the São Paulo State University / Campus Jaboticabal. We determined the chemical composition, the levels of condensed tannins and digestibility, estimated by gas production, rumen degradation kinetics and energy value of waste. Among the wastes from the processing of fruits studied, the passion fruit peel showed the chemical composition and ruminal parameters that indicate a promising alternative source of food for ruminants. The seed of passion fruit and coconut pie had good levels of CP, however, the IVDOM in these two residues was very low. The nutritional evaluation of the waste of cassava flour house showed the potential of cassava peel, table flour bran and scan flour as energy sources, high ruminal availability, for ruminants feed. The chemical composition and fermentation characteristics of hay shoots of cassava have varied during the storage period, and the hay made recently presented the best chemical characteristics and fermentation kinetics under, IVDOM, TDN and energy value. The nutritional quality of the waste measured was variable but all can be indicated as an alternative source of food for ruminants, especially in places where they are produced in large quantities.

**Keywords:** Nutritional evaluation, ruminal availability, coconut pie.

## **CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES GERAIS**

Com o crescimento das indústrias processadoras de alimentos no país, vem sendo gerado uma grande quantidade de resíduos com potencial para utilização na alimentação animal, especialmente em regiões com períodos prolongados de escassez de alimentos e distantes dos grandes centros de produção de alimentos tradicionais, como milho e soja, como é o caso da região nordeste do Brasil (SILVA et al., 2007).

O acúmulo desses resíduos em locais inadequados pode representar um problema sério de contaminação do solo e dos recursos hídricos, Além de criar um ambiente propício a proliferação de vetores transmissores de doenças, que podem trazer riscos para saúde humana (PEREIRA et al., 2009).

A utilização de subprodutos agroindustriais na alimentação animal tem se tornado cada vez mais comum, o que tem gerado muitas pesquisas com diferentes espécies de animais (VIEIRA et al., 2008), dentre estes os ruminantes que, devido à adaptação fisiológica do rúmen, podem aproveitar alimentos que não podem ser digeridos por animais monogástricos (AREGHEORE, 2000).

Em Alagoas, devido à presença de indústrias processadoras de frutas e mandioca, entre outras, são gerados resíduos como sementes, polpas e cascas que podem ser destinados a alimentação animal.

### **Resíduos da agroindústria de frutas**

#### **Resíduo do maracujá**

O gênero *Passiflora*, da família *Passifloraceae*, contém mais de 500 espécies tropicais, sendo o Brasil o centro de origem da maioria deles. O maracujá amarelo (*Passiflora edulis*) é a principal variedade cultivada, sendo responsável pelo fornecimento de matéria prima para indústria processadora, bem como para comercialização de frutas frescas (LOUSADA JUNIOR, 2003).

Segundo o IBGE (2010), em 2009 o Brasil apresentou área plantada de 50.795 ha, produzindo aproximadamente 718.798 toneladas de frutos, tendo o

Nordeste como maior produtor (529.102 toneladas). Parte da produção é destinada para consumo *in natura*, porém a maior porcentagem é processada para produção de suco concentrado e polpa, gerando cascas e sementes como resíduos, que correspondem a aproximadamente, 50,3 e 26,2% do peso do fruto, respectivamente (FERRARI, COLUSSI & AYUBI, 2004).

Diversos estudos já foram realizados para caracterizar nutricionalmente esses resíduos. CRUZ (2009), ao avaliar a silagem do resíduo do maracujá com capim elefante encontrou valores de 85,0% de MS; 13,4% de PB; 2,5% de EE; 59,0% de FDN; 2,5% de EE; 59,0% de FDN e 49,2% de FDA para composição química da casca de maracujá desidratada. LOUSADA JÚNIOR et al. (2006) encontraram 24,98% de pectina no resíduo de maracujá (casca e pequena quantidade de semente). A pectina é um carboidrato constituinte da parede celular vegetal que apresenta fermentação mais extensa que o amido, porém com velocidade de digestão mais rápida do que os outros carboidratos estruturais. Sua degradação ruminal produz melhor relação acético:propiónico, além de menor produção de ácido láctico, o que proporciona estabilidade do pH ruminal e menor chance de ocorrência de acidose, se comparado a degradação de amido (NOGUEIRA et. al., 2009).

STARLING et al. (1997), avaliaram o valor nutricional da semente de maracujá em ensaio de digestibilidade com ovinos, com níveis de inclusão de 8, 16, 24 e 32% da MS. Estes autores observaram que o nível de inclusão de 8,8% de semente de maracujá obteve o maior consumo voluntário de MS. A semente de maracujá, por ser um resíduo industrial com alto teor de EE (32%), pode ter sua inclusão na alimentação de ruminantes limitada, pois valores de inclusão acima de 7% de EE na MS da dieta total provocam queda na consumo voluntário.

### **Resíduo da acerola**

A acerola (*Malpighia puniceifolia* L.) teve sua origem nas Antilhas. Devido a seus elevados teores de vitamina C, dispersou-se para outras regiões do mundo, estabelecendo-se particularmente em ecossistemas tropicais e subtropicais do continente americano. Sua introdução no Brasil se deu por volta da década de 50, porém seu plantio ganhou expressão econômica a partir da década de 90, estando

hoje difundido praticamente em todo território nacional (OLIVEIRA & SOARES FILHO, 1998).

O Brasil é atualmente um dos maiores produtores mundiais (MATSUURA et al., 2001), com produção total aproximada de 150 mil toneladas de frutos, produzidos principalmente pela Região Nordeste, que apresenta produção estimada de 96.550 toneladas de frutos (OLIVEIRA & SOARES FILHO, 1998).

O resíduo é obtido após o processamento do fruto para a extração do suco, sendo composto pelo que resta na peneira, ou seja, sementes e casca. LOUSADA JUNIOR et al. (2005), estudando o consumo e digestibilidade de subprodutos do processamento de frutas em ovinos, apresentaram os seguintes valores para o resíduo da industrialização da acerola: 85,1% de MS; 10,5% de PB; 71,9% de FDN; 54,7% de FDA; 20,1% de lignina; 3,2% de EE; 2,7 de cinzas e 26,5% de NIDA.

### **Resíduo do coco**

A cultura do coqueiro (*Cocus nucifera*) compõe a paisagem do litoral nordestino, assumindo posição importante como atividade geradora de emprego e renda, na alimentação e na produção de mais de cem produtos e em mais de 86 países localizados na zona intertropical do globo terrestre, por onde tem se expandido. Constitui a mais importante das culturas perenes, capaz de gerar um sistema auto-sustentável de exploração (CUENCA, 1997).

A torta de coco é um resíduo obtido através da extração do óleo de coco por compressão da polpa do coco ou amêndoa seca, e por possuir alto teor de PB e EE pode ser usado como fonte energética e protéica na alimentação animal. É uma fonte nutricional barata, quando comparado a outros ingredientes comumente utilizados nas rações como, por exemplo, o farelo de soja (SANTOS, 2007). Apresenta, segundo ROSTAGNO (2005) e EMBRAPA (1991), proteína em torno de 21,85% e 25,42% respectivamente.

Por ser um resíduo industrial com alto teor de EE, a torta de coco pode ter sua inclusão na alimentação de ruminantes limitada. Contudo, SILVA et al. (2007), estudando o valor nutritivo de dietas para ovinos com níveis de inclusão de 0, 8, 17% e 25% de farelo de coco (torta de coco), observou que a elevação do nível de

inclusão de farelo de coco na dieta aumentou os teores de EE (1,87 a 9,94%) e PB (6,21 a 9,16%) e reduziu as frações fibrosas (FDN de 77,71 para 68,52% e FDA de 38,82 para 33,94%), sem que houvesse diferença significativa nos coeficientes de digestibilidade da FDN, FDA, HCEL e CEL, mesmo na dieta com 25% de inclusão do subproduto (quase 10% de extrato etéreo).

### **Resíduos da Industrialização da Mandioca**

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma planta originária do continente americano e, atualmente é cultivada em muitos países, compreendidos em uma extensa faixa do globo terrestre, que vai de 30° de latitude norte a sul. A importância da mandioca no Brasil deve-se à sua ampla adaptação às diferentes condições ecológicas e ao seu potencial produtivo. A raiz é largamente utilizada como fonte de carboidratos, principalmente na alimentação humana, sob as formas *in natura* ou farinhas e fécula (COSTA et al., 2007).

Conhecida pela rusticidade e pelo papel social que desempenha junto às populações de baixa renda, a cultura da mandioca tem grande adaptabilidade aos diferentes ecossistemas, possibilitando seu cultivo em praticamente todo o território nacional. Sua produção mundial é de mais de 180 milhões de toneladas anuais. Está entre os dez produtos alimentares da humanidade em volume de produção (RANGEL et al., 2008). Cerca de 65% da produção mundial da cultura fica localizada na Nigéria, Brasil, Tailândia, Congo, Indonésia e Gana (MAPA, 2005).

O Brasil está entre os maiores produtores de mandioca do mundo (MATTOS & CARDOSO, 2003) e é responsável por aproximadamente 12% da mandioca produzida no mundo. Em 2007 a área plantada no país ultrapassou 1,9 milhões de hectares, com produção aproximada de 26,5 milhões de toneladas, com rendimento médio de 14 ton/ha (IBGE, 2008).

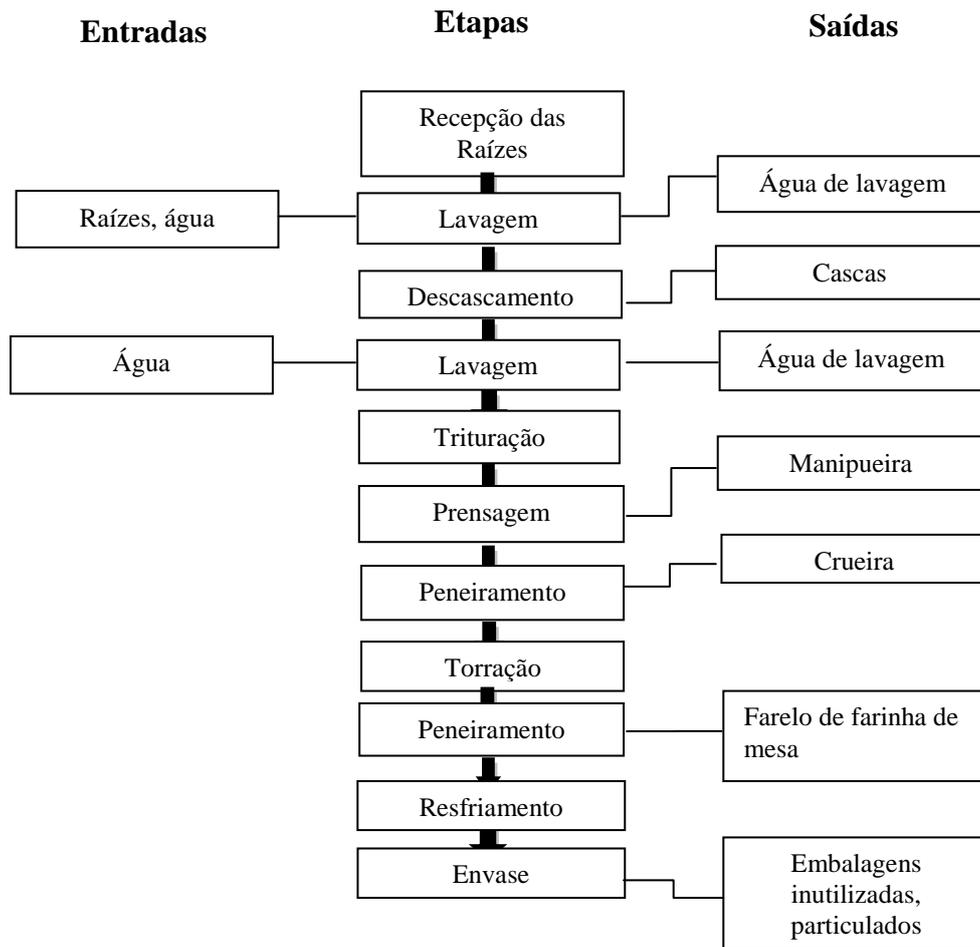
Na distribuição da produção pelas diferentes regiões geográficas do país, a Região Nordeste se sobressai com uma participação de 36% da produção, embora apresente o menor rendimento médio 10,7 t/ha. Nas demais regiões as participações na produção nacional são: Norte (28%), Sul (20%), Sudeste (8,8%) e Centro-Oeste (5,7%). As Regiões Sul e Sudeste são as que apresentam os melhores rendimentos

médios 19,7t/ha e 18,3t/ha, respectivamente. Neste cenário, destacam-se ainda como os principais estados produtores o Pará (19,6%), Bahia (16,8%), Paraná, (12,6%), Maranhão (6,6%) e Rio Grande do Sul (5,1%) que em conjunto são responsáveis por 60,7% da produção do país (IBGE, 2008).

Em Alagoas, a mandioca é a segundo maior produto agrícola, sendo fundamental para os programas de agricultura familiar. A produção da farinha é responsável pela subsistência de mais de 25 mil famílias, cuja economia doméstica está ligada a cadeia produtiva em mais de 600 casas de farinha e mais de 20 mil hectares de plantio da raiz.

O processamento agroindustrial da mandioca pode causar sérios problemas ambientais, uma vez que mesmo pequenas unidades de produção, tais como casas de farinha, podem contribuir para geração de elevadas quantidades de resíduos culturais (parte aérea) e industriais (casca, farinha de varredura, bagaço e farelos) (CARVALHO NETO et al., 1994; CEREDA, 1994). Estes resíduos podem se tornar uma alternativa viável na alimentação animal, em substituição a outros alimentos empregados na fabricação de rações, que apresentam preços elevados por também serem utilizados na alimentação humana.

Durante o processamento industrial da mandioca para obtenção da farinha (figura 1) são gerados resíduos energéticos que vem ganhando interesse como insumos na alimentação de ruminantes.



Fonte: SEBRAE, 2006

**Figura 1** Fluxograma de processo de beneficiamento de raízes para produção de farinha com descrição das etapas, entradas e saídas

Apesar de não existirem dados absolutos a respeito da quantidade total de resíduos produzidos a partir da industrialização farinheira, sabe-se que cerca de 10% da mandioca total utilizada na fabricação de farinha é eliminada na forma de casca e cerca de 3 a 5% na forma de farinha de varredura (CALDAS NETO et al., 2000).

A casca de mandioca é obtida da pré-limpeza da mandioca na indústria se constitui de casca e entrecasca, ponta e raiz e seu teor de umidade pode chegar a 85% (CEREDA, 2000). A farinha de varredura, resíduo resultante da limpeza de todo o material perdido no chão, é composto por farinha, pó e fibra e apresenta elevados

teores de amido (80%) e matéria seca (MS) (90%). Sua composição química é semelhante à farinha de mandioca (CALDAS NETO et al., 2000).

O farelo ou bagaço, resíduo proveniente do processamento da extração da fécula, é obtido após a segunda peneiragem. É composto pelo material fibroso da raiz, mas possui também certa quantidade de amido residual. Devido ao uso de grande quantidade de água para a obtenção da fécula, esse resíduo pode apresentar até 75% de umidade (CAMPOS NETO & BEM, 1995).

Além dos resíduos do processamento da raiz na indústria de farinhas e féculas, a mandioca também apresenta como resíduo os restos culturais ou a parte aérea que, apesar de seu elevado teor protéico, é perdida no campo durante a colheita das raízes (EUCLIDES et al., 1988, MODESTO et al. 2004). Sua utilização na alimentação animal pode ser feita na forma fresca, ensilada ou na forma de feno, com composições variáveis em função da proporção de caules e folhas e da altura de colheita do material para a ensilagem.

CARVALHO & KATO (1987), em um estudo comparativo entre o valor nutricional do farelo da parte aérea da mandioca e do feno de alfafa, quando fornecida a novilhos, concluíram que a parte aérea da mandioca é nutricionalmente superior, por apresentar menores teores de fibra e maiores teores de carboidratos não fibrosos. Esses mesmos autores relataram que a parte aérea contém de 16 a 18% de proteína bruta, enquanto que somente a folha pode atingir teores protéicos de 28 a 32%.

EUCLIDES et al. (1979), ao estudar a substituição da palha de arroz por níveis de 0, 25, 50 e 100% de feno da parte aérea de mandioca, observaram que a adição de feno até 25% proporcionou um aumento no teor de proteína da dieta de 4,8 para 6,5%, além de elevar a digestibilidade da MS e o consumo voluntário. Melhora na digestibilidade e no consumo da dieta também foram constatadas por KOAKHUNTHOD et al. (2001), ao incorporar feno da parte aérea de mandioca em blocos de alta qualidade alimentar.

Porém, devido a presença do ácido cianídrico, sua utilização na alimentação animal deve ser feita com precaução, uma vez que o ácido cianídrico causa intoxicação aguda no animal quando consumido de forma prolongada (GRAMACHO,

1973). A trituração e a secagem da parte aérea ao sol favorecem a volatilização do ácido cianídrico.

Além do ácido cianídrico, as folhas da parte aérea da mandioca apresentam tanino, fator antinutricional que reduz a digestibilidade da proteína. NETPANA et al. (2001), ao estudarem o efeito do tanino condensado do feno da mandioca em parasitas fecais de bubalinos e bovinos, encontraram valor de tanino condensado de 3,26%. Resultados semelhantes foram encontrados por WANAPAT (2002) em folhas secas da mandioca (4,3%) e no feno da mandioca (3,9%), em mandiocas colhidas entre 3 e 4 meses após o plantio. Este mesmo autor também afirma que a fenação da parte aérea da mandioca reduz a concentração de tanino condensado, uma vez que o feno apresenta de 2-4% desse fator antinutricional, enquanto que folhas maduras de mandioca, no momento da colheita da raiz, apresentam concentrações superiores a 6%.

Os valores em taninos condensados do feno da parte aérea da mandioca citados pela literatura são considerados benéficos para a nutrição de ruminantes, quando os níveis encontram-se entre 2 a 4% da MS. Nesses níveis de concentração o tanino protege a proteína da degradação ruminal, aumentando o fluxo de proteína digestível no intestino (BARRY & MANLEY, 1984; REED, 1995 citado por WANAPAT, 2000).

Sabe-se que os resíduos da agroindústria podem apresentar variações em sua composição química, dependendo da forma de processamento e das substâncias utilizadas na matéria prima para extração do óleo, amido e polpas, relacionadas ao nível tecnológico da indústria e com as perdas existentes no processamento do fruto (LIMA, 2007). Além disso, a utilização de resíduos agroindustriais na alimentação de ruminantes ainda é feita, na sua maioria, de forma empírica, daí a grande necessidade de realização de experimentos que visem avaliar o potencial nutricional desses alimentos.

A avaliação nutricional de alimentos para ruminantes deve considerar as múltiplas inter-relações dos microrganismos ruminais e avaliá-los não só por meio de sua composição química, mas também pelo fracionamento de seus princípios nutricionais e estudos da dinâmica de digestão e fermentação ruminal, a fim de fornecer subsídios aos sistemas de exigências nutricionais (CNCPS e NRC). De

acordo com VAN SOEST (1994), esses sistemas necessitam de estimativas acuradas e precisas das taxas de degradação dos alimentos para balancear adequadamente dietas ou formular rações para ruminantes. A estimativa das taxas de degradação ruminal de diferentes subfrações dos alimentos maximiza a sincronização de proteína e carboidratos no rúmen e conseqüentemente a produção microbiana, e ainda minimiza as perdas de nitrogênio (SNIFFEN et al., 1992).

### **Produção de gás *in vitro***

A digestibilidade e o consumo voluntário são características que refletem a qualidade dos alimentos que os animais recebem durante o processo de produção. Daí a necessidade de informações sobre a sua composição bromatológica, bem como de suas taxas de digestão, para que se possa incluí-los na dieta, de modo a maximizar a eficiência da utilização dos seus nutrientes.

Várias são as técnicas utilizadas para avaliar o valor nutricional dos alimentos, dentre elas, as mais utilizadas são as da digestibilidade *in vitro* de TILLEY e TERRY (1963) e a da degradabilidade *in situ*.

A medição da produção de gás *in vitro* tem se tornado popular por ser uma técnica que determina a digestão e a cinética de fermentação do alimentos (THEODOROU et al., 1998), além disso permite avaliar uma grande quantidade de amostras em curto tempo e com menor uso de animais fistulados. A técnica consiste em medir a produção de gás, por meio de um transdutor de leitura de pressão, gerada pela degradação e fermentação do substrato incubado em garrafas contendo líquido ruminal tamponado.

Os modelos matemáticos de FRANCE et al. (1993); Gompertz, proposto por LAVRENCIC et al. (1997); exponencial, proposto por ØRSKOV & MCDONALD e o logístico bicompartimental, proposto por SCHOFIELD et al. (1994), são utilizados por pesquisadores no estudo da cinética da produção acumulada de gases.

Esses modelos apresentam vantagens e desvantagens havendo modificações de estimativa entre os mesmos dependendo das condições experimentais e do alimento estudado, sendo fundamental uma avaliação prévia para que possa ser utilizado o modelo mais adequado (NOGUERA et al., 2004).

Desta forma, objetivou-se com o presente trabalho obter a composição química e estimativa, por meio da técnica de produção de gás *in vitro*, da digestibilidade e do valor energético de resíduos da industrialização de frutas e da mandioca.

## Referências

AREGHEORE.E.M. Chemical composition and nutritive value of some tropical byproduct feedstuffs for small ruminants in vivo and in vitro digestibility. **Animal Feed Science and Technology**, p. 99-109, 2000.

AZEVEDO, M.M.R. **Parâmetros cinéticos da fermentação ruminal do pseudofruto de cinco clones de cajueiro pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases.** (2007), 63p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Universidade Federal do Piauí – UFPI, Teresina – PI.

CALDAS NETO, S. et al. Mandioca e resíduos das farinheiras na alimentação de ruminantes: digestibilidade total e parcial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.7, p.2099-2108, 2000.

CARVALHO, V.D.; KATO, M.S.A. Potencial de utilização da parte aérea da mandioca. **Informe Agropecuário**, v.13, n.145, p.23- 28, 1987.

CEREDA, M.P. Caracterização dos resíduos da industrialização da mandioca. In: CEREDA, M.P. (Coord.) **Resíduos da industrialização da mandioca no Brasil.** São Paulo: Paulicéia, 1994. p.11-50.

CEREDA, M. P. Caracterização dos subprodutos da industrialização da mandioca. In: CEREDA, M. P. **Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca.** São Paulo: Fundação CARGILL, 2000. p.13-37.

COSTA, N.L. et al. **Regimes de cortes em cultivares de mandioca para alimentação animal em Porto Velho, Rondônia, Brasil.** Disponível em: [www.veterinaria.org/revistas/redvet](http://www.veterinaria.org/revistas/redvet). Acessado em: 06 de setembro de 2009.

CRUZ, B.C.C. **Silagem de capim-elefante com diferentes proporções de casca desidratada de maracujá.** Itapetinga: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2009. 57p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2009.

CUENCA, M.A.G. Importância econômica do coqueiro. In: FERREIRA, J.M.S. et al. **A Cultura do Coqueiro no Brasil.** Brasília:Embrapa - SPI; Aracaju: Embrapa - CPATC, 1997. Cap.1. p.17-56.

EMBRAPA. **Instruções para o cultivo do coqueiro.** Aracaju: Embrapa/CNPCo,1986. 27p. (Circular técnico, 3).

EUCLIDES, V.P.B. et al. Efeito da suplementação com feno da rama de mandioca e grão de sorgo sobre a utilização da palha de arroz por novilhos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.23, n.6, p.631-643, 1979

FERRARI, R.A.; COLUSSI, F; AYUB, R.A. Caracterização de subprodutos da industrialização do maracujá – aproveitamento das sementes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, p. 101-102, 2004.

FRANCE, J.; DHANOA, M.S.; THEODOROU, M.K. et al. A model to interpret gas accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feeds. **Journal of Theoretical Biology**, v.163, p.99-111, 1993.

GRAMACHO, D. D. **Contribuição ao estudo químico-tecnológico do feno de mandioca. Cruz das Almas:** Escola de Agronomia da UFBA. Convênio UFBA/Brascan Nordeste, 1973. p.143-152. (Série Pesquisa n.º 1).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Banco de dados agregados**. 2008. Disponível em: [www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br). Acesso em 15 de maio de 2009

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. 2009. Disponível em : <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 10 de março de 2011.

KOAKHUNTHOD, S. et al. **Effect of cassava hay and high-quality feed block supplementation on milk production in dairy cows**. In: International Workshop Current Research and Development on Use of Cassava as Animal Feed. Disponível em: [www.mekarn.org/prockK/Koak.htm](http://www.mekarn.org/prockK/Koak.htm). Acesso: 16 dezembro de 2010.

LAVRENCIC, A.; STEFANON, B.; SUSMEL, P. An evaluation of the Gompertz model in degradability studies of forage chemical components. **Animal Science**, 13 v.64, p.423-431, 1997.

LOUSADA JÚNIOR, J.E. **Digestibilidade aparente de subprodutos do processamento de frutas em ovinos**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2003. 94p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, 2003.

LOUSADA JUNIOR, J. E. et al. Consumo e digestibilidade de subprodutos do processamento de frutas em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.659-669, 2005.

LOUSADA JUNIOR, J.E. Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.1, p.70-76, 2006.

MATTOS, P.RP., CARDOSO, E.M.R. **Cultivo da Mandioca para o Estado do Pará**. Sistemas de Produção, 13. Versão eletrônica. 2003.

MATSUURA, F. C. A. U. et al. Avaliações físico-químicas em frutos de diferentes genótipos de acerola (*Malpighia puniceifolia* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 23, n. 3, p. 602-606, 2001.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Secretaria do Conselho do Agronegócio- Câmara Setorial da Cadeia Produtiva da Mandioca e Derivados- Diretrizes para Elaboração do Plano Estratégico da Mandioca.** Brasília, Novembro 2005.

MODESTO, E.C. et al. Caracterização químico-bromatológica da silagem do terço superior da rama de mandioca. *Acta Scientiarum*, v.26, n.1, p.37-146, 2004.

NETPANA, N. et al. **Effect of condensed tannins in cassava hay on fecal parasitic egg counts in swamp buffaloes and cattle.** Disponível em: <http://www.mekarn.org/prockK/netp.htm>. Acessado em: 16 de dezembro de 2010.

NOGUERA, R.R.; SALIBA, E.O.; MAURICIO, R.M. Comparación de modelos matemáticos para estimar los parámetros de degradación obtenidos a través de La técnica de producción de gas. *Research for Rural Development*, v.16, n 11, 2004.

NOGUEIRA et al. Substituição do milho pela polpa de citros em dietas com alta proporção de concentrado sobre a degradabilidade e cinética ruminal. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, v. 31, n. 2, p. 155-160, 2009.

OLIVEIRA, J.R.P.; SOARES FILHO, W.S. **Situação da cultura da acerola no Brasil e ações da Embrapa.** Disponível em: [www.cpatsa.embrapa.br](http://www.cpatsa.embrapa.br). Acessado em: 12 de setembro de 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, p.499-503, 1979.

PEREIRA, L.G.R. et al. **Aproveitamento dos Coprodutos da Agroindústria Processadora de Suco e Polpa de Frutas para Alimentação de Ruminantes.** Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br>. Acessado em: 06 de dezembro de 2010.

RANGEL, A.H.N. et al. Utilização da mandioca na alimentação de ruminantes. **Revista Verde**, v.3, n.2, p.01-12 de abril/junho de 2008.

ROSTAGNO, H.S. et al. **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos: Tabelas Brasileiras.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005.

SANTOS, E.L. **Avaliação do farelo de coco e do farelo do resíduo de goiaba na alimentação de tilápia-do-nilo.** Recife: Universidade Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2007. 72p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2007.

SEBRAE. **Manual de referência para casas de farinha.** Disponível em: [http://sstmpe.fundacentro.gov.br/Anexo/Manual\\_de\\_Referencia\\_para\\_Casas\\_de\\_Farinha.pdf](http://sstmpe.fundacentro.gov.br/Anexo/Manual_de_Referencia_para_Casas_de_Farinha.pdf). Acessado em: 20 de outubro de 2010.

SILVA, A.G.M. et al. **Valor nutritivo do farelo de coco em ovino – digestibilidade da fibra.** 2007. Disponível em: [www.cpatsa.embrapa.br](http://www.cpatsa.embrapa.br). Acessado em: 12 de agosto de 2010.

SNIFFEN, C. J. et al. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.

SCHOFIELD, P.;et al. Kinetics of fiber digestion from in vitro gas production. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2980-2991, 1994.

STARLING, J. M. C. et al. Avaliação da semente de maracujá (*Passiflora edulis*) em ensaio de digestibilidade da matéria seca, fibra em detergente ácido, hemicelulose e celulose. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.49, n.1, p.63-74, 1997.

THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.48, p.185-197, 1994.

TILLEY, L.M; TERRY, R.A. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **J. Brit. Grassl. Soc.**, v.19(2), p.104-111, 1963.

WANAPAT, M. 2002. **Role of cassava hay as animal feed in the tropics.** Disponível em: [http://webapp.ciat.cgiar.org/asia\\_cassava/pdf/proceedings\\_workshop\\_02/504.pdf](http://webapp.ciat.cgiar.org/asia_cassava/pdf/proceedings_workshop_02/504.pdf). Acessado em: 16 de dezembro de 2010.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.

VIEIRA et al. Digestibilidade da matéria seca e proteína bruta do resíduo seco de padaria em ovinos. **ARS Veterinaria**,v.24, n.1, 053-058, 2008.

## **CAPÍTULO 2 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ESTIMATIVA DA DIGESTIBILIDADE E DO VALOR ENERGÉTICO DE RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA DE FRUTAS**

**RESUMO** - Objetivou-se obter a composição química e estimativa da digestibilidade e valor energético de resíduos da agroindústria de frutas para a alimentação de ruminantes. Determinou-se a composição bromatológica, a concentração de taninos condensados e estimados a digestibilidade, parâmetros cinéticos da fermentação ruminal e valor energético, por meio da produção de gás *in vitro*, de resíduos do processamento de maracujá (casca e semente), acerola e coco. A semente de maracujá e a torta de coco apresentaram as maiores concentrações de PB (11,03 e 18,95%) e EE (25,13 e 29,00%). A casca de maracujá se destacou quanto a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) (73,27% da MS), nutrientes digestíveis totais (68,72 % de NDT) e valor energético (2,48 Mcal/KgMS de EM e 3,03 Mcal/KgMS de ED), enquanto que a semente de maracujá apresentou os piores resultados para os mesmos itens avaliados (27,47 % de DIVMO, 25,56 % de NDT, 0,92 Mcal/KgMS de EM). Altos teores de lignina (34,80% e 22,3%, respectivamente) foram encontrados na semente de maracujá e no resíduo da acerola, que também apresentou as maiores concentrações de NIDA (7,83%) e tanino condensado (7,47%). Dentre os resíduos estudados, a casca de maracujá apresentou composição química e parâmetros ruminais que a indicam como uma promissora fonte alternativa de alimento para ruminante. A semente de maracujá e a torta de coco apresentaram bons níveis de PB, contudo a DIVMO desses dois resíduos foi muito baixa.

**Palavras-chave:** digestibilidade, ruminantes, subprodutos, valores energéticos

## Introdução

O milho e o farelo de soja são os principais alimentos utilizados na formulação de rações, por não apresentarem restrição quanto à presença de fatores antinutricionais e, juntos, formarem uma excelente combinação de energia e proteína (GOES, 2008). No entanto, são ingredientes de custo elevado e por isso há um crescente interesse por alimentos alternativos que possam tornar as rações mais econômicas, sem prejudicar o desempenho dos animais (FIGUEIREDO et al., 2003). Dentre os possíveis alimentos alternativos de baixo custo estão os resíduos agroindustriais do processamento de frutas.

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de frutas tropicais e a Região Nordeste se destaca, sendo responsável, com, 73,61% da produção nacional de maracujá amarelo; 69,61% da produção de acerola e 69,4% da produção de coco (IBGE, 2009). Grande parte da produção de frutas destina-se a atender à demanda por frutas frescas, no entanto, existe uma tendência mundial para o mercado de produtos transformados, como conservas, sucos, geléias e doces.

O aumento da capacidade de processamento está gerando grandes quantidades de resíduos que, em muitos casos, são considerados custo operacional para as agroindústrias ou fonte de contaminação ambiental (LOUSADA JUNIOR. et. al., 2005). Estima-se que, do total de frutas processadas na produção de sucos e polpas, sejam gerados 40% de resíduos agroindustriais, nas culturas da manga, da acerola, do maracujá e do caju (BARTHOLLO, 1994). A utilização desses resíduos na alimentação animal atende duas demandas: baixar o custo de alimentação dos animais e reduzir o impacto ambiental no descarte destes resíduos na natureza (RIBEIRO, 2007).

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo obter a composição química e estimativa da digestibilidade e valor energético de resíduos da agroindústria de frutas.

## Material e Métodos

O Experimento foi desenvolvido nos Laboratórios de Nutrição Animal, na Unidade Acadêmica Centro de Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo-AL e na Universidade Estadual de Paulista/ Campus Jaboticabal.

As amostras dos resíduos da agroindústria de frutas foram oriundas da Cooperativa Pindorama, localizada no município de Coruripe/ AL. Foram coletadas amostras do resíduo do maracujá (casca e semente), da acerola (casca + semente) e do coco (farelo de coco). Sendo, as mesmas realizadas nos dias de processamento de cada fruta, contabilizando um total de cinco coletas (repetições).

Os resíduos, exceto o farelo de coco, foram submetidos à secagem em estufa sem ventilação forçada, sendo que cada resíduo foi submetido a temperaturas diferentes, pois alguns resíduos, em temperatura de 45°C, apresentaram mofo. Os resíduos foram secos em temperaturas de 45°C (resíduo da acerola), 50°C (semente de maracujá) e 55°C (casca de maracujá). A moagem foi feita em moinho com peneiras com malha de 1 mm nas amostras de resíduo da acerola e da casca de maracujá. Para moagem da semente de maracujá foi utilizado um mini-processador, em função do excesso de óleo, e o material foi passado em peneira granulométrica de 1mm.

Os percentuais de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), foram obtidos segundo metodologia descrita por SILVA & QUEIROZ (2002). O FDN e FDA foram determinados utilizando autoclave, no qual as amostras foram submetidas a uma pressão de 0,5 atm por 40 minutos. Em seguida, as amostras foram lavadas e secas em estufa a 105°C.

Para o cálculo de carboidratos totais (CHOT), aplicou-se a equação  $CHOT = 100 - (PB\% + EE\% + MM\%)$  descrita por VAN SOEST et al. (1992). Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados pela equação  $CNF = 100 - (PB\% + FDN\% + EE\% + MM\%)$ .

Os níveis de tanino condensado solúvel e ligado ao resíduo, de cada resíduo, foram determinados pelo método butanol-HCl, descrito por TERRILL et al. (1992). A concentração total em taninos condensados foi obtida pela soma das frações solúvel e ligada ao resíduo.

A produção de gases *in vitro* foi feita usando a metodologia descrita por THEODOROU et al. (1994) e modificada por Mauricio et al. (1999), utilizando um medidor de pressão e registrador de dados (PDL200, LANA/CENAUSP, Piracicaba/SP, Brasil).

Para medições da produção de gases foram incubadas um total de 15 garrafas por resíduo. Foram pesadas aproximadamente 0,2 g de amostra e colocadas em garrafa de vidro de 100 mL e mantidas a 39°C. Um dia antes da inoculação foi preparado o meio de cultura, que foi mantido em banho-maria a 39°C, junto com seus componentes. No dia da incubação foi adicionada ao meio uma solução contendo NaOH, sulfito de sódio e cisteína HCl, que foi mantido sob saturação constante de CO<sub>2</sub> até adição do inóculo.

Para a obtenção do inóculo, foram utilizados dois ovinos machos, castrados, mestiços Dorper x Santa Inês, com peso médio de 40Kg e idade média de 24 meses, fistulados no rúmen e submetidos a uma dieta a base de forragem verde (Tifton 85). O inóculo foi obtido por filtração de líquido ruminal dos animais, em jejum, em duas camadas de tecido tipo fralda. O inóculo foi mantido a uma temperatura de 39° C e a saturação de CO<sub>2</sub> durante todo o processo.

As garrafas contendo as amostra e 30 mL do meio de cultura + inóculo foram seladas e mantidas a 39°C em banho-maria. As medições dos gases foram feitas nos horários 0, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60, 72 e 96 horas pós incubação. Para os ajustes de variação foram incubadas garrafas consideradas brancas, contendo ou as soluções de incubação sem substrato ou um padrão interno (feno de Tifton 85).

O modelo de FRANCE et al. (1993), adotado para estimar os padrões da fermentação microbiana, é baseado na média da produção acumulada de gases de cada amostra e é dado por:

$$A = Af \times \left\{ 1 - e^{-[bx(t-t_0) - c(\sqrt{t} - \sqrt{t_0})]} \right\}$$

Em que:  $A$  é o volume acumulado de gases produzidos até o tempo  $t$ ;  $A_f$  é o volume assintótico dos gases produzidos;  $b$  e  $c$  são parâmetros do modelo; e  $t_0$  representa um tempo de colonização discreto.

A taxa de produção fracional de gases foi calculada de acordo com o modelo:

$$\mu = \frac{b+c}{2 \times \sqrt{t}}$$

Os dados de produção de gases foram ajustados pelo modelo de FRANCE et al. (1993) para estimar o tempo de colonização e a produção potencial de gases ( $A$ , assíntota de produção de gases do modelo). O procedimento não linear de SAS (2001) foi utilizado para ajustar o modelo aos dados.

Os dados de produção durante as 24h de incubação, juntamente com os níveis de PB, MM e EE foram utilizados para prever o valor energético segundo as equações preconizadas por Menke & Steingass (1988):

$$\text{DIVMO} = 14,88 + ((0,889 * \text{gás}_{24}) + (0,045 * \text{PB}_{17}) + (0,065 * \text{MM}))$$

$\text{EM (MJ/KgMS)} = 2,20 + (0,136 * \text{gás}_{24}) + (0,0057 * \text{PB}) + (0,00029 * \text{EE})$ , Onde: EM é a energia metabolizável; gás<sub>24</sub> é a produção de gás *in vitro* em 24 h, em ml/0,2 gMS. Os valores de PB e EE foram expressos em g/Kg de MS. Estes valores foram posteriormente utilizados para o cálculo de NDT por meio dos fatores:

$$\text{ED (Mcal/kg de MS)} = \text{EM}/0,82$$

$$\text{NDT} = \text{ED}/4,409 * 100 \text{ (NRC, 2001)}$$

Para conversão da EM de MJ para Mcal foi utilizado o fator:

$$\text{EM (Mcal/KgMS)} = \text{EM (MJ/KgMS)}/4,184$$

Foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado para análise bromatológica e um delineamento inteiramente casualizado com arranjos distribuídos em parcela subdivididas para a produção de gás. O teste de Tukey foi utilizado para comparação das médias dos parâmetros da produção de gás, DIVMO, EM, ED, NDT e composição bromatológica.

## Resultados

Observou-se que a torta de coco apresentou teor de MS de 93,93%, enquanto que os demais resíduos obtiveram teores abaixo de 50% (Tabela 1).

Tabela 1. Composição química de resíduos da agroindústria de frutas com base na MS

Variáveis (%)	Resíduos				CV%
	Maracujá (Casca)	Maracujá (Semente)	Torta de Coco	Acerola	
MS	13,47 c	47,68 b	93,93 a	17,87 c	5,90
MM	6,33a	2,08 c	4,69b	2,94 c	19,69
EE	1,42b	25,13a	29,00a	4,31b	23,81
PB	5,79 b	11,03 b	18,95 a	9,47 b	29,43
TCS	0,33 b	0,19 b	0,13 b	2,29 a	57,18
TCL	0,02 c	0,23 c	2,07 b	5,17 a	42,86
TT	0,33 c	0,42 c	2,17 b	7,47 a	39,79
FDN	46,60a	53,99 a	49,26a	56,02 a	15,59
FDA	38,75ab	50,46a	30,64b	51,45a	17,27
LIG	7,34c	34,80a	6,39c	22,36b	3,66
CHOT	86,45a	61,75b	47,36c	83,28a	7,16
CNF	39,85a	7,75b	1,28b	27,26a	34,70
NIDA <sup>1</sup>	4,86ab	2,86ab	2,18b	7,83a	61,75

matéria seca (MS), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), tanino solúvel (TCS), tanino ligado (TCL), tanino total (TT), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA)

Médias com letras minúsculas diferentes em linha, diferem significativamente ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey

<sup>1</sup> % N total

A semente de maracujá e a torta de coco apresentaram as maiores concentrações de EE ( $P < 0,05$ ). A torta de coco também apresentou o maior teor de PB em relação aos demais resíduos. Altos teores de lignina ( $P < 0,05$ ) foram encontrados na semente de maracujá e no resíduo da acerola. Este resíduo também apresentou as maiores concentrações de NIDA ( $P < 0,05$ ), tanino condensado solúvel, tanino condensado ligado ao resíduo e tanino total, em comparação aos demais resíduos.

O resíduo da acerola e a casca de maracujá apresentaram os maiores teores de carboidratos totais (CHOT) e carboidratos não fibrosos (CNF) ( $P < 0,05$ ), o que favorece o fornecimento de energia para os microrganismos, uma vez que a energia para seu crescimento e multiplicação vem em grande parte dos carboidratos. A torta de coco e a semente de maracujá apresentaram os menores teores de CNF, decorrentes dos altos teores de PB e EE apresentados pelos resíduos ( $P < 0,05$ ).

A casca de maracujá apresentou produção de gás contínua e alta em relação aos demais resíduos (Figura 1), com produção inicial de 70,73 ml/gMS (3h após incubação) e final de 467,09 ml/gMS às 96 h após incubação. O resíduo da acerola, torta de coco e a semente de maracujá apresentaram teores mais baixos de produção de gás, apresentando valores de 44,20 e 207,94 ml/gMS; 21,88 e 153,34 ml/gMS; 22,08 e 159,18 ml/gMS para os resíduo da acerola, torta de coco e semente de maracujá nos tempos de 3 e 96 h após a incubação, respectivamente.

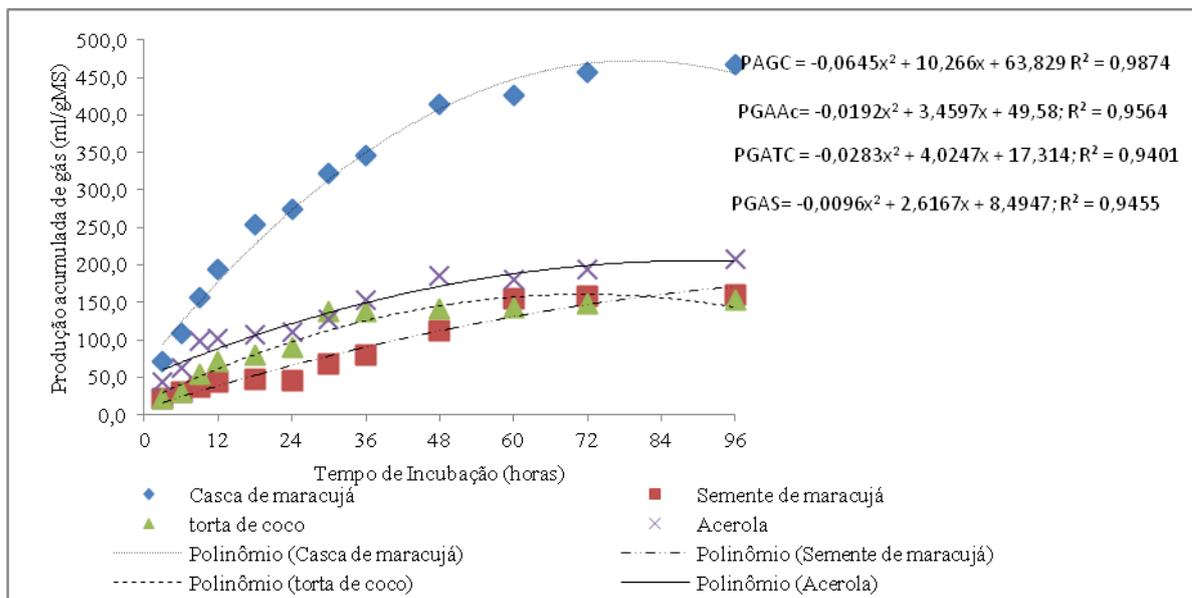


Figura 1. Produção acumulada de gás (ml/gMS) de resíduos da agroindústria de frutas

A casca de maracujá se destacou ( $P < 0,05$ ), em relação aos demais resíduos, quanto ao potencial máximo de produção de gás (ml/gMS) e a produção de gás após 48 e 96 horas de incubação (G48 e G96) (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros cinéticos da fermentação ruminal, digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO), energia metabolizável (EM), energia digestível (ED) e nutrientes digestíveis totais (NDT) de resíduos da agroindústria de frutas, obtidos por meio da técnica *in vitro* de produção de gás

Variáveis	Resíduos				CV (%)
	Maracujá (casca)	Maracujá (semente)	Acerola	Torta de coco	
A	438,60a	197,70b	215,15b	158,54b	19,99
L (h)	0,18a	4,12b	1,84ab	1,18ab	99,89
G48	413,84a	112,29b	184,73b	141,20b	19,75
G96	467,08a	159,17b	207,94b	153,33b	21,29
REL1	1,00a	0,82b	0,93ab	0,96ab	12,20
REL2	0,88a	0,78a	0,90a	0,92a	12,40
DIVMO <sup>1</sup> (%)	73,27a	27,47c	40,37b	42,39b	11,03
EM <sup>1</sup> (Mcal/KgMS)	2,48a	0,92c	1,36b	1,39b	11,70
ED <sup>1</sup> (Mcal/KgMS)	3,03a	1,12c	1,66b	1,69b	11,70
NDT <sup>1</sup>	68,72a	25,56c	37,73b	38,35b	11,70

A= Potencial máximo de produção de gás (ml/gMS), L=Tempo de colonização, G48=Produção de gás após 48 horas de incubação (ml/gMS), G96= Produção de gás após 96 horas de incubação (ml/gMS), REL1= Relação entre as produções de gases após 96 horas e a produção potencial de gases, REL2=Relação entre as produções de gás após 48 e 96 horas, Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de tukey (P<0,05).

<sup>1</sup> obtido de 24 h de produção de gás

Observou-se que a semente de maracujá apresentou maior (P<0,05) tempo de colonização (4,12h ou 4h e 7min), enquanto que a casca de maracujá obteve menor tempo (0,18h ou 10min). O tempo de colonização corresponde o tempo compreendido entre o início da incubação até a ação microbiana sobre a amostra testada (GUIMARÃES JR. et al., 2008), e é maior para os constituintes de parede celular.

O REL1 representa o quão próximo a produção de gás após 96 horas de incubação chegou ao potencial máximo de produção de gás (A) do alimento enquanto que REL 2 representa o quanto da produção de gás do alimento ocorreu nas primeiras 48 horas de incubação (BUENO, 2002). A REL 1 da casca do maracujá foi a maior (P<0,05) entre os resíduos indicando que 100% do potencial deste resíduo foi atingido em 96 horas de incubação.

Apesar dos resíduos apresentarem REL 2 semelhantes ( $P>0,05$ ), a torta de coco e o resíduo da acerola apresentaram os maiores valores, indicando que 92 e 90% da fermentação ocorreu nas primeiras 48 horas de incubação.

A casca de maracujá também se destacou ( $P<0,05$ ), entre os resíduos estudados, quanto a digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO), nutrientes digestíveis totais e valor energético, enquanto que a semente de maracujá apresentou os piores resultados para os mesmos itens avaliados (Tabela 2).

Todos os resíduos apresentaram o mesmo comportamento em relação a taxa fracional de produção de gases ( $\mu$ ), apresentando redução com o aumento do tempo de incubação (Figura 2). A torta de coco apresentou a maior taxa fracional de produção de gases durante todo o tempo de incubação, enquanto que a casca de maracujá apresentou os menores valores.

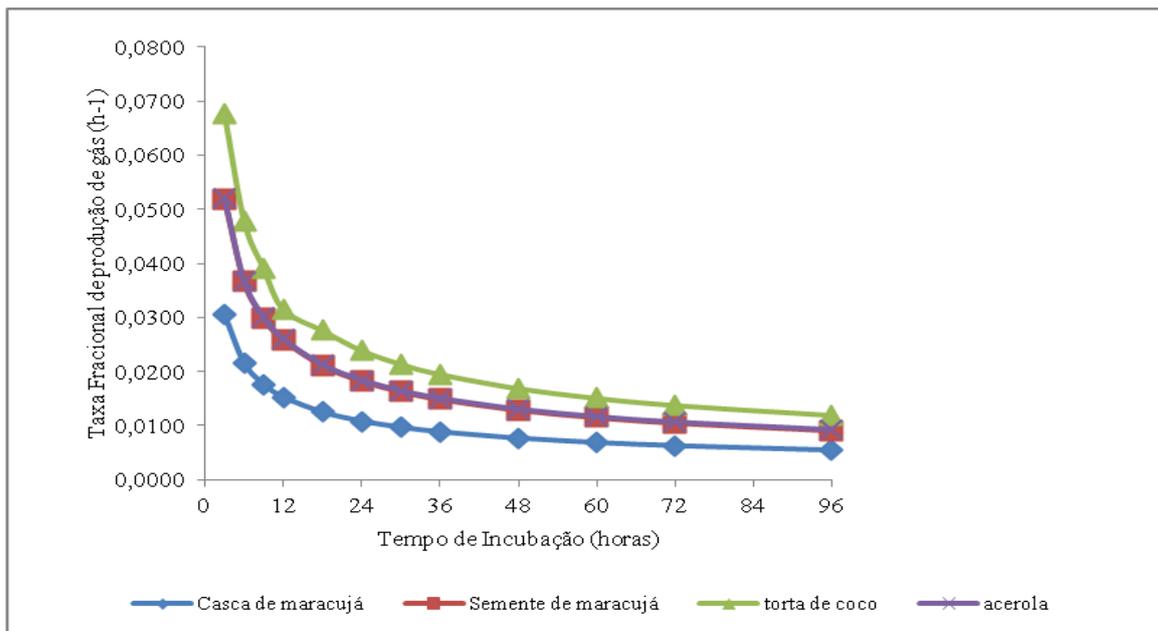


Figura 2. Produção fracional de produção de gases de resíduos da agroindústria de frutas

Os dados da Figura 2 mostram  $\mu$  de 0,031; 0,052; 0,068 e 0,052  $h^{-1}$  após 3h de incubação e de 0,008; 0,013; 0,017 e 0,013, após 48h para casca e semente de maracujá, resíduo da acerola e torta de coco, respectivamente.

## Discussão

Os altos teores de umidade apresentada pelo resíduo da acerola, semente e casca de maracujá podem ser fatores limitantes para o transporte, armazenamento e, conseqüentemente, para utilização dos mesmos na alimentação animal. Uma das formas que pode ser utilizada para solucionar essas limitações é o desenvolvimento por parte das indústrias de um processo de secagem, como é feito para polpa cítrica.

Altos níveis de PB e EE da semente de maracujá também foram relatados por TOGASHI et. al. (2008), ao avaliar sementes de maracujá, obtendo valores de 14,45% PB e 24,5% EE. BRAGA et. al. (2009), ao avaliar o consumo e a digestibilidade de rações com diferentes níveis de farelo de coco, encontraram valores 17,38% de PB e 24,13% de EE.

Um dos problemas da inclusão da semente do maracujá e da torta de coco na dieta de ruminantes é o alto teor de gordura presente nestes resíduos. Sua inclusão pode aumentar o teor de gordura na dieta, provocando redução na ingestão de MS, uma vez que a fermentação ruminal pode ser inibida quando a concentração de lipídios da dieta for acima de 6 -7% (KOZLOSKI, 2002), devido a redução na digestibilidade dos nutrientes, especialmente da fibra.

Contudo, SILVA et al. (2007), ao avaliar o farelo de coco em ovinos, observaram que a elevação no nível de inclusão de farelo de coco a dieta não influenciou significativamente os coeficientes de digestibilidade da FDN, FDA, HCEL e CEL, mesmo na dieta com 25% de inclusão do resíduo, que possuía quase 10% de extrato etéreo.

Por outro lado, um efeito redutor do EE na digestibilidade aparente do FDN e FDA foram observados por BRAGA et. al. (2009). Esta divergência indica que novos estudos devem ser realizados para melhor explicar a influência da inclusão de resíduos ricos em gordura na digestibilidade e no consumo da dieta para ruminantes.

A concentração de tanino condensado no resíduo da acerola situou-se acima de 5% (MCNAUGHTON, 1987), o que pode levar a uma redução na ingestão desse resíduo, pois o tanino reduz a aceitabilidade desse alimento pelo animal, devido a sua adstringência. Além disso, pode também diminuir a digestibilidade dos carboidratos fibrosos, levando a decréscimo na produção de ácidos graxos voláteis, de gases e do valor energético dos alimentos (KUMAR & SINGH, 1984).

Outro fator que pode comprometer a qualidade nutricional dos resíduos de acerola e semente de maracujá e a alta concentração de lignina observada. Ela pode ser explicada pela grande quantidade de sementes presentes nesses resíduos. Esse alto conteúdo de lignina pode ser um empecilho ao uso dos mesmos na alimentação animal, uma vez que a lignina, em altas concentrações, pode restringir a utilização dos carboidratos da parede celular pelos microrganismos. Valor superior de lignina para o resíduo da acerola (20,1%) foi encontrado por LOUSADA JUNIOR et. al. (2005).

Os teores de FDN e FDA observados neste trabalho foram inferiores aos observados por LOUSADA JUNIOR. et. al. (2005), para os resíduos do maracujá (56,2 e 49,0%, respectivamente) e da acerola (71,9 e 54,7%). Valores inferiores foram para esse mesmo teores foram encontrados por SILVA et. al.(2007), que encontraram valores de FDN (40,96%) e FDA (19,30%) para o farelo de coco (torta de coco).

O alto teor de NIDA apresentado pelo resíduo da acerola indica que parte do nitrogênio presente está indisponível para os microrganismos ruminais, interferindo assim, na digestibilidade da proteína do alimento.

As constituições químicas dos resíduos influenciaram o perfil de produção acumulada de gás (ml/gMS) e o potencial máximo de produção de gás. O alto valor de lignina, tanino e EE apresentado pelos resíduos da acerola, farelo de coco e semente de maracujá podem ter contribuído para o baixo potencial máximo e produção acumulada de gás apresentado por esses resíduos.

Mesmo comportamento foi verificado por PEREIRA et al. (2008), ao avaliar a cinética fermentativa de resíduos de frutas. Estes autores observaram que o resíduo da goiaba (16% de lignina) apresentou produção de gás de 173 mL (48h de incubação), valor superior ao encontrado para a semente de maracujá (112,3 mL) cujo teor de lignina (34,8%), encontrado neste trabalho, foi superior ao da goiaba.

AZEVEDO (2007), ao avaliar os parâmetros cinéticos de pseudofrutos de caju, observou que o clone que apresentou maior teor em tanino condensado obteve os menores valores para produção acumulada de gás e para o potencial máximo de produção de gás.

A casca de maracujá se destacou, em relação aos demais resíduos, quanto às características de fermentação. A alta produção e o potencial máximo de produção de gás, assim como, o baixo tempo de colonização observado para este resíduo, possivelmente, se deve a presença de carboidratos prontamente digestíveis e pelas características químicas apresentadas pelo resíduo, tal fato também foi citado por MOREIRA et al. (2010) e por WASCHECK et al. (2008,) ao avaliarem fontes de carboidratos para ruminantes e silagem de milho, respectivamente.

A DIVMO e NDT encontrados para o resíduo da acerola (40,37 e 37,73%, respectivamente) e casca de maracujá (73,23 e 68,72%, respectivamente) foram superiores ao encontrados por LOUSADA JUNIOR et al. (2005), que observaram valores para DMO *in vivo* e NDT de 30,1 e 32,2% para o resíduo da acerola e de 58,2 e 52,9% para o resíduo do maracujá, respectivamente. Diferenças no processamento das frutas podem explicar diferenças na composição química dos resíduos, o que conseqüentemente influencia a quantidade de energia digestível disponível para o ruminante.

Como pode ser observado na Figura 2 a taxa fracional da torta de coco se apresentou mais alta que os demais resíduos. Isto se deve, possivelmente, ao maior conteúdo celular presente no mesmo. Com o tempo esses componentes se tornaram escassos e a velocidade da fermentação diminuiu (BUENO, 2002).

Apesar da casca de maracujá ter obtido maior potencial máximo de produção de gás, sua taxa fracional ( $\mu$ ) foi a menor entre os resíduos estudados, influenciada, possivelmente pela pectina. A pectina, que não foi mensurada neste trabalho, mas que, reconhecidamente, está presente na casca de maracujá, é um carboidrato estrutural com boa disponibilidade ruminal e velocidade de digestão mais lenta que o amido.

Os componentes fermentáveis presentes na casca de maracujá contribuíram mais significativamente para produção de gás do que os presentes no coco.

## **Conclusões**

Dentre os resíduos estudados, a casca de maracujá apresentou composição química e parâmetros ruminais que a indicam como uma promissora fonte energética de alimento para ruminante.

A semente de maracujá e a torta de coco apresentaram bons níveis de PB, contudo a DIVMO desses dois resíduos foi muito baixa.

O alto valor de lignina, tanino e EE apresentado pelos resíduos da acerola, a torta de coco e semente de maracujá podem ter contribuído para o baixo potencial máximo e produção acumulada de gás apresentado por esses resíduos.

## Referências

AZEVEDO, M.M.R. **Parâmetros cinéticos da fermentação ruminal do pseudofruto de cinco clones de cajueiro pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases.** (2007), 63p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Universidade Federal do Piauí – UFPI, Teresina – PI.

BÁRTHOLO, G.F. Perdas e qualidade preocupam. **Informe Agropecuário**, v.17, n.179, p.3, 1994.

BRAGA, Z.C.A.C. et. al. Avaliação do consumo e digestibilidade aparente de rações com diferentes níveis de farelo de coco. **Revista Caatinga**, v.22, n.1, p 249-256, 2009.

BUENO, I.C.S. **Cinética digestiva e síntese microbiana ruminal em ovinos alimentados com fenos de três qualidades distintas.** 2002. 97p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

FIGUEIREDO, D. F. et al. Desempenho e morfometria da mucosa de duodeno de frangos de corte alimentados com farelo de canola, durante o período inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia.** v.32, n.6, p. 1321-1329, 2003.

FRANCE, J.; DHANOA, M.S.; THEODOROU, M.K. A model to interpret gas accumulation profiles with "in vitro" degradation of ruminants feeds. **Journal of Theoretical Biology**, v.163, n.11, p.99-111, 1993.

GOES, et. al. Degradabilidade ruminal da matéria seca e proteína bruta de diferentes subprodutos agroindustriais utilizados na alimentação de bovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.3, p. 715-725, out/dez, 2008.

GUIMARÃES JR., R. et al. Cinética de fermentação ruminal de silagens de milho. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.5, p.1174-1180, 2008.

KHAZAAL, M. T.; DENTINHO, M. T.; RIBEIRO, J. M. Prediction of apparent digestibility and voluntary intake of hays fed to sheep: comparison between using fibre components, in vitro digestibility or characteristics of gas production or nylon bag degradation. **Journal of Animal Science**, v. 61, n. 3, p. 527-538, 1995.

KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. 1 ed. Santa Maria: UFSM. 2002, 140p.

KUMAR, R.; SINGH, M. Tannins: their adverse role in ruminant nutrition. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.32, n.3, p.447-453, 1984.

LOUSADA JUNIOR, J. E. et al. Consumo e digestibilidade de subprodutos do processamento de frutas em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.659-669, 2005.

MAGALHÃES, K.V. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos, determinação e estimativa do valor energético de alimentos para bovinos**. (2007), 263p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa – MG.

MAURICIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S. et al. A semiautomated *in vitro* gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. **Animal Feed Science and Technology**, v.79, n.4, p.321-330, 1999.

MENKE, K.H.; STEINGASS, H. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. **Animal Research Development**, v.28, p.7-55, 1988.

MCNAUGHTON, S. J. Adaptation of herbivores to season change in nutrient supply. IN: Hacker, J. B.; Ternouth, J. H. (Ed) **Nutrition of herbivores**. London: Academic press, 1987. p.391-408.

MENKE, K. H.; STEINGASS, H. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. **Animal Research Development**, v. 28, n. 1, p. 7-55, 1988.

MOREIRA P.C. et al. Produção cumulativa de gases e parâmetros de France avaliados pela técnica semiautomática *in vitro* de fontes de carboidratos de ruminantes. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.2, p. 452-462, 2010.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: 2001. 381p

RIBEIRO, et al. Composição bromatológica e degradabilidade *in situ* de folhas de árvores frutíferas para alimentação de ruminantes. **Boletim de Medicina Veterinária**. – Espírito Santo do Pinhal, v.3, n.3, p.17-23, jan./dez. 2007.

SILVA, D.J., QUEIROZ A.C. **Análise de Alimentos: Métodos Químicos e Biológicos**. 2 ed. Viçosa: UFV. 166p. 2002.

SILVA, A.G.M. et al. **Valor nutritivo do farelo de coco em ovino – digestibilidade da fibra**. Disponível em: [www.cpatsa.embrapa.br](http://www.cpatsa.embrapa.br). Acessado em: 12 de agosto de 2010.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS - SAS. **User's guide**. Version 8. 1.ed. Cary: SAS Institute, 2001. 956p.

THEODOROU, M.K. et al. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetic of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.48, n.2, p.185-197, 1994.

TERRILL, T.H. et al. Determination of extractable and bound condensed tannin concentration in forage plants, protein concentrate meals and cereal grains. **Journal Science Food Agricultural**. 58, 321-329. 1992.

TOGASHI, C.K. et. al. **Subprodutos do maracujá em dietas para frangos de corte**. Disponível em:<http://periodicos.uem.br>. Acessado em 27 de novembro de 2010.

WASCHECK, R.C. et al. Degradabilidade e produção de gases *in vitro* de fontes energéticas alternativas na alimentação de ruminantes. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 32, n. 4, p. 425-430, 2010.

VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992.

### **CAPÍTULO 3 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ESTIMATIVA DA DIGESTIBILIDADE E DO VALOR ENERGÉTICO DE RESÍDUOS DA CASA DE FARINHA DE MANDIOCA**

**RESUMO** - Objetivou-se obter a composição química e estimativa da digestibilidade e valor energético de resíduos de casa de farinha de mandioca para a alimentação de ruminantes. Foram determinadas a composição bromatológica, a concentração de taninos condensados e estimativa, por produção de gás, da digestibilidade, parâmetros cinéticos da fermentação ruminal e valor energético dos resíduos da casca da mandioca, farelo de farinha de mesa e farinha de varredura. Não foi detectada presença de tanino nos resíduos coletados na casa de farinha de mandioca. A casca da mandioca apresentou as maiores porcentagens de EE, PB, FDN, FDA e lignina, enquanto a farinha de varredura e o farelo de farinha de mesa apresentaram os maiores valores de amido, CHOT e CNF. Os resíduos apresentaram semelhanças com relação ao tempo de colonização, digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO), nutrientes digestíveis totais (NDT) e valor energético (EM e ED). A avaliação nutricional da casca de mandioca, farelo de farinha de mesa e farinha de varredura evidenciou o potencial desses resíduos como fontes energéticas, de alta disponibilidade ruminal, para alimentação de ruminantes.

**Palavras-Chave:** amido, digestibilidade, fontes energéticas, produção de gás

## Introdução

A entressafra da produção de forragem na Região Nordeste constitui um período de dificuldade para o fornecimento de uma alimentação equilibrada, do ponto de vista nutricional, ao rebanho (SILVA et al., 2005). A alimentação de ruminantes, principalmente nesta fase, representa uma grande parcela dos custos da atividade, os quais podem ser reduzidos por meio da utilização de alimentos alternativos. (DIAS, 2006).

A mandioca é uma das principais culturas exploradas no Nordeste e seu beneficiamento para consumo humano gera uma grande quantidade de diferentes resíduos (casca, farinha de varredura, bagaço e farelos), que podem ser utilizados na alimentação de ruminantes.

Os resíduos industriais da mandioca são gerados durante a produção da farinha e da fécula (LEONEL, 2001). Sua composição química se assemelha a das raízes, por apresentarem elevados teores de carboidratos não fibrosos (CALDAS NETO et al., 2000), podendo ser uma fonte alternativa na substituição de alimentos energéticos, como o milho.

Contudo, a qualidade desses resíduos pode variar muito, em função de vários fatores tais como o cultivar, idade da planta, tempo após a colheita e forma de processamento (manual ou industrial).

O conhecimento das características nutricionais desses resíduos pode permitir o estabelecimento de critérios para a sua inclusão nas dietas de ruminantes.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo estimar o valor nutricional de diferentes resíduos de casa de farinha de mandioca para a alimentação de ruminantes, por meio de análises químicas, fracionamento de nutrientes, digestibilidade e cinética de degradação ruminal.

## Material e Métodos

O Experimento foi desenvolvido nos Laboratórios de Nutrição Animal, na Unidade Acadêmica Centro de Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo-AL e na Universidade Estadual de Paulista/ Campus Jaboticabal.

As amostras analisadas foram oriundas de casa de farinha, situada no município de Lagoa da Canoa/AL. Os resíduos obtidos foram casca (oriunda do descascamento da mandioca), farelo de farinha de mesa (obtido após o peneiramento da farinha destinada à alimentação humana) e a farinha de varredura (obtida da limpeza do material perdido no chão), sendo coletas cinco amostras de cada resíduo. A casca foi submetida a pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 45°C e depois moída, assim como os outros resíduos, em moinho tipo Wiley com peneira de 1 mm.

Os percentuais de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram obtidos segundo metodologia descrita por SILVA & QUEIROZ (2002). O FDN e FDA foram determinados utilizando autoclave, no qual as amostras foram submetidas a uma pressão de 0,5 atm por 40 minutos. Em seguida, as amostras foram lavadas e secas em estufa a 105°C. Durante a análise de FDN foi adicionado 0,2 mL de amilase às amostras.

O teor de amido foi determinado por meio da metodologia descrita por CARVALHO et al. (2002).

Para o cálculo de carboidratos totais (CHOT), aplicou-se a equação  $CHOT = 100 - (PB\% + EE\% + MM\%)$  descrita por VAN SOEST et al. (1992). Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados pela equação  $CNF = 100 - (PB\% + FDN\% + EE\% + MM\%)$ .

Os níveis de tanino condensado solúvel e ligado ao resíduo, de cada resíduo, foram determinados pelo método butanol-HCl, descrito por TERRILL et al. (1992). A concentração total em taninos condensados foi obtida pela soma das frações solúvel e ligada ao resíduo.

A produção de gases *in vitro* foi feita usando a metodologia descrita por THEODOROU et al. (1994) e modificada por MAURICIO et al. (1999), utilizando um medidor de pressão e registrador de dados (PDL200, LANA/CENAUSP, Piracicaba/SP, Brasil).

Para medições da produção de gases foram incubadas um total de 15 garrafas por resíduo. Foram pesadas aproximadamente 0,2 g de amostra e colocadas em garrafa de vidro de 100 mL e mantidas a 39°C. Um dia antes da inoculação foi preparado o meio de cultura, que foi mantido em banho-maria a 39°C, junto com seus componentes. No dia da incubação foi adicionada ao meio uma solução contendo NaOH, sulfito de sódio e cisteína HCl, que foi mantido sob saturação constante de CO<sub>2</sub> até adição inóculo.

Para a obtenção do inóculo, foram utilizados dois ovinos machos, castrados, mestiços Dorper x Santa Inês, com peso médio de 40kg e idade média de 24 meses, fistulados no rúmen e submetidos a uma dieta a base silagem de milho. O inóculo foi obtido por filtração de líquido ruminal dos animais, em jejum, em duas camadas de tecido tipo fralda. O inóculo foi mantido a uma temperatura de 39° C e a saturação de CO<sub>2</sub> durante todo o processo.

As garrafas contendo as amostra e 30 mL do meio de cultura + inóculo foram seladas e mantidas a 39°C em banho-maria. As medições dos gases foram feitas nos horários 0, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60, 72 e 96 horas pós incubação. Para os ajustes de variação foram incubadas garrafas consideradas brancas, contendo ou as soluções de incubação sem substrato ou um padrão interno (feno de Tifton 85).

O modelo de FRANCE et al. (1993), adotado para estimar os padrões da fermentação microbiana, é baseado na média da produção acumulada de gases de cada amostra e é dado por:

$$A = Af \times \left\{ 1 - e^{-[bx(t-t_0) - c(\sqrt{t} - \sqrt{t_0})]} \right\}$$

Em que:  $A$  é o volume acumulado de gases produzidos até o tempo  $t$ ;  $Af$  é o volume assintótico dos gases produzidos;  $b$  e  $c$  são parâmetros do modelo; e  $t_0$  representa um tempo de colonização discreto.

A taxa de produção fracional de gases foi calculada de acordo com o modelo:

$$\mu = \frac{b+c}{2 \times \sqrt{t}}$$

Os dados de produção de gases foram ajustados pelo modelo de FRANCE et al. (1993) para estimar o tempo de colonização e a produção potencial de gases (A, assíntota de produção de gases do modelo). O procedimento não linear de SAS (2001) foi utilizado para ajustar o modelo aos dados.

Os dados de produção durante as 24h de incubação, juntamente com os níveis de PB, MM e EE foram utilizados para prever o valor energético segundo as equações preconizadas por Menke & Steingass (1988):

$$\text{DIVMO} = 14,88 + ((0,889 * \text{gás24}) + (0,045 * \text{PB17}) + (0,065 * \text{MM}))$$

$\text{EM (MJ/KgMS)} = 2,20 + (0,136 * \text{gás24}) + (0,0057 * \text{PB}) + (0,00029 * \text{EE})$ , Onde: EM é a energia metabolizável; gás24 é a produção de gás *in vitro* em 24 h, em ml/0,2 gMS. Os valores de PB e EE foram expressos em g/Kg de MS. Estes valores foram posteriormente utilizados para os cálculos de ED e NDT por meio dos fatores:

$$\text{ED (Mcal/KgMS)} = \text{EM}/0,82$$

$$\text{NDT} = \text{ED}/4,409 * 100 \text{ (NRC, 2001)}$$

Para conversão da EM de MJ para Mcal foi utilizado o fator:

$$\text{EM (Mcal/KgMS)} = \text{EM (MJ/KgMS)}/4,184$$

Foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado para análise bromatológica e um delineamento inteiramente casualizado com ensaios distribuídos em parcela subdividida para a produção de gás. O teste de Tukey foi utilizado para comparação das médias dos parâmetros da produção de gás, DIVMO, EM, ED, NDT e composição bromatológica.

## Resultados

Não foi detectada presença de tanino nos resíduos estudados. A casca da mandioca apresentou as maiores ( $P < 0,05$ ) porcentagens de EE, PB, FDN, FDA e lignina, enquanto a farinha de varredura e o farelo de farinha de mesa apresentaram os maiores ( $P < 0,05$ ) valores de amido e CNF (Tabela 1).

Tabela 1. Composição bromatológica de resíduos da casa de farinha, com base na matéria seca

Variáveis (%)	Resíduos			CV (%)
	Casca	Farelo de Farinha de Mesa	Farinha de Varredura	
MS	31,54c	91,43a	90,24b	0,82
MM	3,72a	1,07b	3,35a	9,02
EE	0,56a	0,25b	0,33ab	38,45
PB	3,21a	1,08b	1,33b	10,44
AMIDO	55,91b	85,75a	85,85a	8,86
FDN	19,70a	8,65b	7,53b	11,26
FDA	13,75a	2,83c	4,62c	11,58
LIGNINA	5,93a	0,94b	1,03b	12,81
CHOT	92,62c	97,59a	95,04b	0,35
CNF	72,92b	88,94a	87,51a	1,73

matéria seca (MS), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), carboidratos totais (CHOT), carboidratos não fibrosos (CNF)

Médias com letras minúsculas diferentes na linha diferem significativamente ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey

Houve variações ( $P < 0,05$ ) nos teores de MS entre os resíduos, devido ao alto teor de umidade encontrado na casca de mandioca.

Todos os resíduos apresentaram baixos teores de PB, FDN, FDA e Lignina.

A Figura 1 apresenta os resultados de produção acumulada de gás (ml/gMS) de resíduos de casa de farinha de mandioca, obtidos por meio da técnica *in vitro* de produção de gás. Os resíduos estudados apresentaram perfis semelhantes de produção acumulada de gás (mL/gMS).

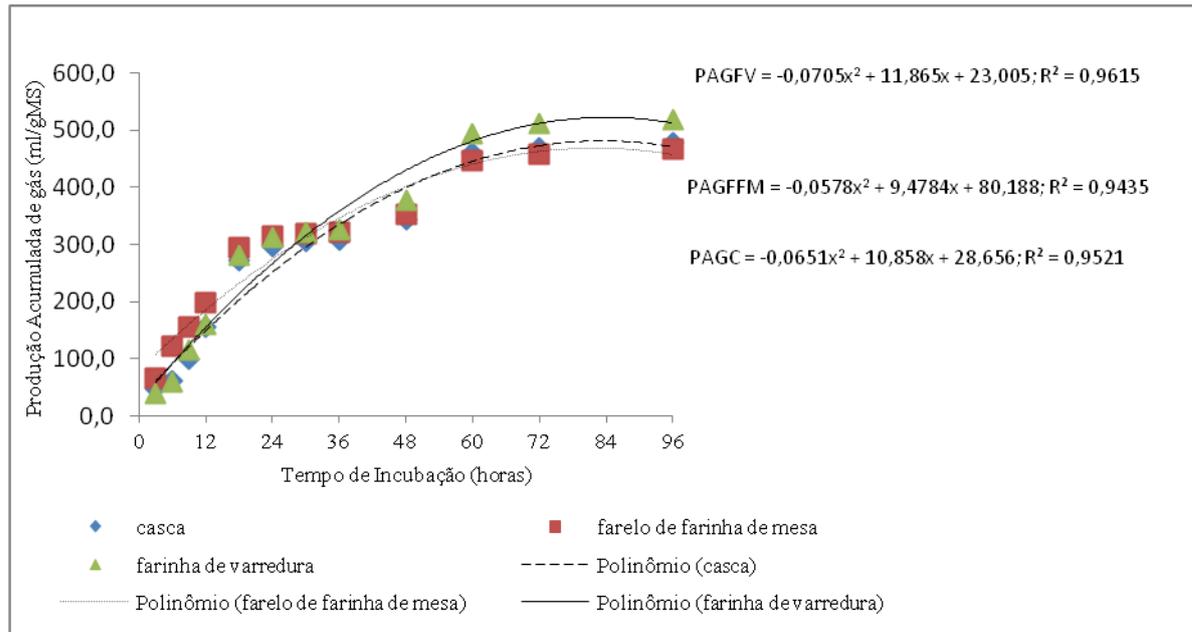


Figura 1. Produção acumulada de gás (ml/gMS) de resíduos de casa de farinha de mandioca, obtidos por meio da técnica *in vitro* de produção de gás

Os resíduos apresentaram comportamento semelhante em relação a produção acumulada de gás, com produção inicial de 47,56; 65,32 e 39,06 mL/gMS (3h após incubação) e final de 479,10; 468,09 e 519,72 mL/gMS para a casca da mandioca, farelo de farinha de mesa e farinha de varredura, respectivamente.

A farinha de varredura se destacou ( $P < 0,05$ ), em relação aos demais resíduos, quanto a produção de gás após 48 e 96 horas de incubação (G48 e G96). Em relação potencial máximo de produção de gás (ml/gMS) os resíduos apresentaram semelhanças ( $P > 0,05$ ), conforme os dados apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros cinéticos da fermentação ruminal, digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO), energia metabolizável (EM), energia digestível (ED) e nutrientes digestíveis totais (NDT) de resíduos de casa de farinha de mandioca, obtidos por meio da técnica *in vitro* de produção de gás

Resíduos				
Variáveis	Casca	Farelo de Farinha de Mesa	Farinha de Varredura	CV (%)
A	475,80a	470,80a	501,56a	10,87
L (h)	0,83a	0,32a	0,67a	83,10
G48	343,66b	352,49ab	377,10a	4,85
G96	479,10ab	468,08b	519,72a	5,47

REL 1	1,00a	1,00a	1,00a	10,13
REL 2	0,71b	0,75a	0,72ab	2,27
DIVMO <sup>1</sup>	71,39a	72,18a	73,23a	2,85
EM <sup>1</sup> (Mcal/KgMS)	2,49a	2,59a	2,58a	2,88
ED <sup>1</sup> (Mcal/KgMS)	3,04a	3,16a	3,14a	2,88
NDT <sup>1</sup>	68,99a	71,70a	71,25a	2,88

A= Potencial máximo de produção de gás (ml/gMS), L=Tempo de colonização, G48=Produção de gás após 48 horas de incubação (ml/gMS), G96= Produção de gás após 96 horas de incubação (ml/gMS), REL1= Relação entre as produções de gases após 96 horas e a produção potencial de gases, REL2=Relação entre as produções de gás após 48 e 96 horas, Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de tukey (P<0,05).

<sup>1</sup> obtido de 24 h de produção de gás

Apesar da semelhança (P>0,05) estatística entre os resíduos, o tempo de colonização da casca de mandioca foi maior (0,83h ou 49min) em comparação com o farelo de farinha de mesa (0,32h ou 19min), influenciado, possivelmente, pelo maior percentual de carboidratos fibrosos.

O REL1 foi de 1 para todos os resíduos estudados, o que significa que em 96 h de incubação 100% do potencial desses resíduos foi atingido. O REL 2 foi acima de 0,7 em todos os resíduos estudados, assim, cerca de 70% da produção de gás dos resíduos ocorreu em 48h de incubação.

Os resíduos apresentaram semelhanças (P>0,05) com relação a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO), nutrientes digestíveis totais (NDT) e valor energético (EM e ED).

Os dados da Figura 2 indicam uma taxa fracional de produção de gases ( $\mu$ ) de 0,039; 0,025 e 0,040 h<sup>-1</sup> após 3h de incubação e de 0,009; 0,006 e 0,010 h<sup>-1</sup> após 48h de incubação para casca, farelo de farinha de mesa e farinha de varredura, respectivamente.

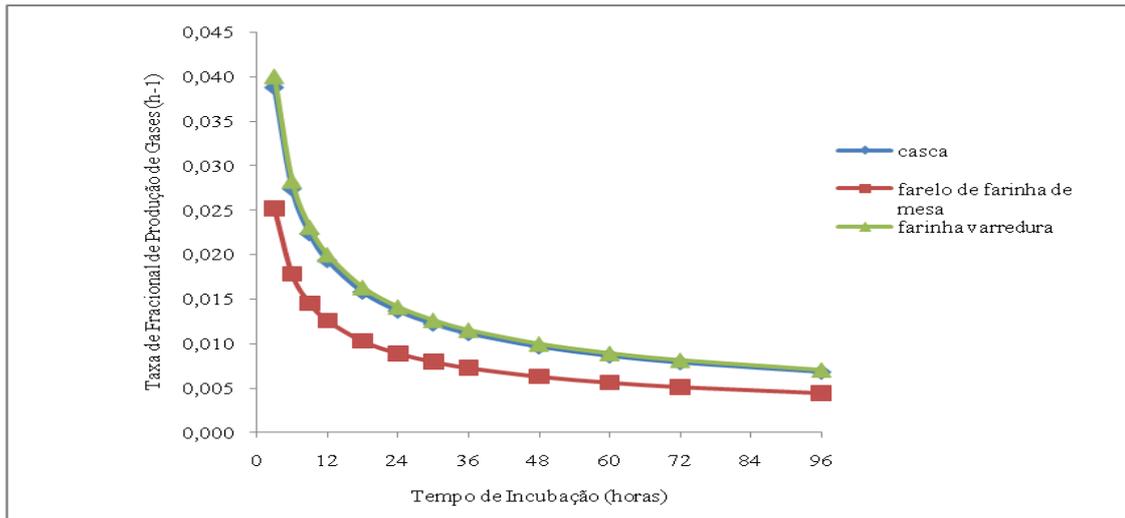


Figura 2. Taxa fracional de produção de gases de resíduos da casa de farinha

A farinha de varredura e a casca de mandioca apresentaram o mesmo comportamento em relação a taxa fracional de produção de gases ( $\mu$ ), enquanto o farelo de farinha de mesa apresentou a menor taxa fracional de produção de gases durante todo o tempo de incubação.

## Discussão

FERREIRA et al. (2007) ao avaliar o valor nutritivo de resíduos da industrialização da mandioca encontraram valores de 32,5% MS; 4,51% PB; 20,51% FDN; 86,21% CHOT e 66,26% CNF para casca de mandioca e de 91,32% MS; 6,10% PB; 5,20% FDN; 88,38% CHOT e 83,45% CNF para farinha de varredura. Valores semelhantes de amido (85,7%) foram encontrados por JORGE et al. (2002) para farinha de varredura e inferiores (48,0%) por MARQUES et. al. (2000) na casca de mandioca. O teor de amido da casca de mandioca pode ser muito variável, devido às diferenças no processamento da mandioca. Durante o descascamento uma parte da raiz é retirada e esta porção influencia na quantidade de amido presente nesse resíduo.

Todos os resíduos estudados apresentaram baixos teores de FDN, FDA e lignina e altos teores de amido e CNF. Além disso, a ausência e/ou baixa presença de fatores que impedem adesão dos microrganismos, como lignina, tanino e matriz protéica que protegem o amido contribuíram para o baixo tempo de colonização (tempo

compreendido entre o início da incubação até a ação microbiana sobre a amostra testada, e para o alto potencial máximo de produção de gás apresentados pelos resíduos. Essas características indicam que esses resíduos tendem a ter uma rápida fermentação, podendo levar a uma diminuição do pH ruminal.

ZEOULA et al. (2002), ao estudar rações compostas com fontes de amido com diferenças na degradabilidade ruminal, milho, mandioca e resíduos de farinhas (casca de mandioca e farinha de varredura) observaram que não houve diferenças no pH ruminal, mas a concentração de  $N-NH_3$  foi menor para a ração com farinha de varredura. Nesse contexto, eles consideram que a adição desses resíduos na dieta deve ser feita associada com fontes de nitrogênio de rápida degradação, para que haja uma disponibilidade equilibrada de nitrogênio e carboidratos para os microrganismos ruminais.

Essas características também são evidenciadas quando se observa o REL 1 e a REL 2 dos resíduos estudados. O REL1, parâmetro que indica o quão próximo a produção de gás após 96 horas de incubação chegou ao potencial máximo de produção de gás (A) do alimento (BUENO, 2002), foi de 1 para todos os resíduos estudados, o que significa que em 96 h de incubação 100% do potencial desses resíduos foi atingido. O REL 2 representa o quanto da produção de gás do alimento ocorreu nas primeiras 48 horas de incubação (BUENO, 2002). Cerca de 70% da produção de gás dos resíduos ocorreram em 48h de incubação, indicando que os mesmos apresentam boa qualidade fermentativa, uma vez que, quanto mais próximo de 1 for o valor de REL 2, melhor será a qualidade fermentativa do alimento.

A taxa fracional de produção de gases ( $\mu$ ) da casca de mandioca e do farelo de farinha foram mais alta que o farelo de farinha de mesa (Figura 2). Contudo, as taxas fracionais de produção de gases dos três resíduos indicam que esses foram rapidamente fermentados e tornaram-se escassos com o tempo, o que reduziu a velocidade de fermentação (BUENO, 2002).

Os valores estimados para digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO), nutrientes digestíveis totais (NDT) e valor energético (EM e ED) indicaram valores esperado em alimentos energéticos. Valores superiores de NDT (90,40%), ED e EM (3,87 e 3,47 Mcal/Kg, respectivamente) foram encontrados por FERREIRA

et. al. (2007) para farinha de varredura. Para este mesmo resíduo MELOTTI (1972) obteve valor de 70,64% de NDT.

Os resíduos indústrias da casa de farinha, devido as suas características, vem sendo estudados como substituto do milho nas rações para ruminantes. JORGE et al. (2002) observaram que o aumento no consumo médio de MS, expresso em função do peso médio e em porcentagem do peso peso vivo (PV), não diferiu entre os níveis de substituição de 0, 25, 50, 75 e 100% de milho por farinha de varredura, sendo os valores estimados em  $97,4 \text{ g/kg}^{0,75}$  e 2,7% PV.

Os mesmos autores também observaram que o consumo de PB, expresso em % PV, não diferiu entre os níveis de substituição (0,3% PV), porém o consumo expresso em função do peso médio, apresentou um comportamento linear crescente, com a elevação dos níveis de substituição, variando de 11,5 a 12,5  $\text{g/kg}^{0,75}$ .

MARQUES et al. (2000) não encontraram diferenças significativas entre rações contendo mandioca e resíduos industriais (casca e farinha de varredura) em substituição ao milho com relação ao ganho médio diário, peso aos 28 e 56 dias de confinamento e rendimento de carcaça quente.

## **Conclusões**

A casca da mandioca apresentou as maiores porcentagens de EE, PB, FDN, FDA e lignina, enquanto a farinha de varredura e o farelo de farinha de mesa apresentaram os maiores valores de amido e CNF.

Todos os resíduos apresentaram baixos teores de PB, FDN, FDA e Lignina. Além de apresentaram semelhanças com relação a DIVMO, NDT e valor energético, e potencial máximo de produção de gás.

## Referências

- BUENO, I.C.S. **Cinética digestiva e síntese microbiana ruminal em ovinos alimentados com fenos de três qualidades distintas**. 2002. 97p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
- CALDAS NETO, S.F. et al. Mandioca e resíduos das farinhas na alimentação de ruminantes: digestibilidade total e parcial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6 (sup.1), p.2099-2108, 2000.
- CARVALHO, H.H. et al. **Alimentos: métodos físicos e químicos de análises**. 1.ed. Porto Alegre: Universidade/UFRGS, 2002. 180p.
- DIAS, A.M. **Bagaço de mandioca em dietas de novilhas leiteiras**. Itapetinga-BA: UESB, 2006. 43p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2006.
- FRANCE, J.; DHANOA, M.S.; THEODOROU, M.K. A model to interpret gas accumulation profiles with "in vitro" degradation of ruminants feeds. **Journal of Theoretical Biology**, v.163, n.11, p.99-111, 1993
- FERREIRA, G.D.G et al. Valor Nutritivo de Co-produtos da Mandioca. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.8, n.4, p. 364-374, out/dez, 2007.
- JORGE, J.R.V. et al. Substituição do Milho pela Farinha de Varredura (*Manihot esculenta*, Crantz) na Ração de Bezerros Holandeses. 2. Digestibilidade e Valor Energético. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.205-212, 2002.
- LEONEL, M. O Farelo, Subproduto da Extração de Fécula de Mandioca. In: CEREDA, M.P. **Manejo, Uso e Tratamento de Subprodutos da Industrialização da Mandioca**. v.4, Fundação Cargill, São Paulo, 2001a, p.211-216.

MAGALHÃES, K.V. Tabelas brasileiras de composição de alimentos, determinação e estimativa do valor energético de alimentos para bovinos. **(2007), 263p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa – MG.**

MARQUES, J.A. et al. Avaliação da mandioca e seus resíduos industriais em substituição ao milho no desempenho de novilhas confinadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.5, n.5 p.1528-1536, 2000.

MAURICIO, R.M. et al. A semiautomated *in vitro* gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. **Animal Feed Science and Technology**, v.79, n.4, p.321-330, 1999.

MELLOTI, L. Contribuição para o estudo da composição química e valor nutritivo dos resíduos da industrialização da mandioca, *Manhiot utilíssima*, Pohl., no estado de São Paulo. **Boletim da Industria Animal**, v.29, n.2, p.339-349, 1972.

MENKE, K. H.; STEINGASS, H. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. **Animal Research Development**, v. 28, n. 1, p. 7-55, 1988.

SILVA, D.J., QUEIROZ A.C. **Análise de Alimentos: Métodos Químicos e Biológicos**. 2 ed. Viçosa: UFV. 166p. 2002.

SILVA, R. R. et al. **Resíduos de mandioca na alimentação de ruminantes**. Disponível em: [www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101005.html](http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101005.html). Acessado em: 20 de outubro de 2010.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS - SAS. **User's guide**. Version 8. 1.ed. Cary: SAS Institute, 2001. 956p.

THEODOROU, M.K. et al. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetic of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.48, n.2, p.185-197, 1994.

TERRILL, T.H. et al. Determination of extractable and bound condensed tannin concentration in forage plants, protein concentrate meals and cereal grains. **J. Sci. Food Agric.**, v. 58, 321-329. 1992.

ZEOULA, L. M. et al. 2002. Mandioca e resíduos das farinhas na alimentação de ruminantes: pH, concentração de N-NH<sub>3</sub> e eficiência microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1582-1593. Suplemento.

VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992.

## **CAPÍTULO 4 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ESTIMATIVA DA DIGESTIBILIDADE E DO VALOR ENERGÉTICO DO FENO DA PARTE AÉREA DA MANDIOCA EM DIFERENTES TEMPOS DE ARMAZENAMENTO**

RESUMO – Objetivou-se obter a composição química e estimativa da digestibilidade e do valor energético do feno da parte aérea da mandioca, em diferentes tempos de armazenamento. Para isso, foi determinada a composição bromatológica, a concentração de taninos condensados e estimados, por produção de gás, a digestibilidade, os parâmetros cinéticos da fermentação ruminal e valor energético. Houve uma redução linear dos teores de MS e de tanino solúvel com o aumento do tempo de armazenamento do feno, ao passo que os teores de PB e lignina apresentaram efeito contrário. Comportamento quadrático e cúbico foi observado para o FDN e FDA, com valores variando de 45,14 a 47,96% e de 28,71 a 36,17%, respectivamente. Efeito quadrático também foi observado para as concentrações de CNF e NIDA, com maiores concentrações para o feno com 120 dias. O aumento do tempo de armazenamento não interferiu nos teores de CNF, TL e EE, apresentando valores que variaram de 23,58 a 27,70%; 1,31 a 1,42 e 3,91 a 4,14, respectivamente. O aumento do tempo de armazenamento não influenciou no potencial máximo de produção de gás (A), REL1 e REL2. Os valores de nutrientes digestíveis totais (NDT) e valor energético (EM e ED), obtidos de dados de produção de 72h de incubação, apresentaram aumento linear com aumento do tempo de armazenamento, enquanto que a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) apresentou comportamento quadrático. A composição química e características fermentativas do feno da parte aérea da mandioca sofreram variações durante o período de armazenamento, tendo o feno recém confeccionado apresentado as melhores características químicas, contudo menores parâmetros cinéticos fermentativo, DIVMO, NDT e valor energético.

**Palavras-chave:** matéria orgânica, produção de gás, ruminantes, tanino

## Introdução

A produção de alimentos com adequado valor nutritivo e disponibilidade durante todo o ano constituem fator limitante da produção animal, devido a baixa disponibilidade e qualidade da forragem no período de seca. Uma das formas de se alterar o quadro atual é adotar alternativas de aproveitamento de resíduos da agroindústria que sejam disponíveis nesse período (FERREIRA, 2002).

A mandioca é um produto que tem ampla utilização como alimento de animais ruminantes e monogástricos, podendo ser utilizada a raiz, a parte aérea e os resíduos indústrias, como cascas, farinha de varredura e bagaço da mandioca.

A parte aérea da mandioca, principalmente a folha, apresenta elevado teor protéico. Apesar disto, é perdida no campo durante a colheita das raízes, podendo ser fornecida como alimentação para ruminantes, pois tem alto valor como forragem.

A qualidade nutricional da folhagem depende de vários fatores, como solo, idade da planta, variedade etc. Além desses fatores, que influem diretamente na qualidade do produto final, outro é a proporção entre folhas e talos. Uma maior proporção de folhas melhora a qualidade nutricional, já que os níveis de proteína e fibra nas folhas são, respectivamente, em torno de 25 % e 9 %, enquanto nos talos e pecíolos 11 % e 25 % (ALMEIDA e FERREIRA FILHO, 2005).

Um dos obstáculos do uso da parte aérea da mandioca na forma fresca é a presença de glicosídeos cianogênicos. Estes, quando degradados, geram ácido cianídrico (HCN) que podem provocar intoxicação no animal quando em concentrações superiores a de 2,4 mg de HCN/Kg de peso vivo (SOARES, 1989). Uma das formas de eliminar seu efeito é a desidratação (fenação). Aliado a isto, a fenação elimina o excesso de umidade, o que contribui para a conservação e manutenção da qualidade da forragem.

O feno da parte aérea pode ser utilizado como alimento em locais onde a distribuição de chuvas é irregular. Contudo, o armazenamento deve ser feito de forma adequada, para evitar o desenvolvimento de microrganismos e, conseqüentemente, perdas no valor nutritivo.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito do tempo de armazenamento sobre a composição química, digestibilidade e valor energético do feno da parte aérea da mandioca.

## Material e Métodos

O experimento foi realizado nos laboratórios de Nutrição Animal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo – AL e na Universidade Estadual Paulista/Campos Jaboicabal.

O feno foi confeccionado em uma propriedade pertencente à Casa de Farinha Comunitária do Povoado de Maracujá, situada no município de São Sebastião- AL. Foi utilizado o terço final da parte aérea da mandioca. O processo de fenação utilizado foi o de desidratação natural ao sol, sob lona plástica. O material, picado em forrageira, foi revolvido a cada duas horas, até atingir o ponto de feno.

Após a fenação, o material foi armazenado em sacos de ráfia (quatro repetições) e transportado para o Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, onde foi armazenado e analisado. As amostragens do feno da parte aérea da mandioca foram efetuadas em quatro tempos de armazenamento (0, 60, 90 e 120 dias).

Os percentuais de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram obtidos segundo metodologia descrita por SILVA & QUEIROZ (2002). O FDN e FDA foram determinados utilizando autoclave, no qual as amostras foram submetidas a uma pressão de 0,5 atm por 40 minutos. Em seguida, as amostras foram lavadas e secas em estufa a 105°C.

Para o cálculo de carboidratos totais (CHOT), aplicou-se a equação  $CHOT = 100 - (PB\% + EE\% + MM\%)$  descrita por Van Soest et al. (1992). Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados pela equação  $CNF = 100 - (PB\% + FDN\% + EE\% + MM\%)$ .

Os níveis de tanino condensado solúvel e ligado ao resíduo, de cada resíduo, foram determinados pelo método butanol-HCl, descrito por TERRILL et al. (1992). A concentração total em taninos condensados foi obtida pela soma das frações solúvel e ligada ao resíduo.

A produção de gases *in vitro* foi feita usando a metodologia descrita por THEODOROU et al. (1994) e modificada por MAURICIO et al. (1999), utilizando um

medidor de pressão e registrador de dados (PDL200, LANA/CENAUSP, Piracicaba/SP, Brasil).

Para medições da produção de gases foram incubadas um total de 15 garrafas por resíduo. Foram pesadas aproximadamente 0,2 g de amostra e colocadas em garrafa de vidro de 100 mL e mantidas a 39°C. Um dia antes da inoculação foi preparado o meio de cultura, que foi mantido em banho-maria a 39°C, junto com seus componentes. No dia da incubação foi adicionada ao meio uma solução contendo NaOH, sulfito de sódio e cisteína HCl, que foi mantido sob saturação constante de CO<sub>2</sub> até adição inóculo.

Para a obtenção do inóculo, foram utilizados dois ovinos machos, castrados, mestiços Dorper x Santa Inês, com peso médio de 40kg e idade média de 24 meses, fistulados no rúmen e submetidos a uma dieta a base de forragem verde (Tifton 85). O inóculo foi obtido por filtração de líquido ruminal dos animais, em jejum, em duas camadas de tecido tipo fralda. O inóculo foi mantido a uma temperatura de 39° C e a saturação de CO<sub>2</sub> durante todo o processo.

As garrafas contendo as amostra e 30 mL do meio de cultura + inóculo foram seladas e mantidas a 39°C em banho-maria. As medições dos gases foram feitas nos horários 0, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60, 72 e 96 horas pós incubação. Para os ajustes de variação foram incubadas garrafas consideradas brancas, contendo ou as soluções de incubação sem substrato ou um padrão interno (feno de Tifton 85).

O modelo de FRANCE et al. (1993), adotado para estimar os padrões da fermentação microbiana, é baseado na média da produção acumulada de gases de cada amostra e é dado por:

$$A = Af \times \left\{ 1 - e^{-[b \times (t - t_0) - c \times (\sqrt{t} - \sqrt{t_0})]} \right\}$$

Em que:  $A$  é o volume acumulado de gases produzidos até o tempo  $t$ ;  $Af$  é o volume assintótico dos gases produzidos;  $b$  e  $c$  são parâmetros do modelo; e  $t_0$  representa um tempo de colonização discreto.

A taxa de produção fracional de gases foi calculada de acordo com o modelo:

$$\mu = \frac{b + c}{2 \times \sqrt{t}}$$

Os dados de produção de gases foram ajustados pelo modelo de FRANCE et al. (1993) para estimar o tempo de colonização e a produção potencial de gases (A, assíntota de produção de gases do modelo). O procedimento não linear de SAS (2001) foi utilizado para ajustar o modelo aos dados.

Os dados de produção durante as 72h de incubação, juntamente com os níveis de PB, MM e EE foram utilizados para prever o valor energético segundo as equações preconizadas por Menke & Steingass (1988):

$$\text{DIVMO} = 14,88 + ((0,889 * \text{gás}_{72}) + (0,045 * \text{PB}_{17}) + (0,065 * \text{MM}))$$

$\text{EM (MJ/KgMS)} = 2,20 + (0,136 * \text{gás}_{72}) + (0,0057 * \text{PB}) + (0,00029 * \text{EE})$ , Onde: EM é a energia metabolizável; gás<sub>24</sub> é a produção de gás *in vitro* em 72h, em ml/0,2 gMS. Os valores de PB e EE foram expressos em g/Kg de MS. Estes valores foram posteriormente utilizados para os cálculos de ED e NDT por meio dos fatores:

$$\text{ED (Mcal/KgMS)} = \text{EM} / 0,82$$

$$\text{NDT} = \text{ED} / 4,409 * 100 \text{ (NRC, 2001)}$$

Para conversão da EM de MJ para Mcal foi utilizado o fator:

$$\text{EM (Mcal/KgMS)} = \text{EM (MJ/KgMS)} / 4,184$$

Foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado para análise bromatológica e um delineamento inteiramente casualizado com ensaios distribuídos em parcela subdividida para a produção de gás. Os dados dos parâmetros da produção de gás, DIVMO, EM, ED, NDT e composição bromatológica foram submetidas à análise de regressão ao nível de 5% de probabilidade.

## Resultados

Houve uma redução linear dos teores de MS e de tanino solúvel com o aumento do tempo de armazenamento do feno, ao passo que os teores de PB e lignina apresentaram efeito contrário. Comportamento quadrático e cúbico foi observado para o FDN e FDA, com valores variando de 45,14 a 47,96% e de 28,71 a 36,17%, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Composição bromatológica do feno da parte aérea da mandioca em diferentes tempos de armazenamento

Variáveis (%)	Tempo de Armazenamento (dias)				E. R	R <sup>2</sup> (%)	CV (%)
	0	60	90	120			
MS	91,32	90,61	90,97	90,08	Y= 91,3264 – 0,00857x	68,67	0,60
MM	6,66	6,12	6,23	5,14	Y= 6,6596 – 0,0536x + 0,00114x <sup>2</sup> – 0,000007x <sup>3</sup>	99,99	2,56
PB	17,06	18,41	18,10	17,14	Y= 17,5350 + 0,0022x	2,75	7,73
EE	4,14	3,91	3,96	3,97	Y= 3,994	-	5,77
FDN	45,14	47,96	46,69	46,04	Y= 45,2027 + 0,0735x – 0,00057x <sup>2</sup>	88,72	3,34
FDA	28,71	30,27	36,17	35,10	Y= 28,7149 + 0,4203x – 0,0099x <sup>2</sup> + 0,00006x <sup>3</sup>	99,99	6,03
LIG	11,22	11,86	12,43	13,57	Y=11,0191 + 0,0185x	90,47	4,99
NIDA <sup>1</sup>	1,65	1,59	2,51	3,81	Y= 1,6408 – 0,0186x + 0,0003x <sup>2</sup>	99,85	21,3
CHOT	72,14	71,54	71,70	73,74	Y= 72,282	-	2,13
CNF	27,00	23,58	25,01	27,70	Y= 26,9787 – 0,1153x + 0,0010x <sup>2</sup>	99,45	8,80
TS	2,44	1,94	0,75	0,41	Y= 2,5900 – 0,0178x	90,63	58,45
TL	1,31	1,38	1,42	1,34	Y= 1,361	-	9,31
TT	3,75	3,32	2,17	1,75	Y= 3,7855 – 0,0050x – 0,0001x <sup>2</sup>	94,30	32,17

Materia seca (MS); Material mineral (MM); Extrato etéreo (EE); Proteína bruta (PB); Fibra em detergente neutro (FDN); fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), Nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), Carboidratos totais (CHOT), Carboidratos não fibrosos (CNF); Tanino solúvel (TS), Tanino ligado (TL); Tanino total (TT) Coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>)

<sup>1</sup> % N total

Efeito quadrático também foi observado para as concentrações de CNF e NIDA, com maiores concentrações para o feno com 120 dias. O aumento do tempo de armazenamento não interferiu nos teores de CNF, TL e EE, apresentando valores que variaram de 23,58 a 27,70%; 1,31 a 1,42 e 3,91 a 4,14, respectivamente.

Durante as 96h de incubação, o feno recém confeccionado apresentou produção acumulada de gás (mL/gMS) inferior aos demais tempos de

armazenamento, com produção de 8,02 e 147,48 mL/gMS às 3 e 96 h de incubação, respectivamente. Os fenos com 60, 90 e 120 dias de armazenamento apresentaram produção de gás inicial de 17,37; 28,41 e 28,86 ml/gMS (3 h após incubação) e final de 169,48; 173,43 e 168,86 ml/gMS, às 96 h após incubação, respectivamente (Figura 1).

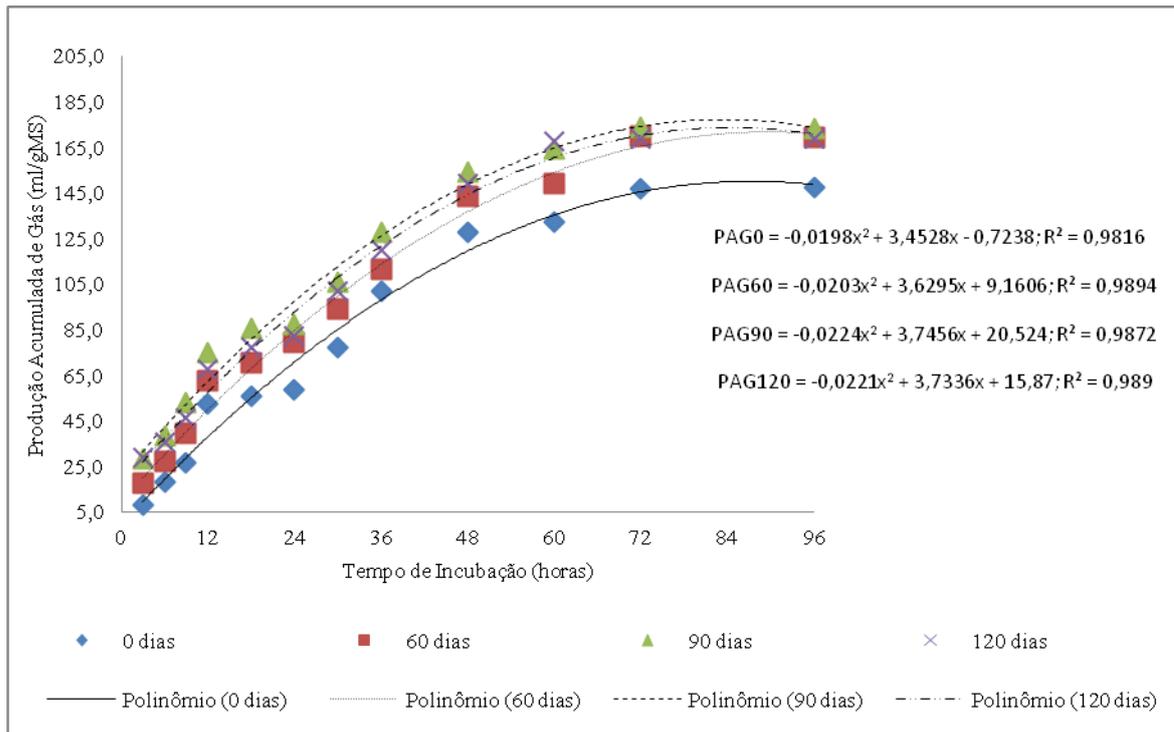


Figura 1. Produção acumulada de gás do feno da parte aérea da mandioca, em diferentes tempos de armazenamento

O aumento do tempo de armazenamento não influenciou no potencial máximo de produção de gás (A), REL1 e REL2, ficando em torno de 90 e 80%. REL1 e REL2 são parâmetros que indicam o quão próximo do A do alimento a produção de gás chegou após 96 horas de incubação e o quanto da produção de gás do alimento ocorreu nas primeiras 48 horas de incubação, respectivamente (Bueno, 2002).

A produção de gás após 48h (G48) e 96h (G96) de incubação apresentaram efeito quadrático e linear, respectivamente, sendo os menores valores observados para o feno recém confeccionado (Tabela 2).

Tabela 2 Parâmetros cinéticos da fermentação ruminal, digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO), energia metabolizável (EM), energia digestível (ED) e nutrientes digestíveis totais (NDT) do feno da parte aérea da mandioca, em diferentes tempos de armazenamento

Variáveis	Tempo de armazenamento (dias)				ER	R <sup>2</sup>	CV (%)
	0	60	90	120			
A	165,98	189,33	189,70	185,20	Y=182,56	-	9,47
L (h)	0,95	0,38	1,75	1,76	Y= 0,9477 - 0,1077x + 0,0023x <sup>2</sup> - 0,00001x <sup>3</sup>	99,99	39,59
G48	127,61	143,46	154,14	148,88	Y= 127,1242 + 0,4480x - 0,0021x <sup>2</sup>	93,45	6,29
G96	147,48	169,48	173,43	168,86	Y= 151,6030 + 0,1957x	73,04	8,28
REL 1	0,90	0,90	0,91	0,91	Y= 0,904	-	3,20
REL 2	0,87	0,85	0,89	0,88	Y= 0,873	-	6,81
DIVMO <sup>1</sup>	50,36	54,52	56,83	54,96	Y=50,2387 + 0,1240x - 0,0007x <sup>2</sup>	93,12	4,76
EM <sup>1</sup> Mcal/KgMS	1,61	1,78	1,86	1,82	Y= 1,6430 + 0,0019x	83,14	5,22
ED <sup>1</sup> Mcal/kgMS	1,97	2,17	2,27	2,22	Y= 2,0036 + 0,0023x	83,14	5,22
NDT <sup>1</sup> (%)	44,79	49,24	51,53	50,43	Y= 45,4438 + 0,0526x	83,14	5,22

A= Potencial máximo de produção de gás (ml/gMS), L=Tempo de colonização, G48=Produção de gás após 48 horas de incubação (ml/gMS), G96= Produção de gás após 96 horas de incubação (ml/gMS), REL1= Relação entre as produções de gases após 96 horas e a produção potencial de gases, REL2=Relação entre as produções de gás após 48 e 96 horas, Coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>).

<sup>1</sup> obtido de 72 h de produção de gás

O tempo de colonização apresentou comportamento cúbico com aumento do tempo de armazenamento, sendo maior para o feno com e 120 (1,76h ou 1h e 47min) dias de armazenamento, enquanto que o tempo 60 apresentou menor tempo de colonização (0,38h ou 22,8min).

Os valores de nutrientes digestíveis totais (NDT) e valor energético (EM e ED), obtidos de dados de produção de 72h de incubação, apresentaram aumento linear com aumento do tempo de armazenamento, enquanto que a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) apresentou comportamento quadrático.

A taxa fracional de produção de gases ( $\mu$ ) foi maior no feno recém confeccionado, enquanto os fenos com 90 e 120 de armazenamento apresentaram perfis semelhantes (Figura 2).

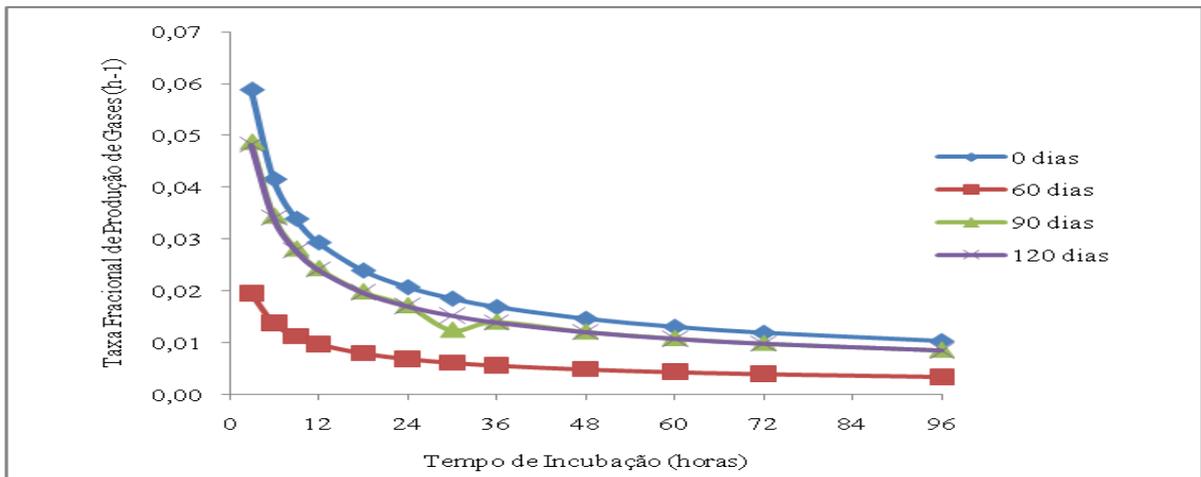


Figura 2. Taxa fracional de produção de gases do feno da parte aérea da mandioca, em diferentes tempos de armazenamento

Observou-se que o feno com 60 de armazenamento obteve a menor  $\mu$  durante todo o tempo de incubação. Os dados da Figura 2 indicam  $\mu$  de 0,059; 0,020; 0,049 e 0,048  $\text{h}^{-1}$  após 3h de incubação e após 48h de 0,015; 0,005 e 0,012; 0,012  $\text{h}^{-1}$  para os tempos 0, 60, 90 e 120 dias de armazenamento.

## Discussão

Ocorreu elevação do teor de umidade do feno, em função do aumento do tempo de armazenamento. Os valores permaneceram, contudo, dentro da faixa considerada ideal. Segundo EVANGELISTA (1987), o "ponto de feno" é alcançado quando a planta atinge teores de umidade entre 10 e 20 %. Esse percentual deve manter-se durante o período de armazenamento, a fim de evitar o desenvolvimento de microrganismos, o que resultaria em uma redução no valor nutritivo do feno.

Os altos teores de proteína observados no feno da parte aérea da mandioca, nos quatro tempos de armazenamento, indicam o potencial deste resíduo como suplemento volumoso capaz de reduzir o uso de concentrado nas dietas. Tal fato pode ser observado em ensaio feito com vacas de leite mestiças em lactação, conduzido por WANAPAT (2000b) que mostrou que o aumento dos níveis de feno da mandioca (de 0,56 para 1,70Kg/animal/dia) na ração levou a uma redução nos

níveis de concentrado, sem afetar a produção do leite. Resultados semelhantes foram observados por NGUYEN et al. (2002), ao avaliar a suplementação de vacas de leite com feno da parte aérea da mandioca.

Os teores de FDN, FDA foram baixos quando comparados com outros volumosos. CAVALCANTI et al. (2008) observou valores de 76,43 e 39,45% de FDN e FDA, respectivamente, no feno de capim tiffon 85. BISPO (2007) encontrou 80,67 e 54,81% de FDN e FDA, respectivamente, no feno do capim elefante. Isto indica que esse alimento pode ter uma boa digestibilidade da MS, pois segundo MINSON (1990) os constituintes da parede celular (representados pelo FDN, FDA e lignina) agem de forma negativa na digestibilidade, e, conseqüentemente, no consumo.

O aumento do NIDA pode estar relacionado à diminuição do teor de MS do feno durante o armazenamento. MOSER (1995) afirmou que fenos submetidos a condições adversas de armazenamento, alta umidade e calor, estão sujeitos a formação de compostos denominados produtos de reação de Maillard. A formação desses produtos promove diminuição acentuada na digestibilidade da proteína e aumento nos teores de NIDA.

A concentração de tanino condensado, observada neste trabalho, encontra-se próxima aos resultados obtidos por WANAPAT (2002), quando analisando folhas secas (4,3%) e feno da mandioca (3,9%). Segundo o autor, a fenação reduz a concentração de tanino condensado. O feno apresentou de 2-4% desse fator antinutricional, enquanto que folhas maduras, no momento da colheita da raiz, apresentam concentrações superiores a 6%. A redução da concentração em tanino condensado, em função do tempo de armazenamento do feno (de 3,75 para 1,75%), também foi observada por OLIVEIRA et al. (2008), quando estudando taninos condensados de fenos de jurema preta e marmeleiro. O mecanismo deste fenômeno ainda não é bem compreendido, mas pode estar ligado a complexação dos taninos com outras moléculas ou oxidação dos mesmos.

A produção acumulada de gás obtida de 24h de incubação foi inferior a encontrada por FERREIRA et al. (2007) (125,49 mL/gMS), ao avaliar frações do processamento da rama da mandioca. Resultado semelhante foi obtido por VELASQUEZ et al. (2009) para os capins Tanzânia (246,15 mL/gMS) e Tiffon 85

(247,61 mL/gMS) após 96h de incubação, espécies forrageiras com teores de FDN superiores (68,32 e 65,93, respectivamente) ao apresentado pelo FPAM .

As diferenças observadas na produção acumulada de gás e no A, tanto em relação à literatura citada como entre os tempos de armazenamento, pode estar relacionado as diferenças na população microbiana das garrafas durante a inoculação. Na fase sólida do conteúdo ruminal estão a maioria das bactérias celulolíticas que crescem aderidas as partículas e na fase líquida se encontram os microrganismos de vida livre, que atuam no desdobramento e fermentação dos componentes solúveis (RODRIGO & VIEIRA, 2011).

A presença de tanino também pode ter contribuído para a baixa produção de gás, DIVMO e NDT observado no feno, com destaque para o feno recém confeccionado, cuja a concentração de tanino foi mais alta do que os demais tempos.

TIEMANN et al. (2008), em estudo sobre a fermentação ruminal *in vitro* de plantas taníferas, observaram que houve redução da produção assintótica de gás (A), na degradabilidade *in vitro* da matéria seca e na concentração de ácidos graxos voláteis, assim como aumento do nitrogênio não degradado com a elevação dos níveis de tanino condensado.

O maior tempo de colonização apresentado pelos fenos com 90 e 120 de armazenamento foi, possivelmente, em decorrência do maior teor de lignina observado, se comparado com os demais tempos de armazenamento estudados. A lignina funciona como uma barreira física, impedindo a ação das enzimas microbianas que atuam na degradação da parede celular.

Os valores de DIVMO estimados a partir de dados de produção de gás de 72h de incubação, foram superiores aos encontrados por AZEVEDO et al. (2006), ao avaliar parte aérea de diferentes cultivares de mandioca, que obtiveram valores que variaram de 42,17 a 46,01%. Os mesmos autores encontram valores de NDT entre 52,88 e 54,41%.

Como pode ser observado na Figura 2 o  $\mu$  do feno com 60 dias de armazenamento foi mais baixo que o dos demais fenos. Isto ocorreu, possivelmente, devido ao menor porcentagem de conteúdo celular presente no feno com esse tempo de armazenamento (BUENO, 2002).

## Conclusões

Observou-se um aumento da concentração em lignina e NIDA, nutrientes digestíveis totais (NDT) e valor energético (EM e ED), assim como uma redução na concentração de tanino condensado solúvel e total, em função do tempo de armazenamento.

O aumento do tempo de armazenamento não influenciou no potencial máximo de produção de gás (A), REL1 e REL2

## Referências

ALMEIDA, J., FERREIRA FILHO, J.R. **Mandioca: uma boa alternativa para alimentação animal Jorge de Almeida**. Disponível em: [www.seagri.ba.gov.br](http://www.seagri.ba.gov.br). Acessado em: 24 de dezembro de 2010.

AZEVEDO et al. Silagem da parte aérea de cultivares de mandioca, **Ciência Rural**, v.36, n.6, p.1902-1908, 2008.

BISPO, S.V. **Substituição do feno de capim elefante por palma forrageira em dietas para ovinos**. 2007, 55p. Dissertação (mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE.

BUENO, I.C.S. **Cinética digestiva e síntese microbiana ruminal em ovinos alimentados com fenos de três qualidades distintas**. 2002. 97p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP

CAVALCANTI, C.V.A. et al. Palma forrageira enriquecida com uréia em substituição ao feno de capim tifton 85 em rações para vacas da raça Holandesa em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.4, p.689-693, 2008.

CONE, J.W., VAN GELDER, A.H. Influence of protein fermentation on gas production profiles. **Animal Feed Science and Technology**, 76, 251–264, 1999.

FERREIRA, A.C.H. et al. **Avaliação do valor nutritivo das silagens de capim elefante com diferentes níveis de subprodutos da indústria do suco de caju.** Disponível em: [www.neef.ufc.br/asbz02\\_4.pdf](http://www.neef.ufc.br/asbz02_4.pdf). Acessado: 15 de dezembro de 2009.

FRANCE, J.; DHANOA, M.S.; THEODOROU, M.K. A model to interpret gas accumulation profiles with "in vitro" degradation of ruminants feeds. **Journal of Theoretical Biology**, v.163, n.11, p.99-111, 1993

MAGALHÃES, K.V. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos, determinação e estimativa do valor energético de alimentos para bovinos.** (2007), 263p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa – MG.

MAURICIO, R.M. et al. A semiautomated *in vitro* gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. **Animal Feed Science and Technology**, v.79, n.4, p.321-330, 1999.

MOSER, L.E. 1995. Post-harvest physiological changes in forage plants. In: Post-harvest physiology and preservation of forages. Moore, K.J., Kral, D.M., Viney, M.K. (eds). American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin. p. 1-19.

MINSON, D.J.; McLEOD, M.N. The digestibility of temperate and tropical grass. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 11., Surfers Paradise, 1970. p. 719-22.

NGUYEN, T.T.H. et al. **Effects of initial cutting and subsequent cutting on yield and chemical composition of cassava hay and its supplementation on lactating dairy cows.** In: Proc. Agric. Conference, held at Narasuan University Pitsanuloke, Thailand. July 26-30, 2002. Pp. 36-40.

OLIVEIRA et al. Taninos condensados de fenos de Jurema preta (*Mimosa hostilis*) e marmeleiro (*Croton sonderianus*) em diferentes tempos de armazenamento. In: V

CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 2008, Aracaju. **Anais...SNPA**, 2008.

RODRIGUES, M.T.; VIEIRA, R.A.M. Metodologias aplicadas ao fracionamento de alimentos. In: BERCHIELLI, T.T; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. Nutrição de ruminantes, 2.ed. Jaboticabal: Funep, 2011. p. 29-56.

SILVA, D.J., QUEIROZ A.C. **Análise de Alimentos: Métodos Químicos e Biológicos**. 2 ed. Viçosa: UFV. 166p. 2002.

SOARES, J.G.G. **Utilização e produção de forragem de maniçoba**. In: ENCONTRO NORDESTINO DE MANIÇOBA 1, 1989. Carpina, PE. Anais... IPA, 1989 p.20-28.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS - SAS. **User's guide**. Version 8. 1.ed. Cary: SAS Institute, 2001. 956p.

THEODOROU, M.K. et al. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetic of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.48, n.2, p.185-197, 1994.

TERRILL, T.H. et al. Determination of extractable and bound condensed tannin concentration in forage plants, protein concentrate meals and cereal grains. **Journal of the Science Food and Agriculture**,v. 58, 321-329. 1992.

TIEMANN, T.T. et al. *In vitro* ruminal fermentation of tanniferous tropical plants: Plant-specific tannin effects and counteracting efficiency of PEG. **Animal Feed Science and Technology**,

WANAPAT M. et al. **Cassava hay: an important on-farm feed for ruminants**. In Proc. International Workshop on Tannins in Livestock and Human Nutrition (Ed. J D Brooker), ACIAR Proc. No. 92, p. 71-74.

WANAPAT, M. 2002. **Role of cassava hay as animal feed in the tropics.**

Disponível em:

[http://webapp.ciat.cgiar.org/asia\\_cassava/pdf/proceedings\\_workshop\\_02/504.pdf](http://webapp.ciat.cgiar.org/asia_cassava/pdf/proceedings_workshop_02/504.pdf).

Acessado em: 16 de dezembro de 2010.

WANAPAT, M.; PURAMONGKON, T.; SIPHUAK, W. Feeding of cassava hay for lactating dairy cows. **Aian-Aust. J. Anim. Sci.** 13: 478-482. 2000.

VELÁSQUEZ, P.A.T. Cinética da fermentação e taxas de degradação de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte estimadas pela técnica de produção de gases *in vitro*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p.1695-1705, 2009.

## CAPÍTULO 5 – IMPLICAÇÕES

Baseados nos resultados obtidos, os resíduos analisados podem ser indicados como fonte alternativa de alimento para ruminantes, principalmente em locais onde são produzidos em quantidades suficientes. Contudo, alguns resíduos apresentam altos teores de umidade, havendo necessidade de pesquisas que indiquem a melhor forma de armazenamento, sem influenciar a qualidade nutritiva dos mesmos.

A técnica de produção de gás *in vitro* permitiu predizer o valor nutritivo dos resíduos, em menor tempo e com menor custo quando comparada com a técnica *in vivo*. Contudo, ainda são necessários estudos que determinem os níveis de inclusão desses resíduos na dieta, assim como, sua influência sobre o consumo e desempenho animal.

Vale ressaltar a necessidade de pesquisas que tenham como fonte de estudo as variações entre as cultivares, locais de plantio, idade de colheita para melhor fornecimento de dados e obtenção de parte aérea com melhor produtividade e qualidade nutricional sem afetar a produção da raiz.