

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS

SILAGEM DE RESÍDUOS DA CADEIA PRODUTIVA DA  
MANDIOCA COMO FONTE ALIMENTAR DE  
RUMINANTES

Autor: Leones Costa dos Santos  
Orientador: Prof. Dr. Willian Gonçalves do Nascimento

GARANHUNS  
Estado de Pernambuco  
agosto -2013

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS

SILAGEM DE RESÍDUOS DA CADEIA PRODUTIVA DA  
MANDIOCA COMO FONTE ALIMENTAR DE  
RUMINANTES

Autor: Leones Costa dos Santos  
Orientador: Prof. Dr. Willian Gonçalves do Nascimento

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS, no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens da Universidade Federal Rural de Pernambuco - Área de Concentração: Produção de Ruminantes

GARANHUNS  
Estado de Pernambuco  
agosto - 2013

*"Não deixe que a amargura brote em seu coração. Pois ela contamina você e você contamina todas as pessoas que vivem com você. Não se torne como uma planta amarga que cresce e prejudica muita gente com o seu veneno."*

*Trecho da Carta de Paulo aos Hebreus  
(Linguagem de hoje)*

Aos meus Pais,  
Antônio José Silva dos Santos & Zelzita Costa dos Santos

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

AO SENHOR DEUS, pela vida, por mais esta oportunidade e formação acadêmica: OBRIGADO PAI POR TUDO!!

Aos meus pais, Antônio José Silva dos Santos & Zelzita Costa dos Santos por sempre acreditarem em mim, pelo apoio, força, incentivo, pelo amor e pelas orações.

Ao meu orientador Willian Gonçalves do Nascimento, pelo apoio, pela paciência, disposição, compreensão, ensinamentos e orientação durante todo curso: Valeu “Pai” Científico!!

Às minhas co-orientadoras Marcia Mourão e Karla Andrade pelo apoio e contribuição.

Aos membros da banca pela disposição e colaboração: Prof<sup>a</sup>. Marcia Mourão, Prof. André Luiz Magalhães, Prof. Omer Cavalcanti de Almeida.

Aos professores com os quais tive a oportunidade de conviver no período do mestrado, Dulciene Karla, Willian Gonçalves, Carlos Ribeiro, André Magalhães, Geane Dias, Omer Almeida e aos demais professores vinculados ao PPGCAP, que contribuíram para o meu crescimento profissional.

A equipe de trabalho Gécica Solanna, Italvan Milfont, Ana Gisele, Angélica Valsoní e Hélio Arcanjo, muito obrigado por tudo sem a contribuição de vocês nada disso teria existido.

Aos amigos Hélio Arcanjo, Erickson Feitosa, Francisco Martins, Fábiana Simone, Claudia Tenório, Diana Rocha (Di), pela contribuição nesse trabalho. Além disso, aos momentos que dividimos juntos. Valeu mesmo, pelos incríveis momentos de muita descontração, momentos fundamentais para tornar mais alegre a permanência longe dos amigos de longa data e da família.

A minha namorada, Ana Lucia Vanderley, pelo amor, carinho compreensão e pela ajuda principalmente nessa reta final.

Aos amigos de república José Ribamar e Daurivane Rodrigues, pelo bom convívio durante o período do mestrado.

Aos meus amigos da pós-graduação, Fábiana Simone, Carolina Monteiro, Jucelane Lima, Luciana Vilaça, José Arthur, Jadilson Silva, João Tiago, Stephany dos Santos, Helton Gregory, Liberato Lins, Ricardo Pierre, Nathália de Medeiros, Kelly Cristina, Daurivane Sousa, Carlos Eduardo, Diana Rocha, Gleidiana Amélia (Amelinha), Francisco Martins de Castro, José Ribamar (Júnior), Janieire Dorlamis, Hélio Arcanjo, Wilma Cristina, Marla de Oliveira, e a todos os demais que conviveram comigo durante todo esse período.

Ao senhor Cláudio e a Rose pela receptividade e demais funcionários da UAG pela contribuição e apoio.

A minha amiga do trabalho Eng.<sup>a</sup> Agr.<sup>a</sup> Tatiana Trovão da Secretaria Municipal de Agricultura Pesca e Abastecimento SEMAPA/Paço do Lumiar-MA pelo apoio.

A Fundação de Apoio à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco FACEPE pelo apoio e financiamento do Projeto.

A CAPES e a todos os brasileiros que contribuem direta e indiretamente para educação pública deste país.

## BIOGRAFIA

LEONES COSTA DOS SANTOS, filho de Antônio José Silva dos Santos e Zelzita Costa dos Santos nasceu em São Luís do Maranhão em 1º de julho de 1987.

Ingressou no curso de Zootecnia no ano de 2006, na Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais CCAA/UFMA, obtendo o título de Bacharel em Zootecnia em 10 de Janeiro de 2011.

Entre os anos de 2009 a 2010 foi bolsista de iniciação científica pela Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA.

Em agosto de 2011, iniciou o curso de Mestrado em Ciência Animal e Pastagens pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns – UFRPE/UAG, concentrando seus estudos na área de Produção de Ruminantes.

No dia 26 de Agosto de 2013, submeteu-se a banca para defesa da dissertação e obtenção do título de Mestre em Ciência Animal e Pastagens.

## ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS .....	ix
LISTA DE FIGURAS .....	xi
TABELAS DOS APÊNDICES.....	xii
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xv
INTRODUÇÃO GERAL.....	16
REVISÃO DE LITERATURA .....	18
1.1 Aspectos gerais da cadeia produtiva da mandioca.....	18
1.2 Caracterização bromatológica da mandioca .....	19
1.3 Utilização dos resíduos da mandiocultura na alimentação de ruminantes .....	20
1.4 Conservação de forragens.....	21
1.5 Degradabilidade <i>in situ</i> .....	23
CITAÇÃO BIBLIOGRÁFICA .....	24
OBJETIVOS GERAIS .....	28
CAPÍTULO I .....	29
<b>Composição bromatológica e degradabilidade ruminal da silagem de resíduos da mandioca.....</b>	<b>30</b>



<b>Introdução</b> .....	31
<b>Material e Métodos</b> .....	32
<b>Resultados e Discussão</b> .....	36
<b>Conclusão</b> .....	45
<b>Referências</b> .....	45
<b>CAPÍTULO II</b> .....	55
<b>Composição bromatológica e degradabilidade ruminal da silagem de mandioca com 90 dias de armazenamento</b> .....	56
<b>Introdução</b> .....	57
<b>Material e Métodos</b> .....	58
<b>Resultados e Discussão</b> .....	62
<b>Conclusão</b> .....	69
<b>Referências</b> .....	69
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	78
<b>APÊNDICES</b> .....	79

## LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1. Composição bromatológica da raiz e da parte aérea da mandioca.....	19
TABELA 2. Composição química dos subprodutos da mandioca.....	20
 CAPÍTULO I	
TABELA 1. Composição química bromatológica (g/kg MS) e energética dos ingredientes <i>in natura</i> utilizados para a confecção da silagem.....	51
TABELA 2. Composição química bromatológica (g/kg MS) da silagem das folhas (terço superior) da mandioca acrescida da casca com 60 dias de armazenamento.....	51
TABELA 3. Composição energética (Mcal/kg) da silagem de folhas da mandioca acrescida da casca com tempo de armazenamento de 60 dias.....	52
TABELA 4. Frações da proteína (g da proteína bruta total) da silagem do terço superior da parte aérea a mandioca acrescidas da casca com 60 dias de armazenamento.....	52
TABELA 5. Frações dos carboidratos da silagem do terço superior da parte aérea da mandioca acrescidas da casca com 60 dias de armazenamento.....	52
TABELA 6. Valores médios de temperatura, pH, N-NH <sub>3</sub> e estabilidade aeróbica da silagem das folhas do terço superior da parte aérea da mandioca acrescida da casca com tempo de armazenamento de 60 dias.....	52

TABELA 7. Perdas por gases, recuperação de matéria seca e composição mineral da silagem das folhas da mandioca acrescida da casca com 60 dias de armazenamento.....	53
TABELA 8 Fração solúvel (a), potencialmente degradável (b), taxa de degradação(c), degradabilidade potencial e degradabilidade efetiva (DE) da MS e FDN para as taxas de passagem de 2; 5 e 8 %/h da silagem das folhas da mandioca acrescida da casca em diferentes proporções.....	53
CAPÍTULO II	
TABELA 1. Composição química bromatológica (g/kg MS) e energética dos ingredientes <i>in natura</i> utilizados para a confecção da silagem.....	74
TABELA 2. Composição química da silagem das folhas (terço superior) de mandioca acrescida da casca com 90 dias de armazenamento.....	74
TABELA 3. Composição energética (Mcal/kg) da silagem das folhas (terço superior) da mandioca acrescida da casca com tempo de armazenamento de 90 dias.....	74
TABELA 4. Fracionamento da proteína da silagem do terço superior da mandioca acrescida da casca de mandioca armazenada em silo por 90 dias.....	75
TABELA 5. Fracionamento dos carboidratos da silagem do terço superior da mandioca acrescidas da casca e armazenadas por 90 dias.....	75
TABELA 6. Valores de temperatura, pH, estabilidade, capacidade tampão e N-NH <sub>3</sub> da silagem da parte aérea da mandioca acrescida da casca armazenada por 90 dias.....	75
TABELA 7. Valores das perdas por gases, densidade, recuperação de matéria seca, minerais da silagem da parte aérea de mandioca acrescida da casca armazenado por 90 dias.....	75
TABELA 8. Fração solúvel (a), potencialmente degradável (b), taxa de degradação(c), degradabilidade potencial (DP) e degradabilidade efetiva (DE) da MS e FDN para taxas de passagem de 2; 5 e 8 %/h da silagem das folhas da mandioca acrescida da casca em diferentes proporções com 90 dias de armazenamento.....	76

## LISTA DE FIGURAS

	Página
CAPÍTULO I	
FIGURA 1. Curva de degradação potencialmente degradável da MS (A) e da FDN (B) da silagem do terço superior da mandioca acrescida com a casca da raiz de mandioca com 60 dias de armazenamento.....	54
CAPÍTULO II	
FIGURA 1. Curva de degradação potencialmente degradável da MS (A) e da FDN (B) da silagem do terço superior da mandioca acrescida da casca da raiz de mandioca com 90 dias de armazenamento.....	77

## TABELAS DOS APÊNDICES

	Página
TABELA 1A Composição química bromatológica (g/kg MS) e energética dos ingredientes <i>in natura</i> utilizados para a confecção da silagem.....	80
TABELA 2A. Dados da composição química bromatológica, energética, fracionamento de carboidrato e proteína da silagem das folhas da mandioca acrescida da casca com 60 de armazenamento.....	86
TABELA 3A. Dados da composição química bromatológica, energética, fracionamento de carboidrato e proteína da silagem das folhas da mandioca acrescida da casca com 90 de armazenamento.....	89
TABELA 4A. Perda por gases, recuperação da MS, estabilidade aeróbica, capacidade tampão, N-NH <sub>3</sub> e composição mineral da silagem das folhas de mandioca acrescida da casca com 60 e 90 dias de armazenamento.....	92
TABELA 5A. Valores do pH nas silagens das folhas de mandioca acrescida da casca com tempo 60 e 90 dias de armazenamento.....	93
TABELA 1.B Degradabilidade <i>in situ</i> da MS da silagem das folhas da mandioca acrescida da casca com tempo de armazenamento de 60 e 90 dias.....	98
TABELA 2.B Degradabilidade <i>in situ</i> da FDN da silagem de folhas de mandioca acrescida da casca com tempo de armazenamento de 60 e 90 dias.....	113

## RESUMO

A técnica de conservação de forragem tem sido adotada para suprir a escassez de alimentos, para uso na alimentação dos rebanhos, principalmente durante o período seco. Objetivou-se avaliar a qualidade da silagem do terço superior da mandioca acrescida com diferentes níveis de inclusão da casca da mandioca em tempos de armazenamento diferentes (60 e 90 dias). O material foi ensilado em 30 silos experimentais confeccionados em tubo de PVC. A casca de mandioca foi adicionada ao material no momento da ensilagem, com base na matéria natural, sendo nos seguintes níveis: 0,0 g/kg (T1); 100,0 g/kg (T2); 200,0 g/kg (T3); 300,0 g/kg (T4) e 400,0 g/kg (T5) de inclusão da casca de mandioca. Os silos foram abertos após 60 e 90 dias da data da ensilagem. Foi determinada a composição química-bromatológica da silagem, o fracionamento da proteína e carboidratos e o estudo cinética de degradação através da técnica da degradabilidade *in situ*. A inclusão da casca de mandioca ao ser incorporada nas silagens do terço superior da parte aérea da mandioca aumentou o teor de matéria seca das silagens. Entretanto, os teores da proteína diminuíram linearmente com a inclusão da casca de mandioca, assim como as fibras e as frações indigestíveis da proteína e dos carboidratos. Ao analisar a curva da degradabilidade potencial das silagens com 60 dias de armazenamento foram observados maiores valores para os tratamentos 300 e 400 g/kg logo nos tempos iniciais de incubação e menores valores para o tratamento sem a adição da casca. No tocante a degradabilidade efetiva da MS e FDN das silagens com 90 dias de armazenamento, verificou-se que o tratamento com 400g/kg de inclusão de casca foi o que apresentou a maior degradabilidade para as taxas de passagem 2% 5% 8%, como consequência da maior quantidade de carboidratos não fibrosos. Logo as silagens do terço superior de mandioca apresentaram boa qualidade

fermentativa e nutricional com tempo de armazenamento de 60 e 90 dias com níveis de inclusão de 300 e 400 g/kg de casca.

## ABSTRACT

The technique of forage conservation has been adopted to address the shortage of food for use in feed for livestock, especially during the dry season . This study aimed to assess the quality of silage upper third of cassava increased with different inclusion levels of cassava peel in different storage times ( 60 and 90 days ) . The material was ensiled in 30 experimental silos made of PVC pipe . The cassava peel was added to the material at the time of ensiling , based on natural matter , with the following levels : 0.0 g / kg (T1), 100.0 g / kg (T2), 200.0 g / kg (T3), 300.0 g / kg (T4) and 400.0 g / kg (T5) inclusion of cassava peel . The silos were opened after 60 and 90 days of ensiling . We determined the chemical composition - bromatological , the fractionation of protein and carbohydrates and degradation kinetics study using the technique of in situ . The inclusion of cassava peel silage to be incorporated in the upper third of the aerial part of cassava increased the dry matter content of the silage . However , protein levels decreased linearly as the inclusion of cassava peel , as well as fiber and indigestible fractions of protein and carbohydrates . By analyzing the curve of the potential degradability of silages with 60 days of storage showed higher values for treatments 300 and 400 g / kg immediately at the initial time of incubation and lower values for the treatment without the addition of the shell. Regarding the effective degradability of DM and NDF of silages with 90 days of storage, it was found that treatment with 400g/kg of hulls showed the most degradability pass rates 2 % 5 % 8 % as a consequence of the greater amount of non-fiber carbohydrates . Soon silages upper third cassava showed good fermentation quality and nutrition and the storage time of 60 and 90 days with inclusion levels of 300 and 400 g / kg of bark.



## INTRODUÇÃO GERAL

O território do Agreste Meridional está geograficamente localizado na Mesorregião do Agreste e do Sertão Pernambucano, sendo uma região intermediária entre a Zona Mata e o Sertão, com área total de 13.153 km<sup>2</sup> e envolve as Microrregiões do Vale do Ipanema, Vale do Ipojuca, Garanhuns e Sertão do Moxotó (MDA, 2011). O clima e o relevo são alguns dos maiores diferenciais desse território em relação às demais regiões do estado, propiciando, além da diversidade de cultivos, a atividade pecuária.

Nesta região, a bovinocultura leiteira e a caprinovinocultura são algumas das principais atividades, desenvolvidas tanto por grandes e médios produtores quanto por agricultores familiares. Assim como nas demais regiões do Brasil, essas atividades são desenvolvidas predominantemente a pasto, sendo também afetadas pela estacionalidade das chuvas, o que resulta em queda na produção dos rebanhos principalmente no período seco.

Todavia, se têm adotado alternativas para suprir a falta de alimentos durante esse período, como por exemplo, a conservação de forragens, através do uso de silagens e/ou fenos. Uma dessas alternativas é a cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), tradicionalmente cultivada em países de clima tropical para ser utilizada como fonte de alimentos principalmente humanos. Também se tem observado a sua utilização e de seus subprodutos (resíduos agroindustriais) na alimentação dos animais ruminantes.

Em Pernambuco, a produção de mandioca se concentra na região do Agreste e ocupa aproximadamente 32.200 ha de área colhida com produtividade média de 11 t/ha, sendo a microrregião de Garanhuns responsável por 176.170 toneladas de raízes/ano (IBGE, 2011). Na região, a cultura se destina à indústria de farinha e fécula, gerando grandes quantidades de resíduos.

Ao se efetuar a colheita das raízes de mandioca para fabricação da farinha e outros produtos alimentares, as ramas são geralmente descartadas no campo, podendo contribuir como boa fonte de volumoso na alimentação de ruminantes. Este material pode ser usado na forma fresca, ensilada ou na forma de feno, e sua produção pode representar em o equivalente em peso a 80% do total de produção da raiz (Leonel, 2001). Além de suprir a falta de alimento em épocas críticas do ano, também se dá um destino ecologicamente correto aos resíduos gerados pela atividade da mandiocultura.

De acordo com Van Soest, (1994) podem existir diferenças na composição química e nas taxas de degradação dos alimentos produzidos em regiões de clima tropicais em comparação àqueles produzidos em regiões de clima temperado. Logo, torna-se importante avaliar as forrageiras tropicais, principalmente os resíduos com potencial para a alimentação dos animais ruminantes.

## REVISÃO DE LITERATURA

### 1.1 Aspectos gerais da cadeia produtiva da mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é originária da América do Sul e pertencente à família Euphorbiaceae conhecida também como mandioca, macaxeira e aipim. Constitui um dos principais alimentos energéticos, utilizados para alimentação humana, sobretudo nos países em desenvolvimento, onde é cultivada na maioria das vezes em pequenas áreas com baixo nível tecnológico (EMBRAPA, 2012).

É uma cultura de clima árido, possuindo habilidade de crescer em solos pobres, relativamente tolerantes a infestação de ervas daninhas e ao ataque de insetos (Paiva, 1994), sendo dessa forma tolerante a seca e adaptada às mais variadas condições de clima e solo. Todavia, não é recomendável o plantio em solos argilosos e cultivos sucessivos na mesma área.

Por ser uma planta semi-perene, ela pode crescer sofrendo alterações em cada estágio fisiológico, provocado por várias condições climáticas. De acordo com Alves (2006), essa planta apresenta cinco fases fisiológicas: 1) emergência: de cinco a quinze dias após o plantio, ocorrendo os primeiros brotos seguidos pelos aparecimentos de folhas; 2) desenvolvimento foliar e sistema radicular: de quinze a noventa dias; 3) desenvolvimento de ramos e folhas (estabelecimento da copa), ocorrendo de 90 a 180 dias; 4) translocação de carboidratos para as raízes: de 180 a 300 dias após o plantio, 5) a fase de dormência: de 300 dias em diante, quando a taxa de produção de folhas torna-se reduzida.

Além disso, sob o ponto de vista agrônomo as variedades exploradas podem ser classificadas em: 1) mansa ou de “mesa” – quando o teor de ácido cianídrico não

ultrapassa 50 mg/kg de raiz fresca e geralmente é comercializada na forma *in natura*; 2) brava ou para a indústria – quando o teor de ácido cianídrico é superior a 100 mg/kg de raiz fresca. Esta é transformada principalmente em farinha, que tem uso essencialmente alimentar, e em fécula que, junto com os seus produtos derivados, têm competitividade crescente no mercado de amiláceos para a alimentação humana, ou como insumos em diversos ramos industriais (Mattos & Cardoso, 2003; Almeida & Ferreira Filho, 2005).

## 1.2 Caracterização bromatológica da mandioca

O terço superior da parte aérea da rama da mandioca pode ser utilizada tanto na alimentação humana quanto na alimentação animal. Suas folhas são ricas em vários nutrientes, principalmente em proteínas, chegando a possuir até 28% de proteína bruta (Valadares Filho et al., 2006).

A parte aérea da mandioca caracteriza-se por apresentar maiores teores de carboidratos estruturais e proteína, enquanto as raízes apresentam elevados teores de carboidratos não estruturais. Desta forma, a parte aérea pode ser considerada um volumoso relativamente rico em proteínas e com níveis apreciáveis de carboidratos não estruturais (Marques & Caldas Neto, 2002), podendo ser utilizada na forma fresca e/ou conservada, com composição bromatológica variável (Tabela 1).

**Tabela 1** - Composição bromatológica da raiz e da parte aérea da mandioca

Alimento	MS	PB	EE	MO	FDN	FDA	NDT
	(g/kgMS)						
Raiz fresca <sup>1</sup>	350,0	12,00	4,0	-	-	-	-
Parte aérea <sup>1</sup>	259,0	149,0	26,0	-	425,0	-	-
<sup>1,5</sup> Silagem da parte aérea	119,0	107,4	29,0	-	488,0	437,5	505,7
<sup>2,3,5</sup> Silagem do terço superior da rama	252,0	194,0	42,0	924,0	507,0	408,0	587,0
<sup>4</sup> Feno terço superior	889,0	140,0	52,0	926,0	742,0	450,0	-

MS - matéria seca (g/kg MN); PB- proteína bruta; EE- extrato etéreo; MO- matéria orgânica; FDN- fibra em detergente neutro; FDA- fibra em detergente ácido; NDT- nutrientes digestíveis totais. Informações adaptadas de <sup>1</sup>Almeida & Ferreira Filho (2005); <sup>2</sup>Modesto et al., (2004), <sup>3</sup>Modesto et al., (2008); <sup>4</sup>Valadares Filho (2000), <sup>5</sup>Valadares Filho et al.,(2006).

Os subprodutos da industrialização da mandioca são partes constituintes da própria planta, gerados em função do processamento industrial ou tecnológico adotado, que geralmente se assemelham às raízes em termos de composição química por apresentarem elevados teores de carboidratos não estruturais (Caldas Neto et al., 2000),

podendo a qualidade variar em função de uma série de fatores como, cultivar, idade da planta e tempo após a colheita (Cereda, 1994) e o teor de impurezas.

A casca da mandioca é um dos resíduos da raiz oriunda do processamento da mandioca nas indústrias, constituída por casca branca ou marrom, entrecasca, cepas e pontas de raiz, apresenta altos teores de FDN e FDA (Tabela 2). Entretanto, tanto a casca da mandioca, como a raspa (raiz integral da mandioca picada), obtidas durante o processamento das raízes, deve ser seca ao ar antes de ser incorporada às rações, porá que dessa forma elimine problemas relacionados à conservação e toxidez.

**Tabela 2.-** Composição química dos subprodutos da mandioca

Ingrediente	MS	PB	MO	FDN	FDA	Amido
	(g/kg MS)					
Casca	892,0	37,0	978,0	286,0	204,0	480,0
Raspa	887,0	36,0	964,0	85,0	57,0	825,0
Farinha de Varredura	913,0	12,0	987,0	73,0	55,0	848,0

MS - matéria seca (g/kg MN); PB- proteína bruta; MO- matéria orgânica; FDN- fibra em detergente neutro; FDA- fibra em detergente ácido.

Adaptado de Marques et al., (2000).

A farinha de varredura é o subproduto da indústria da mandioca formada pela farinha desclassificada para o consumo humano, sendo resultante da limpeza da indústria (Marques et al., 2000). Este subproduto, em geral, é o que existe em menor quantidade, por estar diretamente relacionado ao nível tecnológico adotado pela indústria na produção de farinha. A farinha de varredura apresenta baixos teores de FDN e FDA e elevado teor de amido em decorrência de ser constituída basicamente pela polpa da raiz, onde se concentra o maior teor de amido e menores teores de carboidratos estruturais.

### 1.3 Utilização dos resíduos da mandiocultura na alimentação de ruminantes

O uso da mandioca e seus subprodutos na alimentação de ruminantes têm sido praticados principalmente nas regiões produtoras desta planta. Como exemplo, a substituição do milho pelo resíduo úmido da extração da fécula de mandioca em dietas de novilhos, em que não houve influência sobre as variáveis estudadas por Abraão et al.(2005). Estes autores concluíram que a utilização deste subproduto na produção de carne pode representar vantagem competitiva para os produtores do setor, por permitir redução nos custos com a alimentação.

Ao avaliar o desempenho de novilhas leiteiras (Holandês X Zebu) alimentadas com silagem de capim-elefante com adição de bagaço de mandioca em diferentes níveis 5, 10, 15 e 20% de inclusão, Silva et al. (2006) concluíram que a inclusão de 5% de bagaço de mandioca à silagem de capim-elefante foi satisfatória, visto que proporcionou bom consumo e desempenho animal, não havendo a necessidade da adição do bagaço da mandioca em níveis mais elevados.

A substituição da silagem de milho pela silagem do terço superior da rama de mandioca em até 60% é uma prática que pode ser adotada na alimentação de vacas em lactação. Modesto et al. (2009) quando substituíram a silagem de milho pela silagem do terço superior da rama de mandioca em níveis de 20, 40 e 60% não observaram diferenças no consumo e na digestibilidade. Além disso, não observaram diferenças na produção de leite, nos teores de gordura, proteína, lactose, sólidos totais, contagem de células somáticas, ureia e na acidez do leite.

Para vacas não lactantes, Modesto et al. (2008) observaram que a substituição da silagem de milho pela silagem da rama de mandioca (20, 40 ou 60%), pode ser preconizada, pois não modifica o consumo, os parâmetros ruminais e a digestibilidade da matéria seca.

Em pequenos ruminantes, Farias et al. (2011) avaliaram o efeito do processamento da casca da mandioca, úmida triturada e hidrolisada com 0,5% de cal virgem (óxido de cálcio - CaO), na alimentação de ovinos e observaram um efeito positivo em relação ao ganho em peso (150 g/dia).

Pires et al. (2009) avaliaram o comportamento ingestivo de ovinos alimentados com a silagem de capim elefante com diferentes aditivos e observaram que o consumo de matéria seca, a eficiências de alimentação (g de MS e de FDN/hora) e ruminação (g MS/hora) foram maiores nos animais alimentados com a silagem contendo 15% do farelo de mandioca, o que indica que esse subproduto é um bom aditivo para a utilização na ensilagem de gramíneas.

#### 1.4 Conservação de forragens

A pecuária brasileira se baseia em sua quase totalidade na utilização das pastagens. Entretanto, os sistemas de produção de ruminantes a pasto apresentam baixa produtividade em determinada época. Essa queda na produtividade de acordo com

Pereira et al. (2006) dos animais mantidos em pastagens, resultando em períodos de safra e entressafra de produtos de origem animal. Devido a grande disponibilidade quantitativa e qualitativa de forragem, alternando-se com período em que o crescimento da planta é reduzido, em resposta às alterações climáticas.

Nesse contexto, a conservação de forragens na forma de feno e/ou silagem tem se destacado como técnicas visando minimizar os problemas ocasionados pela estacionalidade da produção de forragem. Paralelamente, a busca por alimentos alternativos para suprir a falta de alimento para os animais nos períodos críticos do ano tem sido estudada por diversos autores (Pereira et al.,1999; Modesto., 2004; Ferreira et al.,2007).

Neste cenário, os resíduos (subprodutos) da mandioca surgem como uma alternativa para a alimentação de ruminantes, principalmente na forma de silagem (Modesto et al., 2004). A tecnologia da ensilagem da mandioca também deve seguir o mesmo princípio da fermentação anaeróbica utilizada para a conservação de qualquer forrageira. O sucesso na produção de qualquer silagem de boa qualidade se fundamenta na observação de alguns pontos, como por exemplo, o momento certo da colheita do material a ser ensilado, o tamanho médio de partícula, da compactação da massa material e o do fechamento do silo.

Além disso, algumas recomendações práticas quanto ao teor de MS são indicadas para a silagem, em revisão realizada por Nussio et al. (2001) o ponto ideal de matéria seca para a colheita estaria em torno de 33 a 37%. O material colhido com baixos teores de matéria seca favorece o crescimento de bactérias do gênero *Clostridium*,cujos produtos finais são acetato, butirato, acetona e isopropanol.

Estas bactérias podem ser divididas em sacarolíticas (*Clostridium tyrobutiricum*), que produzem ácidos butírico a partir da fermentação de açúcares e ácido láctico; proteolíticas (*Clostridium sporogenes*) que degradam aminoácidos, formando amônia e aminas e sácaro-proteolíticas (*Clostridium perfringens*) que promovem tanto fermentação quanto proteólise e conseqüentemente, a produção do nitrogênio amoniacal. Com isso, a silagem perde valor nutricional (Santos et al., 2012). O crescimento dessas bactérias ocorre em teores de umidade acima de 72% e pH em torno de 5,5 (McDonald, et al., 1991).

Segundo Nussio et al. (2001) silagens com alto teor de umidade demoram a se estabilizar, o que permite o crescimento dos clostrídios e outras bactérias indesejáveis que produzem os ácidos orgânicos de baixo poder ionizante, que retardarão a

estabilização do pH em valores entre 3,6 e 4,2. Dessa forma ocorre o consumo dos carboidratos solúveis que seriam potencialmente utilizados para a fermentação láctica. Azevedo et al., (2006) utilizando silagem de três variedades de mandioca (“Frita”, “S 60-10” e “Fepagro RS 13”) registraram de pH variando de 3,9 a 4,1 o que pode ser classificado satisfatório de acordo com McDonald et al. (1991) e Borges et al. (1997), ratificando o uso dessa cultura na conservação de forragem.

### 1.5 Degradabilidade *in situ*

Conhecer o valor nutricional dos alimentos que compõem a dieta dos animais permite fazer adequação em suas dietas, que aperfeiçoe o desempenho produtivo e reduza os custos de produção, bem como as perdas energéticas e de compostos nitrogenados associados à digestão e ao metabolismo dos nutrientes (Cabral, 2005). Os alimentos volumosos apresentam grande variação em sua composição e na taxa de degradação de seus componentes, conforme a espécie forrageira, a idade da planta, a época do ano, a adubação do solo e o manejo empregado. Desta forma o uso de metodologias que possibilitem fornecer informações a respeito dos ingredientes utilizados na alimentação animal, tem sido cada vez mais trabalhadas.

Um dos métodos para avaliar os alimentos é a técnica *in situ*, também denominada técnica do saco de náilon, dacron, poliéster, ou degradabilidade em saco ou *in situ*. Essa técnica propicia uma estimativa rápida e simples da degradação dos nutrientes no rúmen além de permitir a cinética de degradação (Meherz & Ørskov, 1977). Essa metodologia se baseia no desaparecimento da amostra de alimento acondicionada em sacos de material resistente ao ataque de microrganismos ruminais, incubados no rúmen por diferentes tempos.

Apesar de não sofrer os efeitos da mastigação e usar animais canulados no rúmen, esse método apresenta como vantagem o fato do processo de degradação ocorrer em condições reais do rúmen. De acordo com Nozière & Doreau (2000) a técnica *in situ* tem sido utilizada em estudos de desaparecimento da fração nitrogenada da amostra, como também, na descrição da cinética de degradação de outros componentes da dieta, como o amido e os carboidratos estruturais.

Essa metodologia também possibilita observar dados sobre a cinética da degradação do alimento, retratada por curvas de desaparecimento de cada fração do alimento. Além disso, os modelos propostos por Ørskov & McDonald (1979) permitem



obter valores da degradabilidade potencial, degradabilidade efetiva e das taxas de degradação.

### CITAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

ABRAHÃO, J.J.S; PRADO, I. N.; PEROTTO, D.; MOLETTA, J. L. Características de Carcaças e da Carne de Tourinhos Submetidos a Dietas com Diferentes Níveis de Substituição do Milho por Resíduo Úmido da Extração da Fécula de Mandioca, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34,n.5,p.1640-1650, 2005.

ALMEIDA, J.; FERREIRA FILHO, J.R. Mandioca: uma boa alternativa para alimentação animal. **Revista Bahia Agrícola**, v.7,n.01, p.50-56, 2005.

ALVES, C.A.A., Fisiologia da mandioca, In: SOUZA, L.S.; FARIAS, A.R.N.; MATTOS, P.L.P. **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. 1. Ed. Embrapa 2006. cap. 7 ; p.139-162.

AZEVEDO, E. B.; NORNBORG, J. L.; KESSLER, J. D.; DIEGO, G. B.; DAVID, D. B.; FALKENBERG, J. R.; CHIELLE, Z. G. Silagem da parte aérea de cultivares de mandioca. **Ciências Rural**, v.36, p.1902-1908, 2006.

BORGES, A. L. C. C; GONÇALVES, L. C; RODRIGUEZ, N. M; ZAGO, C. P; SAMPAIO, I. B. M. Qualidade da silagem de híbridos de sorgo de porte alto, com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.49, n.44, p.441-452, 1997.

CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; ZERVOUDAKIS, J.T. Degradabilidade em situ da matéria seca da proteína bruta e da fibra de alguns alimentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40,n.08, p777-781, 2005.

CALDAS NETO, S. F.; ZEOULA, L. M.; BRANCO, A. F.; PRADO, I. N., DALPONTE, A. O., KASSIES, M., FREGADOLLI, F. L. Mandioca e Resíduos das Farinheiras na Alimentação de Ruminantes: pH, Concentração de Amônia e Eficiência Microbiana. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa - MG. **Anais**.Viçosa: SBZ, 2000.

CEREDA, M. P. **Resíduos da industrialização da mandioca no Brasil**. 1 ed. São Paulo: Paulicéia, 1994. 174p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA-  
Mandioca e Fruticultura. [2012]. **Mandioca**. Disponível em:  
<[http://www.cnpmf.embrapa.br/index.php?p=pesquisa-culturas\\_pesquisadas-mandioca.php](http://www.cnpmf.embrapa.br/index.php?p=pesquisa-culturas_pesquisadas-mandioca.php)> Acessado em: 20 Abr. 2013.

FARIAS, P. B.; SILVA, J. N.; RODRIGUES, A. Q.; TEIXEIRA, P. D.; MELO, L. Q.,  
COSTA, S. F.; ROCHA, M. F. M.; PEREIRA, A. A. Processamento da casca de  
mandioca na alimentação de ovinos: desempenho, características de carcaça, morfologia  
ruminal e eficiência econômica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.12, p.2929-  
2937, 2011.

FERREIRA, G. D. G; OLIVEIRA, R. L. CARDOSO, E. C.; MAGALHÃES, A. L. R.;  
BRITO, E. L. Valor nutritivo de Co-produtos da mandioca, **Revista Brasileira Saúde  
Produção Animal**, v.8, n.4, p.364-374, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA –IBGE – Banco de  
dados Agregado, **Produção agrícola municipal**, 2011. Disponível em:  
<<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=PA&z=t&o=11>>  
Acessado em: 15 Jul. 2013.

LEONEL, M. O Farelo, Subproduto da Extração de Fécula de Mandioca. In: CEREDA,  
M.P. (Ed.) **Manejo, Uso e Tratamento de Subprodutos da Industrialização da  
Mandioca**. São Paulo: Fundação Cargill, 2001, v.4, p.211-216.

MARQUES, J. A.; PRADO, I. N.; ZEOULA, L. M.; ALCALDE, C. R.;  
NASCIMENTO, W. G. Avaliação da mandioca e seus resíduos industriais em  
substituição ao milho no desempenho de novilhas confinadas. **Revista Brasileira de  
Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 5, p.1528-1536, 2000.

MARQUES, J.A.; CALDAS NETO, S.F. **Mandioca na alimentação Animal: Parte  
Aérea e Raiz**. Campo Mourão – PR. Centro integrado de Ensino Superior, 28p. 2002.

MATTOS, P.L.P.;CARDOSO,E.M.R. **Cultivo da Mandioca para o Estado do Pará**,  
2003. Disponível em:  
<[http://sistemadeprodução.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca\\_para/i\\_mportancia.htm](http://sistemadeprodução.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_para/i_mportancia.htm)>Acesso em: 06 Mai. 2013.

MCDONALD, P.J; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**  
(2Ed) Mallow Chalcombe Publications, 1991.340p.

MEHREZ, A. Z.; ORSKOV, E. R. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. **Journal of Agriculture Science**, Cambridge v. 88, n. 3, p. 645-650, 1977.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO-MDA. **Plano territorial de desenvolvimento rural sustentável do Agreste Meridional de Pernambuco**. 2011.101p.

MODESTO, E. C. SANTOS, G. T.; SILVA, D. C.; ZAMBOM, M. A., DETMAN, E., RAMOS, C. E. C. O., VILELA, D., JOBIM, C. C., MOURA, A. A. A. **Substituição da silagem de milho pela silagem do terço superior da rama de mandioca na alimentação de vacas leiteiras**. 2009. Disponível em: <[www.nupel.uem.br/publicacoes/sta-maria/sta-maria-09.pdf](http://www.nupel.uem.br/publicacoes/sta-maria/sta-maria-09.pdf)>. Acessado em: 15 Mai. 2013.

MODESTO, E. C.; SANTOS, G. T.; ZOMBOM, M. A.; DAMASCENO, J. C.; BRANCO, A. F.; VILELA, D. Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminiais em vacas gestantes alimentadas com silagem de rama de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.5, 2008.

MODESTO, E.C.; SANTOS, G. T.; VILELA, D.; SILVA, D.C.; FAUSTINO, J. O. JOBIM, C. C.; DETMAN, E. ZAMBOM, M. A.; MARQUES, J. A. Caracterização química- bromatológica da silagem do terço superior da rama de mandioca. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.26, n.1, p.37-146, 2004.

NOZIERE, P.; DOREAU, B.M. **In Sacco Methods**. In: D’MELLO, J.P.F. (Ed) Farm Animal Metabolism and Nutrition. Wallingford: CABI, 2000, p233-253.

NUSSIO, G. L.; SIMAS, J. M. C.; LIMA, M. L. M. Determinação do ponto de maturidade ideal para colheita do milho para silagem. In: WORKSHOP SOBRE MILHO PARA, 2, 2001, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba, 2001.

ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. **Journal of Agriculture and Science**, v.92, n.2, p.499-503, 1979.

PAIVA, F.F.A. **Conservação e armazenamento de raízes de mandioca**. EPACE: Fortaleza, (Circular Técnico, 8), 1994.p.40.

PEREIRA, C. R., BANYNS, V. L., SILVA, A. C., PEREIRA, R. G. A. Adição de Popa cítrica peletizada na ensilagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) cv. Cameroon, **Revista da Universidade de Alfenas**, v.5, p.147-152, 1999.

PEREIRA, O. G.; GOBBI, K. F., PEREIRA, D. H., RIBEIRO, K. G. Conservação de forragens como opção para o manejo de pastagens, **Anais**. 43º Reunião Anual da SBZ – João Pessoa PB, 2006.

PIRES, A. J. V. CARVALHO, G. G. P.; GARCIA, R., CARVALHO JUNIOR, J. N., RIBEIRO, L. S. O., CHEGAS, D. M. T. Comportamento ingestivo de ovinos alimentados com silagens de capim elefante contendo casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1620-1626, 2009.

SANTOS, E.M.; PINHO, R.M.A. BEZERRA, H.F. Avaliação microbiológica de selagens. In SIMPÓSIO MARANHENSE DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES A PASTO. 2012, Chapadinha. **Anais**. Chapadinha, MA:SIMPRUPASTO, 2012. p.91-127.

SILVA, F. F.; AGUIAR, M. S. M. A.; VELOSO, C. M.; PIRES, A. J. V.; BONOMO, P.; DUTRA, G. S.; ALMEIDA, V. S.; CARVALHO, G. G. P.; SILVA, R. R.; DIAS, A. M.; ITAVO, L. C. V. Desempenho de novilhas leiteiras alimentadas com silagem de capim elefante com adição de diferentes níveis de bagaço de mandioca. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.2, p.205-211, 2006.

VALADARES FILHO, S. C. Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 37, 2000, Viçosa - MG. **Anais**. Viçosa:SBZ, 2000.

VALADARES FILHO, S. C.; MAGALHÃES, K. A.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; CAPELLE, E. R. **Tabela de composição de alimentos para bovinos**. 2 ed. Viçosa - MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006.

VANSOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2ed., London:Constock Publishing Associates. 476p. 1994.

## OBJETIVOS GERAIS

Objetivou-se avaliar o potencial de utilização dos resíduos da mandioca na alimentação de ruminantes (folhas do terço superior da parte aérea da mandioca e da casca da mandioca) em diferentes proporções na silagem com períodos de armazenamento de 60 e 90 dias, por meio da caracterização da composição bromatológica e da técnica de degradabilidade *in situ*.

## CAPÍTULO I

### COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E DEGRADABILIDADE RUMINAL DA SILAGEM DE RESÍDUOS DA MANDIOCA

*(Normas da Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira)*

### **Composição bromatológica e degradabilidade ruminal da silagem de resíduos da mandioca**

Resumo – Objetivou-se com esse trabalho avaliar a composição bromatológica e a cinética de degradação ruminal da silagem do terço superior da mandioca acrescida de diferentes níveis de inclusão da casca de mandioca com 60 dias de armazenamento. O material foi ensilado em 15 minisilos experimentais, o delineamento experimental adotado para as análises foi o delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e três repetições. A inclusão da casca de mandioca na silagem da parte aérea da mandioca promoveu efeito linear crescente para os teores de matéria seca (MS). Os teores da proteína bruta diminuíram linearmente ( $P < 0,05$ ) com a inclusão da casca de mandioca na silagem. Esse mesmo comportamento foi verificado para compostos indigestíveis, a fibra em detergente ácido apresentou comportamento linear decrescente. Ao se observar a curva da degradabilidade potencial observou-se maiores valores para os tratamentos 300 e 400 g/kg, também foi observado que ao longo do tempo de incubação a degradabilidade potencial da MS apresentou comportamento crescente ocorrendo estabilidade com 72 horas. A silagem com nível de 300 g/kg apresentou maior degradabilidade potencial e maior taxa de passagem para 2%, 5% e 8%, caracterizando-se como alimento de alta degradabilidade independente do consumo.

Termos para indexação: conservação, degradabilidade *in situ*, mandioca, resíduo.

### **Chemical composition and ruminal degradability of silage waste cassava**

Abstract - The objective of this study was to evaluate the chemical composition and ruminal degradation kinetics of silage upper third of cassava plus different levels of inclusion of cassava peel with 60 days of storage. The material was ensiled in 15 minisilos experiments, the experimental design adopted for the analysis was a completely randomized design with five treatments and three replications. The inclusion of cassava peel silage from cassava foliage promoted increased linearly for dry matter (DM). The content of crude protein decreased ( $P < 0.05$ ) with the inclusion of cassava peel silage. This same behavior was observed for indigestible compounds, the acid detergent fiber decreased linearly. By observing the curve of degradability was observed higher values for the treatments 300 and 400 g / kg, which was also observed throughout the incubation time degradability of the ascent behavior occurring MS showed stability at 72 hours. The level of silage with 300 g / kg showed higher degradability and higher pass rate to 2%, 5% and 8%, characterized as high degradability independent food consumption.

Index terms: conservation, *in situ* degradability, cassava, residue.

## Introdução

A produção de ruminantes no Brasil é predominantemente a pasto. Um dos grandes problemas é a sazonalidade da produção de forragem ao longo do ano, com períodos de grande produção, seguidas de escassez. Para amenizar tal problema são propostas técnicas de conservação (ensilagem e fenação) de alimentos com o objetivo de potencializar a utilização das plantas forrageiras. Tanto em sistemas semi-intensivos e/ou intensivos, o uso de forragens conservadas tem sido uma prática cada vez mais utilizada.

Diversas são as opções de forrageiras para a conservação na forma de silagem, cada uma com suas características qualitativas e produtivas, que são variáveis conforme as condições edafoclimáticas e de manejo.

Dentre as fontes de volumosos existentes para a produção de ruminantes, segundo Siqueira et al. (2008), o milho, o sorgo, a cana-de-açúcar e os capins de clima tropical, são os mais utilizados na forma de silagem apresentando pequenas oscilações durante o ano. Por outro lado, concomitantemente, os resíduos oriundos da agroindústria tem sido cada vez mais utilizados na alimentação dos ruminantes.

Neste contexto, a cultura da mandioca surge como alternativa na conservação de forragem. Alguns autores (Marques et al., 2000; Zeoula et al., 2002; Zeoula et al., 2003; Pires et al., 2009b; Silva et al., 2010) tem estudado a composição química e as diferentes formas de utilização de alguns resíduos da indústria de mandioca. Entretanto ainda são escassos os trabalhos sobre a utilização desses resíduos devido a sua diversidade.

O conhecimento do valor nutritivo de um alimento, bem como a forma em que o mesmo é aproveitado pelo animal, é de fundamental importância para que se consiga o máximo aproveitamento do recurso alimentar. Por conseguinte, a qualidade do alimento para o animal ruminante é determinada pelas suas características intrínsecas, como também pela sua interação com os microrganismos do trato digestório, que influenciam a digestão, a absorção e a utilização pelo animal hospedeiro (Prado et al., 1999).

Além da composição química-bromatológica do alimento, é importante o conhecimento das frações dos nutrientes que o animal pode digerir e utilizar (Modesto et al., 2004). Logo, objetivou-se avaliar as características químicas bromatológicas e a cinética de degradação ruminal da silagem das folhas de mandioca acrescida da casca da raiz de mandioca em diferentes proporções com tempo de armazenamento de 60 dias.



## Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Nutrição Animal (LANA), localizado no Centro Laboratorial de Apoio à Pesquisa da Unidade Acadêmica de Garanhuns (CENLAG) da Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Garanhuns (UFRPE/UAG) entre os anos de 2010 e 2012.

O material avaliado foi a silagem dos resíduos da agroindústria da mandiocultura composta pelas folhas do terço superior da parte aérea da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), com diferentes níveis de inclusão da casca de mandioca. A mandioca foi colhida com 12 meses de idade, no Sítio Terra Rica, localizado a 12 km de Garanhuns - PE e as folhas do terço superior da parte aérea foram trazidas para a unidade, onde foram picadas em forrageira convencional estacional em pedaços de aproximadamente 2,0 cm.

A casca da mandioca foi constituída de casca, entrecasca, cepas e pontas de mandioca. O material, adquirido em fábrica local, foi seco ao sol até atingir o ponto em que um pedaço estivesse riscando como giz, sendo este material picado para homogeneizar o tamanho das partículas.

O material foi ensilado em 15 minisilos experimentais confeccionados em tubo de PVC com 50 cm de altura por 10 cm de diâmetro, provida de válvula de *Bunsen*, para saída dos gases oriundos da fermentação. Também foi utilizado 1,0 kg de areia lavada e seca, no fundo de cada silo, para captar os efluentes gerados durante o processo de ensilagem. Em cada silo foi colocado material suficiente para atingir uma densidade de 684,54 kg de matéria natural/m<sup>3</sup> e posteriormente foram vedados e pesados.

A casca de mandioca foi adicionada no momento da ensilagem com base na matéria natural, sendo desta forma caracterizada: 0,0g/kg (T1); 100,0 g/kg (T2); 200,0 g/kg (T3); 300,0 g/kg (T4) e 400,0 g/kg (T5) de inclusão da casca de mandioca. Os silos foram abertos após 60 dias da ensilagem.

As composições químicas e energéticas dos ingredientes *in natura* utilizados para a confecção das silagens encontram-se na Tabela 1.

No momento da abertura dos minisilos, obtiveram-se ainda os valores de pH, considerado como o tempo zero, repetindo-se as medidas a cada dois dias até o final do período experimental da estabilidade aeróbia, para cada silo experimental, utilizando o método do potenciômetr, também foram coletadas amostras para a determinação de Nitrogenio amoniacal de acordo com Preston (1986). Em seguida, foram colhidas amostras que foram submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 55°C

por 72 horas e, em seguida, moídas em peneira com crivo de 1,0 mm para posteriores análises bromatológica.

Para a avaliação da estabilidade aeróbia da silagem o material foi retirado, homogeneizado e uma amostra de aproximadamente 400g de silagem foi separada e colocada em potes plásticos com capacidade de um quilo, os quais foram mantidos em uma sala climatizada com temperatura ambiente de 25°C. As temperaturas da silagem foram obtidas a cada 12 horas durante 144 horas, usando-se termômetro inserido no centro da massa da silagem.

A estabilidade aeróbia foi calculada como o número de horas observado para que a silagem, após a abertura do silo, apresentasse elevação em 2°C em relação à temperatura ambiente.

O teor de minerais foi realizado conforme Sapp & Davidson (1991). As perdas por gases foram determinadas de acordo com Mari (2003) e a recuperação de matéria seca foram quantificadas de acordo com Jobim et al. (2007).

As amostras foram analisadas para determinação dos teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), carboidratos solúveis, segundo as recomendações AOAC (1990); fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro livre de cinza e proteína (FDNcp), lignina e celulose conforme Van Soest et al. (1991). Os valores de FDN corrigida para nitrogênio (FDNn), FDN corrigida para cinzas, para proteína e cinzas e proteína, respectivamente FDNc, FDNp e FDNcp e MO foram estimados pelas seguintes formulas:

$$MO = 100 - MM;$$

$$FDNn = FDN - NIDN$$

$$FDNc = FDN - CFDN$$

$$FDNp = FDN - PIDN$$

$$FDNcp = FDN - (CFDN + PIDN)$$

$$CFDN = \text{Cinzas da FDN}$$

As estimativas de energia bruta, energia digestível, energia metabolizável, nutrientes digestíveis totais, carboidrato não fibroso verdadeiramente digestível, fibra em detergente neutro verdadeiramente digestível, proteína bruta verdadeiramente digestível, foram determinadas por meio de equações do NRC, (2001).

Os procedimentos empregados para o fracionamento da PB seguiram as recomendações de Licitra et al. (1996).

A fração A foi obtida pelo tratamento com o ácido tricloroacético (TCA) a 10%. Em seguida, determinou-se o nitrogênio do material residual pelo método macro *Kjeldahl*. A diferença entre o nitrogênio total e o nitrogênio residual resultou na fração A, conforme segue:

$$\text{Fração A} = \text{NT} - \text{NR}$$

Onde:

NT = Nitrogênio total das amostras

NR = Nitrogênio Residual, após tratamento com TCA

A fração B1 e B2 foram consideradas como fração única e foi determinada pela diferença entre o N total e as frações A, B3 e C.

$$\text{Fração B1} + \text{B2} = \text{NT} - (\text{A} + \text{B3} + \text{C})$$

A fração B3 foi determinada pela diferença entre o nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), sendo esta considerada como a fração nitrogenada indisponível (C) (Van Soest et al., 1991).

$$\text{Fração B3} = \text{NIDN} - \text{NIDA}$$

$$\text{Fração C} = \text{NIDA}$$

Onde:

O NIDN e NIDA, respectivamente, são as frações do nitrogênio determinado no resíduo do FDN e da FDA.

Os teores e as frações dos carboidratos foram determinados segundo as equações de Sniffen et al. (1992).

Os Carboidratos totais (CT) foram calculados pela equação:

$$\text{CT} = 100 - (\text{PB} + \text{EE} + \text{MM})$$

Os carboidratos não fibrosos (considerados equivalentes às frações A e B1), foram determinados pela equação:

$$\text{CNF} = 100 - [(\text{FDN} - \text{NFDN}) + \text{PB} + \text{EE} + \text{MM}]$$

Onde:

NFDN = FDN corrigido para nitrogênio

PB = Proteína bruta

EE = Extrato etéreo

MM = Matéria mineral

Já as frações dos carboidratos foram determinadas pelas equações abaixo em que a fração C foi obtida pela seguinte fórmula:

$$C = 100 \times \text{FDN}(\% \text{MS}) \times 0,01 \times \left( \frac{\text{LIG}(\% \text{FDN}) \times 2,4}{\text{CT}(\% \text{MS})} \right)$$

A Fração B<sub>2</sub> foi obtida pela seguinte equação:

$$B_2 = 100 \times (\text{FDN}(\% \text{MS}) - \text{PIDN}(\% \text{PB}) \times 0,01 \times \text{PB}(\% \text{MS})) - \text{FDN}(\% \text{MS}) \times 0,01 \times \left( \frac{\text{LIG}(\% \text{FDN}) \times 2,4}{\text{CT}(\% \text{MS})} \right)$$

Em que:

LIG = lignina em porcentagem da FDN

PIDN = Nitrogênio insolúvel em detergente neutro em porcentagem da PB

As frações com maiores taxas de degradação ruminal foram determinadas pela seguinte equação:

$$\text{Fração A} + B_1 = 100 - (\text{fração C} + B_2)$$

A degradabilidade da matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN) das silagens foram estimadas pela técnica *in situ* com o uso de sacos de náilon, utilizando-se quatro novilhas mestiças holandesa, canuladas no rúmen para incubação ruminal. Os tempos de incubação foram de, 0, 2, 4, 6, 8, 12, 24, 48, 72 e 96 horas, com todos os sacos retirados do rúmen ao mesmo tempo. Após a remoção, os sacos foram enxaguados em água corrente até se extrair totalmente o líquido ruminal. Os sacos representando o tempo 0 h foram incluídos no processo de enxágue. Em seguida, todos os sacos foram secos em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, e submetidas a análises segundo as metodologias descritas anteriormente.

Os dados de desaparecimento foram ajustados por regressão não linear, que prediz a degradabilidade potencial (DP) dos alimentos por meio do modelo proposto por Mehrez & Orskov (1977):

$$DP = a + b(1 - e^{-ct})$$

Em que:

a = fração solúvel;

b = fração potencialmente degradável;

c = taxa de degradação da fração b;

t = tempo de incubação.

A degradabilidade efetiva (DE) foi calculada segundo o modelo matemático proposto por Orskov & McDonald (1979):

$$DE = a + \left( \frac{b * c}{c + k} \right)$$

Em que:

k = taxa de passagem de sólidos no rúmen: 2, 5 e 8%/h.

O modelo estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado:

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

Em que:

$Y_{ij}$  = valor observado das variáveis;

$\mu$  = constante geral;

$A_i$  = efeito do nível de inclusão i, onde i = 1 a 5;

$e_{ij}$  = erro aleatório associado a cada observação ij.

Os dados obtidos foram analisados utilizando o programa SAS (2008) para a análise estatística dos resultados obtidos. A significância dos coeficientes de regressão foram observadas por meio do teste F, no nível de 5% e os critérios utilizados para a escolha do modelo baseou-se na significância do coeficiente de determinação ( $r^2$ ).

## **Resultados e Discussão**

Os resultados da análise bromatológica da silagem de mandioca acrescido de sua casca em diferentes proporções são apresentados na Tabela 2, onde observou efeito significativo ( $P < 0,05$ ) à medida que se acrescentou a casca de mandioca, exceto para as variáveis MO e MM.

A casca de mandioca apresentou maior valor para MS (Tabela 1) e ao ser usada como aditivo na silagem de folhas do terço superior da parte aérea da mandioca promoveu o aumento no teor de matéria seca da silagem (Tabela 2), corroborando com os resultados de Silva et al. (2010).

Apesar desse comportamento, somente a inclusão de 200g/kg da casca propiciou teor de MS dentro da faixa ideal (33-37%) para a produção de silagem (Nussio et al., 2001). Todavia os demais tratamentos que apresentaram o teor de MS acima da faixa considerada ideal, não foram prejudicados quanto ao processo fermentativo, pois o pH dessas silagens encontravam-se dentro da faixa considerada ideal 3,8 a 4,2. Esse mesmo comportamento foi observado por Maciel et al. (2008) que ao trabalhar com a inclusão de subprodutos da mandioca em silagem de gramínea, concluíram que adição desse material diminui o teor de umidade podendo ser utilizada para melhorar o

processo fermentativo e a composição química da silagem. Silva et al.(2010) também observaram esse mesmo comportamento para MS da silagem das folhas da parte aérea da mandioca com e sem emurchecimento acrescida de raízes de mandioca.

Por outro lado a inclusão da casca não apresentou efeito significativo para a MO e MM ( $P>0,05$ ). Entretanto, os teores da PB foram decrescendo linearmente ( $P<0,05$ ) com a inclusão da casca da mandioca na silagem, pois a casca possui menor teor de PB que as folhas, o que provocou essa diminuição nos níveis protéicos (Tabela 1).

Em estudos realizados por Modesto et al. (2004), avaliando a silagem da parte aérea verificaram que a parte aérea apresenta alto teor de proteína podendo ser comparado ao da alfafa, em contra partida, a casca da raiz apresenta baixo teor de proteína (Prado et al., 2000) o que justifica o comportamento linear decrescente à medida que ocorreu a inclusão da casca na silagem. A inclusão da casca de mandioca em até 400g/kg de MS proporcionou teores acima do nível mínimo recomendado de PB para ruminantes descrito por Van Soest (1994). Pois quantidades inferiores a 7% de PB na matéria seca ocasionam redução do consumo em decorrência do não atendimento às exigências mínimas dos microrganismos ruminais.

Além disso, no tratamento sem a inclusão da casca de mandioca, observou-se teor de PB dentro da média encontrada por Nassar & Marques (2006) que ao avaliarem os teores de PB da parte aérea de vinte cultivares de mandioca no Distrito Federal, observaram valores entre 227,30 a 325,80 g/kg de MS, ratificando a variação nutricional que existe entre cultivares.

Para os teores de PIDN e PIDA foi observado efeito linear decrescente quando foi incluída a casca de mandioca. As folhas de mandioca apresentam valores consideráveis de PIDN e PIDA em relação à casca e esta por sua vez apresentam baixos teores de lignina o que explica o efeito da inclusão da casca na silagem. A PIDA contém a proteína associada à lignina, taninos e compostos de *Maillard* altamente resistentes à degradação microbiana e enzimática, sendo considerada inaproveitável, tanto no rúmen como no intestino (Sniffen et al., 1992).

A FDN e a FDA apresentaram comportamento linear decrescente ( $P<0,05$ ) à medida que foi acrescentada a casca de mandioca. Esse comportamento ocorreu possivelmente devido os teores de FDN e FDA da casca serem menores que os teores folhas do terço superior da parte aérea da mandioca. Além da casca apresentar consideráveis níveis de carboidrato não fibrosos (Marques et al., 2000; Caldas Neto et al., 2000), o baixo teor de lignina também pode justificar esses resultados. Esse

comportamento se assemelha ao encontrado por Silva et al. (2010) que ao trabalhar coma inclusão de doses crescentes de raízes de mandioca na silagem da parte aérea da mandioca, verificaram decréscimo linear nas concentrações de FDN, FDA e lignina.

O conteúdo da parede celular das forrageiras é o principal limitante do consumo de forrageiras tropicais por ruminantes, já que a capacidade de ingestão da FDN é limitada a 1,2% do peso vivo, devido o efeito físico de repleção ruminal (Mertens, 1994). A concentração de lignina, considerada a fração indigestível da parede celular das plantas, decresceu lineamente ( $P < 0,05$ ) na silagem à medida que foi incluída a casca de mandioca. Apesar da casca apresentar elevada concentração de elementos estruturais (Marques et al., 2000) o resíduo industrial da mandiocultura utilizada no presente trabalho apresentou partes da raiz (amido) o que pode justificar os resultados. De acordo com Ribeiro et al. (2010), o uso de aditivos em silagens promove diminuição de constituintes da parede celular, principalmente quanto à lignina. Esse resultado é importante, pois este é o principal limitante da degradação da fração fibrosa de forrageira.

A inclusão da casca de mandioca na silagem influenciou ( $P < 0,05$ ) os carboidratos totais (CT) e carboidratos não fibrosos (CNF) promovendo um comportamento linear crescente. Esse comportamento foi observado por que a casca de mandioca utilizada apresentava em sua composição carboidratos junto à entrecasca, principalmente o amido. Além disso, os valores de carboidratos são afetados pelos valores de PB e EE, haja vista a utilização dessas variáveis para a determinação dos mesmos. Portanto como a casca de mandioca apresenta baixos valores desses nutrientes, o que possivelmente, leva a resposta positiva aos acréscimos do aditivo utilizado.

Silva et al. (2010) também observaram esse mesmo comportamento ao incluir raízes de mandioca em diferentes proporções em silagens da parte aérea da mandioca tanto nos CT como nos CNF, sendo, respectivamente, de 3,1 e 9,4 g/kg, na silagem da parte aérea de mandioca não emurchecida, e de 3,4 e 8,9 g/kg nas silagens da parte aérea de mandioca emurchecida com o incremento de uma unidade percentual de raízes.

Quanto aos nutrientes digestíveis totais (NDT) a Tabela 3 mostra que a inclusão da casca, proporcionou um comportamento quadrático, comportamento diferente ao encontrado por Silva et al. (2010) que ao trabalhar com a silagem da parte área de mandioca (PAM) acrescido da raiz observaram um aumento linear de NDT sendo atribuídos acréscimos percentuais de 0,47 e 0,45 a cada unidade de raízes adicionadas às silagens de PAM sem e com emurchecimento, respectivamente.

Por outro lado, esses resultados também diferem de Ferreira et al. (2007b), que ao avaliarem a silagem da massa da mandioca enriquecida com o farelo de trigo não encontraram diferenças significativa nos valores médios do NDT, onde esses valores foram de 857,80 g/kg antes da ensilagem e de 862,10 g/kg após 60 dias de ensilagem. Esses resultados corroboram com Silva et al. (2007) que trabalharam com silagem de gramínea acrescida de bagaço de mandioca em diferentes proporções (5, 10, 15, 20 %) verificaram que não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos, o valor médio encontrado (554,2 g/kg) pode ser considerado bom.

Em relação aos valores de energia digestível (ED), energia bruta (EB) e energia metabolizável (EM), apresentaram comportamento linear decrescente à medida que se incluía a casca de mandioca, esses resultados ocorreram possivelmente por que a casca apresenta menor NDT, EB, EM, ED em comparação com as folhas de mandioca e aos demais subprodutos da mandiocultura, como por exemplo, farinha de varredura, massa de mandioca (Ferreira et al., 2007b) o que possivelmente justifique esse comportamento.

A ED foi calculada com base nas equações do NRC (2001), que considera os teores de PBvd (proteína bruta verdadeiramente digestível) e AG (ácidos graxos), estes por sua vez consideram os teores de proteína e extrato estéreo, respectivamente, logo uma redução linear observada nesses compostos podem ter diminuído a energia digestível nas silagens a partir da inclusão da casca de mandioca. Todavia, foi possível observar em todos os tratamentos que o NDT, a ED e a EM apresentaram valores acima dos padrões de alguns alimentos que são fornecidos a vacas em lactação (Modesto et al., 2004).

Foi possível observar neste estudo que à medida que se acrescentou a casca de mandioca, a fração solúvel (A=nitrogênio não protéico) apresentou um comportamento linear decrescente (Tabela 4). Na silagem do terço superior da rama de mandioca, a fração A (nitrogênio não protéico) é alta em relação às outras frações (Modesto et al., 2004), nesse sentido com a fermentação da massa ensilada, boa parte da proteína é convertida em nitrogênio não protéico, em decorrência da proteólise (Pires et al., 2009a).

A inclusão da casca de mandioca na silagem proporcionou um decréscimo linear ( $P<0,05$ ) da fração B1+B2 assim como também na fração C, esta última, corresponde ao nitrogênio insolúvel em detergente ácido, que está ligado à lignina e por consequência não é digerido no trato gastrointestinal. De acordo Waters et al. (1992) a fração C é



constituída por proteínas associadas à lignina, complexos tânicos-protéicos e produtos da reação de *Maillard*, os quais resistem ao ataque das enzimas microbianas e do hospedeiro, sendo, portanto, indisponíveis durante a passagem pelo trato gastrointestinal.

Com a inclusão da casca de mandioca na silagem houve uma diminuição os teores da fração B2 (porção digestível da parede celular vegetal de degradação ruminal mais lenta). Entretanto foi observado um crescimento linear para a fração rapidamente degradável (A+B1) e um decréscimo na fração C (carboidratos fibrosos indigestível). Possivelmente, o amido presente na casca foi o responsável pelas elevações observadas na fração A+B1, uma vez que esta fração nas silagens sem a adição da casca representaram apenas 26% dos carboidratos totais. Esse comportamento assemelha-se aos resultados encontrados por Ferreira et al. (2007b) que ao trabalharem com a silagem de resíduos da indústria de mandioca (massa de mandioca) acrescida do farelo de trigo encontraram para a fração A+B1 901,2 antes da ensilagem e 911,5 g/kg ao final dos 60 dias de ensilagem, estes resultados foram justificados pelos autores pela presença do amido proveniente do farelo de trigo e do amido residual da massa de mandioca, demonstrando que a utilização do subproduto da mandiocultura pode influenciar positivamente a qualidade da silagem. Pires et al. (2009a) verificaram que a adição de co-produtos (casca de café, farelo de cacau, farelo de mandioca) em silagem de capim elefante tiveram efeito sobre o fracionamento de carboidratos, onde, silagens acrescidas de farelo de mandioca apresentaram maiores valores (345,0 g/kg) para a fração rapidamente degradável (A+B1) em comparação com a casca de café e farelo de cacau (133,0 e 215,0 g/kg, respectivamente).

Em relação a fração C esse decréscimo linear ocorreu possivelmente pelo teor do amido presente na casca e também em decorrência dos baixos valores de lignina das silagens produzidas com a inclusão da casca de mandioca, em comparação às silagens sem adição da casca. Pois a casca apresenta baixos valores de lignina (Tabela 1), o que, possivelmente, reduziu os níveis desse composto nas silagens, de modo a interferir positivamente na disponibilidade dos constituintes da parede celular, haja vista que a equação para obter a fração C considera o percentual de lignina.

Quanto à estabilidade aeróbica da silagem do terço superior da mandioca acrescido da casca da raiz de mandioca, observou-se efeito significativo ( $P < 0,05$ ) com comportamento linear crescente à medida que a mesma foi acrescentada como mostra a Tabela 6. O maior tempo (144 h) de estabilidade ocorreu para o nível de 400 g/kg de

MN, ratificando o uso da casca como um bom aditivo, melhorando a qualidade fermentativa da silagem.

Para o nível zero de inclusão da casca de mandioca na silagem, observou-se menor estabilidade (89 h) visto que foi observado aumento do pH com o passar do tempo. Segundo Jobim (2002), a fermentação aeróbica, ocorrerá mais intensamente quanto maior for à qualidade da silagem, em função dos maiores teores de carboidratos solúveis e de ácidos láticos residuais. Os principais substratos utilizados são os ácidos, o etanol e os açúcares solúveis, resultando em aumento do pH e redução na digestibilidade e no conteúdo de energia. O aumento do pH após a exposição da silagem ao ar, queda no teor de carboidratos solúveis e baixa concentração de ácido lático são importantes indicadores da deterioração da massa ensilada.

Após a abertura do silo verificou-se o aumento do pH com o passar do tempo, com média entre 4,65 e 4,13 depois de 144h para os níveis de 300 e 400g/kg MN respectivamente, encontrando-se dentro da faixa ideal de 3,8 e 4,2 (McDonald et al., 1991) indicativo de silagem de qualidade. Esse comportamento possivelmente pode estar relacionado ao teor de MS, uma vez que os tratamentos com maiores teores de MS (Tabela 1) apresentaram bom padrão fermentativo.

A capacidade tampão apresentou um comportamento linear decrescente na silagem com inclusão da casca de mandioca na massa ensilada. Os níveis com 300 e 400 g/kg MN apresentaram baixa capacidade tampão, contribuindo para uma boa qualidade da silagem. Segundo Jobim (2002) quanto maior a capacidade tampão, maior a quantidade do ácido lático terá que ser formada para que o pH atinja níveis inibitórios à ação dos clostrídios e de outros microrganismos prejudiciais a qualidade da silagem, como por exemplo as enterobactérias.

Entretanto, para Ferrari Jr & Lavezzo (2001) o poder tampão e os teores de carboidratos solúveis não são considerados fatores limitantes para a obtenção de silagens adequadas. Para esses autores, um mínimo de teor de matéria seca é exigido e uma fermentação ideal é esperada quando a forragem ensilada apresenta de 28% a 34% de MS. Sendo que, nestas condições, mesmos os teores de carboidratos solúveis de 6 a 8% seriam suficientes para desencadear as fermentações láticas, desde que o poder tampão não seja elevado. O que possivelmente justifique em partes os resultados observados nos demais tratamentos.

Em relação ao N-NH<sub>3</sub> observou-se valores que variaram entre 17,39 e 55,12% com menor valor para o tratamento sem inclusão de folhas. Esse fato pode estar

relacionado ao processo de compactação e vedação no processo da ensilagem, pois silagens bem compactadas podem prevenir o desenvolvimento de microrganismos do gênero *Clostridium* que podem promover a liberação do N-NH<sub>3</sub>. Entretanto todos os tratamentos apresentaram elevados valores para o N-NH<sub>3</sub>. Segundo Silva et al. (2010) o N-NH<sub>3</sub> está presente em forragens verdes em concentração inferior a 1% do N total, valores elevados em silagens são reflexos de intensa proteólise mediante a ação de enzimas da planta ou dos clostrídios. As folhas de mandioca apresentam elevado teor de proteína o que pode justificar os resultados encontrados nos tratamentos deste trabalho.

Como mostra à Tabela 7 a inclusão da casca na silagem influenciou significativamente ( $P < 0,05$ ) as perdas por gases, observando-se comportamento linear decrescente para esta variável com menor valor para o nível com 400 g/kg de inclusão da casca e maior valor para o nível zero. Esse resultado possivelmente ocorreu devido ao maior teor de matéria seca na inclusão com 400 g/kg MN (Tabela 1) e menores teores de MS para o nível zero, o que em condições de excesso de umidade, as perdas de MS por gases são ainda maiores, decorrentes da fermentação butírica, promovida pelos clostrídios, onde tanto as perdas de MS como as de energia são elevadas (McDonald et al., 1991).

De acordo com Pupo (2002) as perdas gasosas nas silagens podem atingir valores entre 20 a 50g/kg de matéria seca. Portanto, os resultados encontrados neste estudo, tanto para o tratamento sem adição da casca quanto para as silagens com a adição da casca de mandioca apresentaram perdas por gases consideradas baixas, resultados semelhantes aos encontrados por Mota et al. (2011) 0,0169% em porcentagem da matéria seca inicial e diferentes aos encontrados por Ribeiro et al. (2009) cujas perdas variaram de 0,6 a 8,6% da matéria seca inicial. Segundo Jobim et al. (2007), a baixa perda por gases pode ser ocasionada pela baixa manifestação de bactérias do gênero *Clostridium*, que ao atuarem, sobre o ácido láctico ou sobre os açúcares, produzem ácido butírico e CO<sub>2</sub>. Ressaltando dessa forma as boas características fermentativas da silagem.

A recuperação da matéria seca apresentou comportamento linear decrescente ( $P < 0,05$ ). De acordo com Jobim et al. (2007) as perdas totais de matéria são expressas por alguns autores como índice de recuperação de matéria seca, logo os elevados valores para a recuperação da matéria seca para o tratamento sem a adição da casca de mandioca, implicam em dizer que as perdas totais de matéria seca foram baixas, possivelmente devido a maior densidade observada para esse tratamento, em

decorrência da facilidade na da compactação, favorecendo mais rapidamente as condições de anaerobiose na massa ensilada.

A adição da casca na silagem de mandioca não influenciou os teores de Na, Ca e Mg entretanto, observou-se efeito ( $P < 0,05$ ) para o teor de P e K, a medida que se acrescentou a casca de mandioca na silagem ocorreu um decréscimo dos teores dos minerais citados como mostra a Tabela 7. Ferreira et al. (2007a) avaliaram o valor nutritivo de subprodutos da mandioca (casca de mandioca, massa de mandioca e silagem do terço superior da rama da mandioca) e encontraram teores de fósforo para a casca de mandioca e a silagem do terço superior da mandioca 1.113 e 2.860 mg/kg MS respectivamente, logo o tratamento controle (0 g/kg) e o tratamento com quantidade mínima (100 g/kg) de casca de mandioca deste estudo foram maiores a aquele encontrado por estes autores.

Por outro lado, os valores de K foram bem abaixo do encontrado por Ferreira et al.,(2009) que ao avaliarem os teores médios dos macronutrientes da parte aérea da mandioca em diferentes podas, encontrando valores entre 5.500 e 8.700 mg/kg. De modo geral essa concentração de minerais nas plantas forrageiras é bastante variável, o que dependem do gênero, da espécie e da variedade; bem como da época do ano (sazonalidade durante o crescimento da planta); das condições climáticas do local; da quantidade do elemento no solo; do tipo de solo e suas condições.

Os parâmetros “a”, “b” e “c” e a degradabilidade potencial e efetiva da MS para as taxas de passagem 2, 5 e 8%/h são mostrados na Tabela 8. A silagem das folhas de mandioca acrescidas com 300 e 400 g/kg da casca na massa ensilada apresentaram maior valor da fração solúvel (a) 47,6%; 45,1% respectivamente, quando comparados aos demais tratamentos, apresentando uma taxa de degradação de 4,7% e 5%/h nessa ordem. Esses resultados podem ser justificados em partes pelo comportamento linear decrescente apresentado na FDN (Tabela 2) e elevação no teor de carboidratos não fibrosos (Tabela 4).

No tocante a degradabilidade potencial também foi observar variação entre os tratamentos deste estudo, onde se observou que o tratamento exclusivo com as folhas do terço superior da mandioca apresentou a menor DP quando comparado aos demais, destacando-se os com maiores valores os tratamentos com 300 e 400 g/kg de inclusão da casca 66,0 e 65,5% respectivamente, possivelmente esse resultado está relacionado a adição de compostos solúveis na silagem e conseqüentemente ao menor teor de compostos indigestíveis da parede celular verificado nesses tratamentos (Tabela 2).

Devido aos fatores como o teor de MS da silagem, tipo de fermentação e conteúdo de carboidratos solúveis podem contribuir para as diferentes taxas de degradação ruminal.

Verificou-se que o tratamento exclusivo de folhas de mandioca apresentou menores valores para a DE da MS para os tempos de passagens de 2, 5 e 8%/h em comparação aos demais tratamentos com a inclusão da casca de mandioca. Ao comparar a DE da MS da silagem das folhas de mandioca aditivada deste experimento com a DE da silagem do milho, considerada silagem padrão, os tratamentos com 300 e 400 g/kg de inclusão da casca apresentaram valores superiores (47,9 e 45,5% respectivamente) aos encontrados por Gimenes et al. (2006) 42,76%, para a taxa de passagem de 5%/h. Segundo Caldas Neto et al. (2000) os maiores valores de degradabilidade ruminal para a mandioca e seus subprodutos pode ser em decorrência da estrutura dos grânulos do amido, com maior amilopectina. Além disso, segundo Kozloski (2011) a degradabilidade do amido, varia entre fontes e tipos de amido. Por exemplo, a amilopectina é mais solúvel e tem maior degradabilidade que a amilose. Entre as fontes de amido, aqueles presentes em grãos de cereais de inverno ou raízes são mais degradáveis que o amido do grão do milho ou do sorgo.

Ao se analisar a curva da DP observou-se os maiores valores para os tratamentos 300 e 400 g/kg logo nos tempos iniciais de incubação e menores valores para o tratamento sem a adição da casca (Figura 1). Esses resultados podem estar relacionados com a quantidade de CNF presente na casca, pois a medida que se acrescentou a casca de mandioca na massa ensilada, observou-se comportamento linear crescente dos carboidratos e um decréscimo no teor dos constituintes da parede celular. Também observou-se que ao longo do tempo de incubação a DP da MS mostrou um comportamento crescente até 72 horas ocorrendo uma estabilidade a partir desse ponto.

Quanto à fração b da FDN, do tratamento com 0 g/kg de inclusão da casca foi maior que as dos demais tratamentos. Por outro lado a silagem com nível de 300 apresentou maior DP e maior taxa de passagem para 2%, 5% e 8% que os demais tratamentos, caracterizando-se dessa forma como alimento com alta degradabilidade independente do consumo. Portanto, é importante destacar que a mensuração da degradabilidade no rúmen, sem considerar a taxa de passagem, pode superestimar a extensão da degradação, já que as partículas dos alimentos estão sujeitas à passagem para o compartimento seguinte (Carvalho et al., 2006). Além disso, o tratamento com 300 g/kg de MS apresentou um comportamento crescente da DP da FDN ao longo do tempo de incubação, com elevada DP em comparação ao tratamento exclusivo de

folhas, ocorrendo à estabilidade a partir do tempo em 72h, esse resultado possivelmente incidiu em decorrência da casca de mandioca apresentar menor quantidade de carboidratos fibrosos em relação às folhas da planta, inferindo-se na qualidade da fibra da casca. Silveira et al. (2002) ao trabalharem com os resíduos da mandiocultura, silagem da raspa de mandioca com polpa cítrica e silagem da casca de mandioca com a polpa cítrica relataram valores bem acima dos encontrados neste trabalho 83,13 e 61,30 para DP da FDN.

### Conclusão

Os níveis de 300g/kg e 400 g/kg de inclusão da casca de mandioca na silagem das folhas de mandioca proporcionaram silagens com boas características fermentativas e uma boa composição bromatológica, reduzindo os compostos indigestíveis do alimento, podendo a casca dessa forma ser utilizada como aditivo absorvente na silagem.

### Referências

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. Official methods of analysis. 15.ed. Arlington: AOAC International, 1990.
- CALDAS NETO, S. F.; ZEOULA, L. M.; BRANCO, A. F.; PRADO, I. N.; SANTOS, G.T; FREGADOLLI, F. L.; KASSIES, M. P.; DALPONTE, A. O. Mandioca e resíduos das farinheiras na alimentação de ruminantes: digestibilidade total e parcial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v .29, n. 6, S1, p.2099-2108, 2000.
- CARVALHO, G.G.P. PIRES, A. J. V.; VELOSO, C. M.; SILVA, F. F.; SILVA, R. R. Degradabilidade Ruminal do Feno de Forrageiras tropicais. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 1, p. 81-85, 2006.
- FERRARI JÚNIOR, E.; LAVEZZO, W., Qualidade da silagem de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) emurhecido ou acrescido de Farelo de Mandioca, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p. 14224-1431, 2001.
- FERREIRA, A. L.; SILVA, A. F.; PEREIRA, L. G. R. BRAGA, L. G. T., MORAES, S. A. ARAÚJO, G. G. L. Produção e valor nutritivo da parte aérea da mandioca, maniçoba e pornunça . **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v.10, n.1, p.129-136, 2009.

FERREIRA, G. D. G.; CARDOSO, E. C.; OLIVEIRA, R. L.; BRITO, E. L.; SOUZA FILHO, W. Caracterização bromatológica e estimativas de energia da massa de mandioca ensilada com farelo de trigo em silos laboratoriais, **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 3, p. 457-464, 2007b.

FERREIRA, G. D. G.; OLIVEIRA, R. L. CARDOSO, E. C.; MAGALHÃES, A. L. R.; BRITO, E. L. Valor nutritivo de Co-produtos da mandioca, **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, v.8, n.4, p.364-374, 2007a.

GIMENES, A. L. G.; MIZUBUTI, I. Y.; MOREIRA, F. B.; PEREIRA, E. S.; RIBEIRO, E. L. A.; MORI, R.M. Degradabilidade *in situ* de silagens de milho confeccionadas com inoculantes bacteriano e/ou enzimático, **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 28, n. 1, p. 11-16, 2006.

JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G.; REIS, R. A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**.v. 36, p.101-119, 2007.

JOBIM, C. C., Atualização da Produção de Bovinos de Corte. In: Curso de atualização à distância, 1, 2002, Maringá. **Anais**. Maringá: UEM, 2002.

KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**, 3 ed. Editoraufsm , 2011.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feed. **Animal Feed Science Technology**, v.57, n.4, p.347-358, 1996.

MACIEL, R. P.; NEIVA, J. N. M.; OLIVEIRA, R. C.; ARAUJO, V. L.; LÔBO, R. N. B. Características fermentativas e químicas de silagens de capim –elefante contendo subproduto da mandioca, **Revista Ciência Agrônômica**, v.39. n.01. p.142-147, 2008.

MARI, L. J. **Intervalo entre cortes em capim-marandu (Brachiaria brizantha (Hochst ex. A. Rich.) Stapf cv. Marandu): produção, valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da silagem**. 2003. 159f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior Agrícola “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MARQUES, J. A.; PRADO, I. N.; ZEOULA, L. M.; ALCALDE, C. R.; NASCIMENTO, W. G. Avaliação da mandioca e seus resíduos industriais em

substituição ao milho no desempenho de novilhas confinadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 5, p.1528-1536, 2000.

MCDONALD, P.J , HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. The biochemistry of silage (2Ed) **Mallow Chalcombe Publications**, ISBN 0948617225 1991. 340p.

MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R.A study of the artificial fiber bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. **Journal of Agricultural Science**, v.88, n.3, p.645-650, 1977.

MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. *In*: FAHEY, G. C.; COLLINS, M.; MOSER, L. E.; MERTENS, D. R. (Ed.). **Forage quality, evaluation, and utilization**, Portland: American of Society Agronomy, 1994. p. 828-868.

MICHELAN, A. C.; SCAPINELLO, C.; FURLAN, A. C.; MARTINS, E. N.; FARIA, H. G. ANDREAZZI, M. A. Utilização da raspa integral de mandioca na alimentação de coelhos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1347-1353, 2007.

MODESTO, E.C.; SANTOS, G. T.; VILELA, D.; SILVA, D.C.; FAUSTINO, J. O. JOBIM, C. C.; DETMAN, E. ZAMBOM, M. A.; MARQUES, J. A. Caracterização químico- bromatológica da silagem do terço superior da rama de mandioca. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.26, n.1, p.37-146, 2004.

MOTA, A. D. S.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; SOUSA, A. S.; REIS, S. T.; TOMICH, T. R.; CALDEIRA, L. A.; MENEZES, G. C. C.; COSTA, M. D. Perfil de fermentação e perdas na ensilagem de diferentes frações da parte aérea de quatro variedade de mandioca, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n.7, p. 1466-1473, 2011.

NASSAR M. N .A. & MARQUES A.O. Cassava leaves as a source of protein. **Journal International of Food, Agriculture & Environment** .v.4, n.1, p.187-188. 2006.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requeriments of dairy cattle**.7ª ed. Washinton, D.C. National Academy of Science, 2001.p.381.

NUSSIO, G. L.; SIMAS, J. M. C.; LIMA, M. L. M. Determinação do ponto de maturidade ideal para colheita do milho para silagem. *In*: WORKSHOP SOBRE MILHO PARA, 2, 2001, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba, 2001.

ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, n.2, p.499, 1979.



PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; GARCIA, R.; CARVALHO JUNIOR, J. N.; RIBEIRO, L. S. O.; CHAGAS, D. M. T. Fracionamento de carboidrato e proteína de silagem de capim-elefante com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38,n.3, p.422-427, 2009a.

PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; GARCIA, R.; CARVALHO JUNIOR, J. N.; RIBEIRO, L. S. O.; CHAGAS, D. M. T. Capim-elefante ensilado com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38,n.1, p.34-39, 2009b.

PRADO, I. N.; MARTINS, A. S.; ALCALDE, C. R.; ZEOULA, L. M.; MARQUES, J. A. Desempenho de Novilhas Alimentadas com Rações contendo milho ou casca de mandioca como fonte energética e farelo de algodão ou levedura como fonte protéica. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.29, n.1, p.278-287, 2000.

PRESTON, T. R. **Better utilization of crop residues and by products in animal feeding: research guidelines**. A practical manual for research workers. Rome: FAO, 1986, p154.

PRADO, I. N.; MARQUES, J. A.; BRANCO, A. F.; ZEOULA, L. M.; CALDAS NETO, S. F. Avaliação da substituição do milho pela mandioca e seus resíduos na digestibilidade aparente em novilhas confinadas. **Acta Scientiarum**, v. 21, n. 3, p-677-682, 1999.

PUPPO, N.I.H. **Manual de pastagens e forrageiras: formação, conservação, utilização**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2002. p.274-303.

RIBEIRO, J.L. et al., Efeitos de absorventes de umidade e de aditivos químicos e microbianos sobre o valor nutritivo, o perfil fermentativo e as perdas em silagens de capim-marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.2, p.230-239, 2009.

RIBEIRO, L. S. O.; PIRES, A. J.; CARVALHO, G. G. P.; SANTOS, A. B.; FERREIRA, A. R.; BONOMO, P.; SILVA, F. F. Composição química e perdas fermentativas de silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia ou hidróxido de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.9, p.1911-1918, 2010.

SAPP, R. E.; DAVIDSON, S. D. Microwave Digestion of Multicomponent Foods for Sodium Analysis by Atomic-Absorption Spectrometry. **Journal of Food Science**, n.56, v.5, p.1412-1414, 1991.

SILVA, F.F.; AGUIAR, M. S. M. A.; VELOSO, C. M.; PIRES, A. J. V.; BONOMO, P.; DUTRA, G. S. ALMEIDA, V. S.; CARVALHO, G. G. P.; SILVA, R. R.; DIAS, A. M.; ITAVO, L. C. V. Bagaço de mandioca na ensilagem do capim elefante: qualidade das silagens e digestibilidade de nutrientes, **Arquivo brasileira de Medicina veterinária e Zootecnia**, v.59, n.3, p. 719-729, 2007.

SILVA. C. F. P. G.; PEDREIRA, M. S.; FIGUEIREDO, M. P. BERNARDINO, F. S.; FARIAS, D. H. Qualidade Fermentativa e caracterização químico-bromatológica de silagem da parte aérea e raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 32, n.4, p. 401-408, 2010.

SILVEIRA, R. N.; BERCHIELLI, T. T.; FREITAS, D.; SALMAN, A. K. D.; ANDRADE, P.; PIRES, A. V.; FERNANDES, J. J. R. Fermentação e Degradabilidade Ruminal em Bovinos Alimentados com Resíduos de Mandioca e Cana-de-Açúcar ensilados com Polpa Cítrica Peletizada, **Revista Brasileira de Zootecnista**, v.31, n.2, p.793-801, 2002.

SIQUEIRA, G. R.; RESENDE, F. D.; ROMAN, J.; REIS, R. A.; BERNARDES, T. F. Uso Estratégico de forragens conservadas em sistema de produção de carne, In: SIMPOSIO SOBER PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 3, 2008, Maringá **Anais...** Maringá: Masson 2008 p41-87.

SNIFFEN, C.J.; O' CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; RUSSELL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal Animal Science**, v.70, n.10, p.3562-3577. 1992.

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

VANSOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *In*: Symposium Carbohydrate Methodology, Metabolism, and Nutritional Implications in Dairy Cattle. **Journal Dairy Science**, v. 74, n.10, p.3583-3597, 1991.

WATERS, C.J., KITCHERSIDE, M.A., WEBSTER, A.J.F. Problems associated with estimating the digestibility of undergrated dietary nitrogen from acid-detergent insoluble nitrogen. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.39, n.3-4, p.279-291. 1992.

ZEOULA, L. M. CALDAS NETO, S. F.; GERON, L. J.; MAEDA, E. M.; PRADO, I. N.; DIAN, P. H. M. JORGE, J. R. V.; MARQUES, J. A. Substituição do milho pela farinha de varredura de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em rações de ovinos: consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio e energia e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 2, p. 491-502, 2003.

ZEOULA, L. M.; CALDAS NETO, S. F.; BRANCO, A. F.; PRADO, I. N.; DALPONTES, A. O.; KASSIES, M. FREGADOLLI, F. L. Mandioca e resíduos das farinhas na alimentação de ruminantes: pH, concentração de N-NH<sub>3</sub> e eficiência microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 3, p.1582-1593, 2002.

**Tabela 1-** Composição química bromatológica (g/kg MS) e energética dos ingredientes *in natura* utilizados para a confecção da silagem.

Variáveis	Níveis de inclusão (g /kg MN)					Casca
	0	100	200	300	400	
Matéria Seca (g/kg MN) - MS	224,20	283,47	345,35	404,96	468,11	834,01
Matéria Orgânica (MO)	929,39	933,86	939,60	939,09	938,93	943,10
Matéria Mineral (MM)	70,60	66,14	60,40	60,91	61,07	56,90
Extrato Etéreo (EE)	58,44	51,77	37,45	39,42	31,44	13,04
FDN	402,96	511,00	330,94	446,66	421,85	310,71
FDA	350,13	241,47	247,48	207,68	182,09	145,07
Celulose (CEL)	316,66	216,17	225,28	188,58	166,55	136,44
Hemicelulose (HEM)	52,83	269,54	83,46	238,99	239,76	165,64
Lignina (LIG)	33,47	25,30	22,20	19,09	15,56	8,62
Proteína Bruta (PB)	237,28	195,81	162,62	138,43	122,17	43,25
PIDN	37,63	39,59	46,27	29,97	30,00	15,25
PIDA	33,17	26,55	34,85	28,59	28,85	9,20
Energia Bruta (Mcal/kg) - EB	4,67	4,55	4,43	4,24	4,18	3,75
Energia Digestível (ED*)	3,34	3,27	3,36	3,22	3,21	3,24
Energia Metabolizável (EM*)	2,93	2,86	2,95	2,81	2,80	2,83
NDT	730,42	725,43	759,36	732,28	735,11	762,36

FDN = Fibra em detergente neutro; FDA = Fibra em detergente ácido; PIDN = Proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA = Proteína insolúvel em detergente ácido; \*ED e EM = Mcal/kg; NDT = Nutrientes digestíveis totais.

**Tabela 2.** Composição química bromatológica (g/kg MS) da silagem das folhas (terço superior) da mandioca acrescida da casca com 60 dias de armazenamento.

Variável	Nível de inclusão da casca (g/kg MN)					Equação	R <sup>2</sup>
	0	100	200	300	400		
MS	218,49	276,53	334,57	392,61	450,65	Y=218,494+5,804X	0,99
MO	928,57	929,48	929,48	929,94	930,38	NS	-
MM	71,42	70,97	70,51	70,05	69,60	NS	-
PB	242,87	209,61	176,35	143,09	109,83	Y=242,873-3,326X	0,95
PIDN	39,25	36,77	34,29	31,81	29,33	Y=39,250-0,248X	0,61
PIDA	33,16	30,07	26,98	23,89	20,80	Y=33,155-0,309X	0,88
FDN	420,28	396,48	372,68	348,88	325,08	Y=420,286-2,381X	0,56
FDA	330,01	305,75	281,49	257,23	232,97	Y=330,009-2,426X	0,94
CEL	297,62	278,11	258,60	239,09	219,58	Y=297,623-1,951X	0,90
HEMI	72,43	104,65	115,67	105,49	74,11	Y=72,431+4,282X-0,106X <sup>2</sup>	0,25
LIG	32,39	27,65	22,91	18,17	13,43	Y=32,385-0,474X	0,95
CT	610,24	657,42	704,60	751,78	798,96	Y=610,238+4,718X	0,96
CNF	196,23	266,83	337,43	408,03	478,63	Y=196,232+7,060X	0,92

MS = Matéria seca (g/kg MN); MO = Matéria orgânica; MM= Matéria mineral; PB = Proteína bruta; FDN = Fibra em detergente neutro; PIDN = Proteína insolúvel em detergente neutro; FDA = Fibra em detergente ácido; PIDA = Proteína insolúvel em detergente ácido; CEL = Celulose; HEMI = Hemicelulose; LIG =Lignina; CT = Carboidratos totais, CNF= Carboidratos não fibroso (g/kg CT)

**Tabela 3** - Composição energética (Mcal/kg) da silagem de folhas da mandioca acrescida da casca com tempo de armazenamento de 60 dias.

Variável	Nível de inclusão da casca (g/kg)					Equação	R <sup>2</sup>
	0	100	200	300	400		
EB	4,83	4,67	4,51	4,35	4,19	Y=4,830-0,016X	0,87
ED	3,43	3,39	3,35	3,31	3,27	Y=3,431-0,004X	0,69
EM	3,02	2,98	2,94	2,90	2,86	Y=3,021-0,004X	0,68
NDT*	757,99	746,51	742,23	745,15	755,27	Y=757,985-1,508X+0,036X <sup>2</sup>	0,58

EB = Energia bruta; ED = Energia digestível; EM = Energia metabolizável; NDT = Nutrientes digestíveis totais \*(g/kg de MS).

**Tabela 4** - Frações da proteína (g da proteína bruta total) da silagem do terço superior da parte aérea a mandioca acrescidas da casca com 60 dias de armazenamento.

Variável*	Nível de Inclusão da casca g/kg MS					Equação	R <sup>2</sup>
	0	100	200	300	400		
A	115,17	100,97	86,77	72,57	58,37	Y=115,167-1,420X	0,97
B1+B2	88,46	71,88	55,30	38,72	22,14	Y=88,457-1,658X	0,95
B3	6,10	7,35	8,43	3,78	10,96	NS	
C	33,16	30,07	26,98	23,89	20,80	Y=33,155-0,309X	0,88

\*(A = Nitrogênio não protéico; B1 = fração rapidamente degradada no rúmen; B2= fração de degradação intermediária; B3 = Fração lentamente degradável no rúmen; C = Fração indisponível) g da proteína bruta total.

**Tabela 5** - Frações dos carboidratos da silagem do terço superior da parte aérea da mandioca acrescidas da casca com 60 dias de armazenamento.

Variáveis	Nível de inclusão da casca (g/kg MN)					Equação	R <sup>2</sup>
	0	100	200	300	400		
A+B1*	260,44	345,64	430,84	516,04	601,24	Y=260,442+8,52X	0,92
B2*	613,89	550,99	488,09	425,19	362,29	Y=613,89-6,29X	0,84
C*	125,66	103,38	81,10	58,82	36,54	Y=125,664-2,228X	0,93

A= Açúcares solúveis; B1 = amido e pectina; B2= porção digestível da parede celular; C = Fração indigestível da parede celular g/kg carboidratos totais.

**Tabela 6**- Valores médios de temperatura, pH, N-NH<sub>3</sub> e estabilidade aeróbica da silagem das folhas do terço superior da parte aérea da mandioca acrescida da casca com tempo de armazenamento de 60 dias.

Variável	Níveis de inclusão da casca (g /kg MN)					Equação	R <sup>2</sup>
	0	100	200	300	400		
TA (°C)	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	-	-
TS 0h (oC)	26,45	26,58	26,15	26,42	26,62	NS	-
E (h)	89,60	103,20	116,80	130,40	144,00	Y=89,600+1,360X	0,93
CT	65,03	57,74	50,45	43,16	35,87	Y=65,034-0,729X	0,92
N-NH <sub>3</sub> *	17,39	35,68	48,07	54,55	55,12	Y=17,395+2,123X-0,029X <sup>2</sup>	0,94
pH 0h	3,977	4,011	4,033	4,043	4,041	Y=3,977+0,004X-0,00006X <sup>2</sup>	0,93
pH 48h	3,98	3,96	3,96	3,99	3,97	NS	-
pH 96h	4,63	4,31	4,11	4,03	4,07	Y=4,634-0,038X+0,0006X <sup>2</sup>	0,92
pH 144h	6,14	5,74	5,34	4,94	4,54	Y = 6,136-0,040X	0,93
pH médio	4,65	4,52	4,39	4,26	4,13	Y = 4,652-0,013X	0,92

TA (°C)-Temperatura Ambiente; TS 0h (°C)-Temperatura do silo;CT- Capacidade Tampão;E(h) Estabilidade; \*%N total.

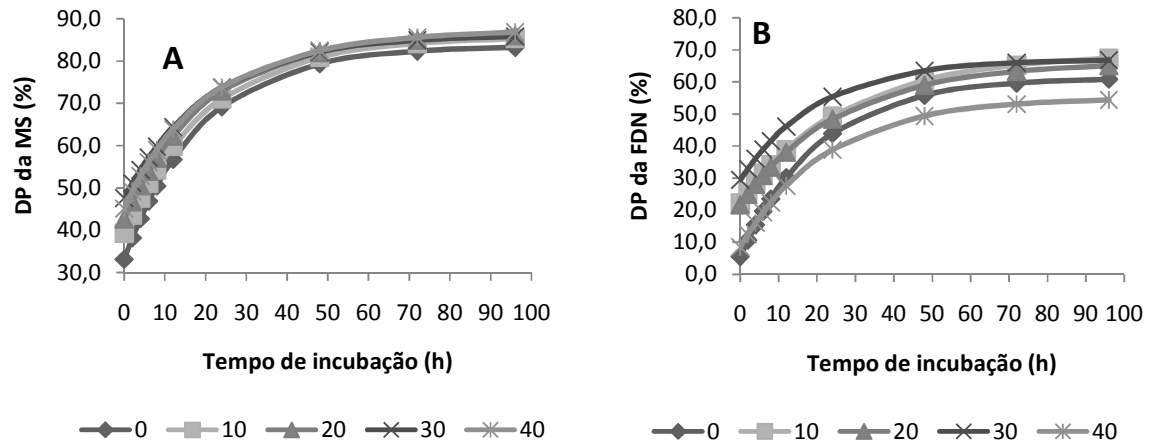
**Tabela 7-** Perdas por gases, recuperação de matéria seca e composição mineral da silagem das folhas da mandioca acrescida da casca com 60 dias de armazenamento.

Variável	Nível de Inclusão da Casca (g/kg MN)					Equação	R <sup>2</sup>
	0	100	200	300	400		
Perdas por Gases	19,97	18,70	17,43	16,16	14,89	Y = 19,971-0,127X	0,76
Recuperação MS	955,37	950,71	946,05	941,39	936,73	Y = 955,373-0,466X	0,30
Densidade (kgMS/m <sup>3</sup> )	305,32	241,48	198,21	169,04	146,23	-	-
Fósforo (P)*	3235,63	3001,05	2766,47	2531,89	2297,31	Y = 3235,625-23,458X	0,90
Sódio (Na)*	426,21	490,98	491,05	490,95	490,78	NS	-
Potássio (K)*	3349,49	3229,62	3109,75	2989,88	2870,01	Y = 3203,493-11,987X	0,52
Cálcio (Ca)*	6,76	7,82	7,35	7,04	6,98	NS	-
Magnésio (Mg)*	2,10	2,35	2,12	2,09	2,21	NS	-

Perdas gasosas %MS; Recuperação MS % ;\*( mg/kg MS)

**Tabela 8.** Fração solúvel (a), potencialmente degradável (b), taxa de degradação(c), degradabilidade potencial e degradabilidade efetiva (DE) da MS e FDN para as taxas de passagem de 2; 5 e 8 %/h da silagem das folhas da mandioca acrescido da casca em diferentes proporções.

Tratamentos	a	b	c	DP	DE (%/h)		
					2	5	8
Matéria seca (MS)							
0	33,1	50,4	0,052	58,2	34,4	33,6	33,4
100	39,2	46,7	0,047	61,7	40,4	39,7	39,5
200	42,6	43,9	0,047	63,9	43,7	43,0	42,9
300	47,6	38,6	0,047	66,0	48,5	47,9	47,8
400	45,1	42,7	0,050	65,5	46,1	45,5	45,4
CV(%)	7,5	6,6	28,3	25,7	7,21	7,3	7,4
Fibra em Detergente Neutro (FDN)							
0	5,5	55,7	0,048	32,5	7,0	6,0	6,0
100	22,5	47,0	0,036	42,3	23,2	22,5	22,5
200	21,7	45,0	0,038	41,2	22,5	21,7	21,7
300	29,25	37,5	0,048	47,6	30,2	29,7	29,7
400	8,5	46,5	0,044	30,0	9,5	8,7	8,7
CV(%)	13,2	6,9	19,6	43,2	11,9	12,7	12,7



**Figura 1.** Curva de degradação potencialmente degradável da MS (A) e da FDN (B) da silagem do terço superior da mandioca acrescida da casca da raiz de mandioca com 60 dias de armazenamento.

## CAPÍTULO II

### COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E DEGRADABILIDADE RUMINAL DA SILAGEM DE MANDIOCA COM 90 DIAS DE ARMAZENAMENTO

*(Normas da Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira)*



### **Composição bromatológica e degradabilidade ruminal da silagem de mandioca com 90 dias de armazenamento**

Resumo - Objetivou-se com este trabalho avaliar a cinética da degradação ruminal e a composição bromatológica da silagem do terço superior da mandioca acrescido da casca em diferentes níveis de inclusão (0; 100; 200; 300; 400 g/kg da Matéria Natural). O material foi ensilado em 15 minisilos experimentais. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e três repetições. A inclusão da casca de mandioca ocasionou efeito significativo com comportamento linear crescente para os teores de matéria seca e decrescente para proteína bruta, fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA). Os teores de lignina da silagem diminuíram com a inclusão da casca de mandioca, o nível de 400 g/kg MN apresentou 16,38 g/kg MS contra 33,58 g/kg MS para o tratamento exclusivo com folhas de mandioca. No tocante a degradabilidade efetiva da MS e FDN, verificou-se que dentre os tratamentos o que apresentou a maior degradabilidade para as taxas de passagem 2% 5% 8%, foi o tratamento com 400 g/kg de inclusão da casca, inferindo-se que a maior quantidade de carboidratos não fibrosos oriundos da casca, promoveu tais resultados sendo, portanto a casca de mandioca um bom aditivo para a silagem das folhas da mandioca.

Termos para indexação: fracionamento, carboidrato, proteína, conservação, mandioca.

### **Bromatological composition and ruminal degradability of cassava silage with 90 days of storage**

Abstract - The objective of this study was to evaluate the kinetics of ruminal degradation and chemical composition of silage upper third of cassava plus bark at different inclusion levels ( 0 , 100, 200 , 300, 400 g / kg of Matter Natural ) . The material was ensiled in 15 minisilos experimental . The experimental design was completely randomized with five treatments and three replications . The inclusion of cassava peel caused significant effect with increasing linear behavior for dry matter and decreasing for crude protein, neutral detergent fiber ( NDF) and acid detergent fiber ( ADF) . The lignin silage decreased with the inclusion of cassava peel , the level of 400 g / kg showed MN 16.38 g / kg DM versus 33.58 g / kg DM for the exclusive treatment with cassava leaves . Regarding the effective degradability of DM and NDF , it was found that among the treatments with the highest degradability passage rates of 2 % 5 % 8 % , was the treatment with 400 g / kg of hulls , inferring that the largest amount of non-fiber carbohydrates derived from the bark, such results being promoted , so the cassava peel a good additive for silage of cassava leaves .

Index terms: fractionation, carbohydrate, protein, conservation, cassava.

## Introdução

A utilização dos resíduos da mandiocultura na nutrição animal tem sido praticada nos últimos anos como uma alternativa, principalmente, na alimentação de ruminantes. Esses resíduos podem ser fornecidos de diversas formas, como por exemplo, na forma de silagem ou feno, porém a parte aérea fresca da mandioca, descartada principalmente no momento da colheita, é a forma mais simples de ser fornecida aos animais. Entretanto, a confecção da silagem da parte aérea é um método que tem sido empregado com o objetivo de conservar o valor nutritivo desse material e vem sendo estudado por alguns pesquisadores (Marques et al., 2000; Faustino 2003; Modesto et al., 2008).

Nesse contexto, conhecer o valor nutritivo do alimento e a forma como o mesmo é aproveitado pelo animal, é de fundamental importância para que se consiga retirar o máximo proveito do alimento. Todavia, a qualidade do alimento para o animal ruminante é determinada por suas características intrínsecas e pela sua interação com os microrganismos do trato digestório, que influenciam a digestão, a absorção e a utilização pelo animal hospedeiro (Prado et al., 1999).

O avanço no conhecimento dos diferentes componentes da planta com relação à composição bromatológica, digestibilidade, degradabilidade e a utilização dos subprodutos em dietas de animais de produção, tem fornecido informações detalhadas sobre o desempenho e o potencial de produção dessas fontes de alimentação. Porém, os constituintes químicos e as taxas de degradação dos alimentos produzidos em condições tropicais diferem grandemente daqueles produzidos em regiões de clima temperado (Van Soest, 1994), tornando-se importante avaliar as forrageiras tropicais, principalmente os resíduos com potencial para a alimentação dos animais.

Além disso, o fracionamento dos carboidratos e das proteínas são importantes, porque estes podem afetar negativamente a digestibilidade, o que de acordo com Van Soest et al. (1994) os carboidratos são as principais fontes de energia para os microrganismos do rúmen e as proteínas são os principais compostos nitrogenados das forragens e deficiências desses nutrientes podem limitar a produção animal. Logo o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da silagem do terço superior da mandioca com diferentes níveis de inclusão da casca de mandioca, como alimento para ruminantes com 90 dias de armazenamento.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Nutrição Animal (LANA), localizado no Centro Laboratorial de Apoio à Pesquisa da Unidade Acadêmica de Garanhuns (CENLAG) da Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Garanhuns (UFRPE/UAG).

O material avaliado foi a silagem dos resíduos da agroindústria da mandiocultura composta pelas folhas do terço superior da parte aérea da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), com diferentes níveis de inclusão da casca de mandioca. A mandioca foi colhida com 12 meses de idade, no Sítio Terra Rica, localizado a 12 km de Garanhuns - PE e as folhas do terço superior da parte aérea foram trazidas para a unidade, onde foram picadas em forrageira convencional estacional em pedaços de aproximadamente 2,0 cm.

A casca da mandioca foi constituída de casca, entrecasca, cepas e pontas de mandioca. O material, adquirido em fábrica local, foi seco ao sol até atingir o ponto em que um pedaço estivesse riscando como giz, sendo este material picado para homogeneizar o tamanho das partículas.

O material foi ensilado em 15 minisilos experimentais confeccionados em tubo de PVC com 50 cm de altura por 10 cm de diâmetro, provida de válvula de *Bunsen*, para saída dos gases oriundos da fermentação. Também foi utilizado 1,0 kg de areia lavada e seca, no fundo de cada silo, para captar os efluentes gerados durante o processo de ensilagem. Em cada silo foi colocado material suficiente para atingir uma densidade de 684,54 kg de matéria natural/m<sup>3</sup> e posteriormente foram vedados e pesados.

A casca de mandioca foi adicionada no momento da ensilagem com base na matéria natural, sendo desta forma caracterizada: 0,0g/kg (T1); 100,0 g/kg (T2); 200,0 g/kg (T3); 300,0 g/kg (T4) e 400,0 g/kg (T5) de inclusão da casca de mandioca. Os silos foram abertos após 90 dias da ensilagem.

As composições químicas e energéticas dos ingredientes *in natura* utilizados para a confecção das silagens encontram-se na Tabela 1.

No momento da abertura dos minisilos, obtiveram-se ainda os valores de pH, considerado como o tempo zero, repetindo-se as medidas a cada dois dias até o final do período experimental da estabilidade aeróbia, para cada silo experimental, utilizando o método do potenciômetr, também foram coletadas amostras para a determinação de Nitrogenio amoniacal de acordo com Preston (1986). Em seguida, foram colhidas amostras que foram submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 55°C

por 72 horas e, em seguida, moídas em peneira com crivo de 1,0 mm para posteriores análises bromatológica.

Para a avaliação da estabilidade aeróbia da silagem o material foi retirado, homogeneizado e uma amostra de aproximadamente 400g de silagem foi separada e colocada em potes plásticos com capacidade de um quilo, os quais foram mantidos em uma sala climatizada com temperatura ambiente de 25°C. As temperaturas da silagem foram obtidas a cada 12 horas durante 144 horas, usando-se termômetro inserido no centro da massa da silagem.

A estabilidade aeróbia foi calculada como o número de horas observado para que a silagem, após a abertura do silo, apresentasse elevação em 2°C em relação à temperatura ambiente.

O teor de minerais foi realizado conforme Sapp & Davidson (1991). As perdas por gases foram determinadas de acordo com Mari (2003) e a recuperação de matéria seca foram quantificadas de acordo com Jobim et al. (2007).

As amostras foram analisadas para determinação dos teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), carboidratos solúveis, segundo as recomendações AOAC, (1990); fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro livre de cinza e proteína (FDNcp), lignina e celulose conforme Van Soest et al., (1991). Os valores de FDN corrigida para nitrogênio (FDNn), FDN corrigida para cinzas, para proteína e cinzas e proteína, respectivamente FDNc, FDNp e FDNcp e MO foram estimados pelas seguintes formulas:

$$MO = 100 - MM;$$

$$FDNn = FDN - NIDN$$

$$FDNc = FDN - CFDN$$

$$FDNp = FDN - PIDN$$

$$FDNcp = FDN - (CFDN + PIDN)$$

$$CFDN = \text{Cinzas da FDN}$$

As estimativas de energia bruta, energia digestível, energia metabolizável, nutrientes digestíveis totais, carboidrato não fibroso verdadeiramente digestível, fibra em detergente neutro verdadeiramente digestível, proteína bruta verdadeiramente digestível, foram determinadas por meio de equações do NRC, (2001).

Os procedimentos empregados para o fracionamento da PB seguiram as recomendações de Licitra et al. (1996).

A fração A foi obtida pelo tratamento com o ácido tricloroacético (TCA) a 10%. Em seguida, determinou-se o nitrogênio do material residual pelo método macro *Kjeldahl*. A diferença entre o nitrogênio total e o nitrogênio residual resultou na fração A, conforme segue:

$$\text{Fração A} = \text{NT} - \text{NR}$$

Onde:

NT = Nitrogênio total das amostras

NR = Nitrogênio Residual, após tratamento com TCA

A fração B1 e B2 foram consideradas como fração única e foi determinada pela diferença entre o N total e as frações A, B3 e C.

$$\text{Fração B1} + \text{B2} = \text{NT} - (\text{A} + \text{B3} + \text{C})$$

A fração B3 foi determinada pela diferença entre o nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), sendo esta considerada como a fração nitrogenada indisponível (C) (Van soest et al., 1991).

$$\text{Fração B3} = \text{NIDN} - \text{NIDA}$$

$$\text{Fração C} = \text{NIDA}$$

Onde:

O NIDN e NIDA, respectivamente, são as frações do nitrogênio determinado no resíduo do FDN e da FDA.

Os teores e as frações dos carboidratos foram determinados segundo as equações de (Sniffen et al., 1992).

Os Carboidratos totais (CT) foram calculados pela equação:

$$\text{CT} = 100 - (\text{PB} + \text{EE} + \text{MM})$$

Os carboidratos não fibrosos (considerados equivalentes às frações A e B1), foram determinados pela equação:

$$\text{CNF} = 100 - [(\text{FDN} - \text{NFDN}) + \text{PB} + \text{EE} + \text{MM}]$$

Onde:

NFDN = FDN corrigido para nitrogênio

PB = Proteína bruta

EE = Extrato etéreo

MM = Matéria mineral

Já as frações dos carboidratos foram determinadas pelas equações abaixo em que a fração C foi obtida pela seguinte fórmula:

$$C = 100 \times \text{FDN}(\% \text{MS}) \times 0,01 \times \left( \frac{\text{LIG}(\% \text{FDN}) \times 2,4}{\text{CT}(\% \text{MS})} \right)$$

A Fração B<sub>2</sub> foi obtida pela seguinte equação:

$$B_2 = 100 \times (\text{FDN}(\% \text{MS}) - \text{PIDN}(\% \text{PB}) \times 0,01 \times \text{PB}(\% \text{MS})) - \text{FDN}(\% \text{MS}) \times 0,01 \times \left( \frac{\text{LIG}(\% \text{FDN}) \times 2,4}{\text{CT}(\% \text{MS})} \right)$$

Em que:

LIG = lignina em porcentagem da FDN

PIDN = Nitrogênio insolúvel em detergente neutro em porcentagem da PB

As frações com maiores taxas de degradação ruminal foram determinadas pela seguinte equação:

$$\text{Fração A} + B_1 = 100 - (\text{fração C} + B_2)$$

A degradabilidade da matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN) das silagens foram estimadas pela técnica *in situ* com o uso de sacos de náilon, utilizando-se quatro novilhas mestiças holandesa, canuladas no rúmen para incubação ruminal. Os tempos de incubação foram de, 0, 2, 4, 6, 8, 12, 24, 48, 72 e 96 horas, com todos os sacos retirados do rúmen ao mesmo tempo. Após a remoção, os sacos foram enxaguados em água corrente até se extrair totalmente o líquido ruminal. Os sacos representando o tempo 0 h foram incluídos no processo de enxágue. Em seguida, todos os sacos foram secos em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, e submetidas a análises segundo as metodologias descritas anteriormente.

Os dados de desaparecimento foram ajustados por regressão não linear, que prediz a degradabilidade potencial (DP) dos alimentos por meio do modelo proposto por Mehrez & Orskov (1977):

$$DP = a + b(1 - e^{-ct})$$

Em que:

a = fração solúvel;

b = fração potencialmente degradável;

c = taxa de degradação da fração b;

t = tempo de incubação.

A degradabilidade efetiva (DE) foi calculada segundo o modelo matemático proposto por Orskov & McDonald (1979):

$$DE = a + \left( \frac{b * c}{c + k} \right)$$

Em que:

$k$  = taxa de passagem de sólidos no rúmen: 2, 5 e 8%/h.

O modelo estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado:

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

Em que:

$Y_{ij}$  = valor observado das variáveis;

$\mu$  = constante geral;

$A_i$  = efeito do nível de inclusão  $i$ , onde  $i = 1$  a  $5$ ;

$e_{ij}$  = erro aleatório associado a cada observação  $ij$ .

Os dados obtidos foram analisados utilizando o programa SAS (2008) para a análise estatística dos resultados obtidos. A significância dos coeficientes de regressão foram observadas por meio do teste F, no nível de 5% e os critérios utilizados para a escolha do modelo baseou-se na significância do coeficiente de determinação ( $r^2$ ).

### **Resultados e Discussão**

A inclusão da casca de mandioca em silagem de folhas do terço superior da mandioca promoveu com comportamento linear crescente ( $P < 0,05$ ) para os teores de MS com 447,67g/kg para o maior nível de inclusão neste experimento contra 225,79 g/kg para o tratamento zero (Tabela 2). Entretanto, o nível com 200 g/kg apresentou 336,73g/kg de MS, considerada ideal de acordo com Nussio et al.(2001) o que não implica dizer que os demais tratamentos não apresentaram boa qualidade. Esses resultados são semelhantes aos de Ferrari & Veloso (2001) ao trabalharem com a inclusão da raspa de mandioca em silagens de gramíneas encontraram 334,9 g/kg para essa mesma variável.

Os resultados encontrados para a MS, neste trabalho corroboram com Maciel et al., (2008) que concluíram que o uso de subprodutos da mandioca podem ser utilizados como aditivo em silagens, devido a adição da raspa de mandioca à silagem de gramíneas reduzir a umidade melhorando dessa forma a composição química e os produtos de fermentação da mesma.

Os valores de MO e MM apresentaram comportamento quadrático, assemelhando-se aos encontrados por Faustino et al. (2003), quando trabalharam com silagem do terço superior da mandioca e encontraram valores entre 920,3 e 933,3 g/kg para MO em períodos de armazenamentos 60 e 120 dias respectivamente, para MM foram

encontrados 79,7 g/kg para 60 dias de armazenamento e 66,6 g/kg para tempos 120 dias. Por outro lado, Silva et al. (2010) quando avaliaram a inclusão de raízes de mandioca em diferentes proporções (0, 15, 30, 45% da MN) na silagem da parte aérea de mandioca verificaram que não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos, contudo os níveis de 0 e 15% apresentaram valores semelhantes (79,2 e 62,0 g/kg MN) aos encontrados nesse trabalho.

Para os teores de proteína bruta, a casca de mandioca proporcionou um efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ) na silagem do terço superior da mandioca. O comportamento linear decrescente encontrado para esta variável é justificado pela composição química individual das partes da planta, pois a parte aérea da mandioca, principalmente as folhas apresentam elevados teores de proteína, ao contrário das raízes que são ricas em carboidratos estruturais (Valadares Filho et al., 2006), portanto, ao ser adicionada à silagem promoveu essa diluição no teor de PB.

Os resultados encontrados para proteína nesta pesquisa corroboram com os de Silva et al. (2010) que ao trabalhar com a silagem da parte aérea e raízes da mandioca encontraram esse mesmo comportamento. Esses valores encontram-se acima da recomendação mínima de 7% para atender as exigências de ruminantes, o que seria um indicativo de um bom alimento para os animais.

O tratamento sem inclusão da casca (somente terço superior) apresentou teor de PB, bem acima dos valores observados por Azevedo et al. (2006), que ao caracterizar a parte aérea de cinco cultivares de mandioca quanto à qualidade nutricional para a alimentação de ruminantes, encontraram teores de PB que variaram entre 72 a 104 g/kg. Entretanto, valores próximos a este trabalho também foram relatados por Faustino et al. (2003) e Modesto et al. (2004), respectivamente, 205,8 e 195,0 g/kg PB. Ratificando dessa forma as variações no conteúdo de proteína das silagens da parte aérea de mandioca, haja vista que estas variações podem estar relacionadas à idade de maturação, variedade e porção da planta utilizada, pois quanto mais jovens forem as folhas e quanto maior for o seu percentual na parte aérea obtêm-se um volumoso mais protéico (Irmão et al., 2008).

Quanto ao PIDN e PIDA, estes apresentaram um comportamento linear decrescente ( $P < 0,05$ ) à medida que se acrescentou a casca de mandioca, esse comportamento pode estar relacionado aos menores teores de lignina na casca, assim à medida que se aumentou o nível de inclusão da casca na silagem houve redução do teor



da PIDN e da PIDA. Pois segundo Sniffen et al. (1992) à PIDA está diretamente associada à lignina.

No tocante à FDN, essa apresentou um comportamento linear decrescente com a inclusão da casca ( $P < 0,05$ ), apesar do  $r^2$  ter se apresentado baixo, o que significa dizer que os dados não se ajustaram ao modelo, este por sua vez não pode ser interpretado exclusivamente como erro estatístico. Paralelamente, a FDA apresentou efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ) com a elevação do nível de inclusão da casca de mandioca na silagem do terço superior da mandioca. Esse comportamento pode ser explicado pelo fato da casca apresentar menor teor de FDN e FDA comparado às folhas (Tabela 1). Comportamento também verificado por Maciel et al. (2008) onde os teores da FDA das silagens de gramíneas contendo 20% de subproduto da mandioca foram reduzidos na ordem de 7,6 unidades percentuais quando comparados a silagens exclusivas de capim elefante. A diminuição dos teores da FDN e da FDA é um bom indicativo da melhoria do valor nutritivo do alimento, que segundo Van Soest (1994) há correlação negativa entre os teores de FDN e a degradabilidade do alimento, além disso, a redução nos teores da FDN ocasiona aumento da digestibilidade da MS.

Esse comportamento da FDA também pode ser justificado pelos teores de celulose e lignina, uma vez que a mesma é constituída por esses dois compostos. Além disso, esse comportamento pode ser justificado pelo fato da casca de mandioca apresentar em sua composição carboidratos não estrutural, em especial o amido.

A inclusão da casca de mandioca na silagem elevou os teores dos carboidratos totais ( $P < 0,05$ ) apresentando um comportamento linear crescente, tal resultado já era esperado devido aos elementos não estruturais presentes na casca utilizada neste experimento, comportamento semelhante foi encontrado por Silva et al. (2010).

Os CNF apresentaram um comportamento linear crescente ( $P < 0,05$ ), assemelhando-se aos resultados observados por Silva et al. (2010) que ao trabalhar com a inclusão de raízes de mandioca em silagem da parte aérea de mandioca, com níveis variando entre 0% e 45% da raiz, encontraram comportamento linear crescente resultado decorrente do fato de que a casca de mandioca apresenta em sua composição além de carboidrato fibrosos, carboidrato não fibroso.

A inclusão da casca de mandioca não afetou significativamente os teores de NDT da silagem de mandioca, entretanto, a EB, a ED e a EM apresentaram comportamento linear decrescente ( $P < 0,05$ ). A ED foi calculada com base nas equações do NRC (2001), que considera os teores de PBvd (proteína bruta verdadeiramente digestível) e AG

(ácidos graxos), estes por sua vez consideram os teores de proteína e extrato etéreo, portanto, uma redução linear observada nesses compostos podem ter diminuído a energia digestível. Entretanto, Ferreira et al. (2007) trabalhando com o terço superior da rama de mandioca encontraram valores de 2,57 e 2,15 Mcal/kg para a ED e a EM respectivamente, valores abaixo aos encontrados neste trabalho no tratamento sem inclusão da casca.

A inclusão da casca de mandioca ocasionou alteração ( $P<0,05$ ) no fracionamento de proteína (Tabela 4), cuja fração A e fração B1+B2, apresentaram comportamento linear decrescente, esse resultado ocorreu provavelmente em função da menor quantidade de PB presente na casca ocorrendo diluição no teor de proteína em função de sua inclusão na silagem. Por outro lado, também se verificou efeito linear decrescente ( $P<0,05$ ) na fração C, uma vez que esta fração é o próprio NIDA e segundo Licitra et al. (1996) a fração C é a fração não degradada no rúmen e esta ligada a lignina, o que a torna indigestível.

Os menores valores para a fração indigestível foram encontrados nos níveis de 300 e 400 g/kg, 43,67 e 29,59 g/kg na MS respectivamente. Ratificando o uso da casca de mandioca em silagem do terço superior da mandioca, o que pode maximizar a eficiência do N pelos microrganismos, reduzindo as perdas (Russel et al., 1992). Porém mesmo na silagem exclusiva com rama de mandioca (terço superior) sem a adição da casca, observou-se baixo teor da fração C comparados aos encontrados por Modesto et al. (2004) 49,6 g/kg MS.

A fração A+B1(fração rapidamente degradável) e a fração B2 (carboidrato fibroso potencialmente degradável) apresentaram comportamento linear crescente ( $P<0,05$ ). Em contra partida a adição da casca reduziu linearmente a fração C (fração indigestível) ( $P<0,05$ ), comportamento decorrente do baixo teor de FDN e considerável quantidade de compostos não fibrosos presentes na casca. Menores valores da fração C podem apontar maior digestibilidade dos carboidratos que constituem a parede celular do alimento (Van soest, 1994).

A inclusão da casca de mandioca em silagem da parte aérea de mandioca promoveu efeito nas variáveis de estabilidade e capacidade tampão ( $P<0,05$ ) apresentando comportamento quadrático e linear respectivamente (Tabela 6).

O tratamento com 200 g/kg de inclusão foi o que apresentou a menor estabilidade, o que pode estar relacionada a aumento do pH a partir do quarto dia, chegando a 5,25 após 144h de abertura do silo. Na fermentação aeróbica após abertura do silo os

principais substratos utilizados são os ácidos, o etanol e os açúcares solúveis, resultando em aumento do pH e redução da digestibilidade e no conteúdo energético.

Na média geral, após 144h de abertura do silo, somente o tratamento com 200g/kg de inclusão da casca na silagem apresentou-se fora da faixa de pH considerada ideal entre 3,8 a 4,2 segundo McDonald et al. (1991), esse resultado pode estar relacionado à estabilidade, haja vista que este tratamento apresentou menor estabilidade.

O teor N-NH<sub>3</sub> na silagem apresentou comportamento quadrático ( $P < 0,05$ ), apresentando valores superiores ao encontrado por Modesto et al. (2004) 25,77 mg/100mL, por outro lado, o N-NH<sub>3</sub> está presente em forragens verdes em concentração inferior a 1% do N total, valores elevados em silagens são reflexos de intensa proteólise mediante ação de enzimas da planta ou dos clostrídeos (Silva et al., 2010). Apesar disso, infere-se que o N-NH<sub>3</sub> em si apresenta pequeno efeito prejudicial, embora possa contribuir para a elevação do pH da silagem (Pereira et al., 2007). O aumento de pH em função do N-NH<sub>3</sub>, não foi observado neste estudo, mas decorrente do elevado teor de proteína nas folhas de mandioca, pois a produção de N-NH<sub>3</sub> nos silos pode estar associada à fermentação de aminoácidos do alimento ensilado e a elevadas perdas.

A capacidade tampão da silagem apresentou comportamento linear decrescente ( $P < 0,05$ ) à medida que a casca da mandioca foi incluída à silagem, o que segundo Jobim (2002) é considerado bom, segundo este autor quanto maior a capacidade tampão, maior a quantidade de ácido láctico terá que ser formada para que o pH atinja níveis inibitórios à ação dos clostrídeos. Os dois principais fatores de supressão do crescimento clostridiano durante a fermentação da silagem são o pH e a umidade do ambiente. Se a queda do pH for muito lenta pode ocorrer desenvolvimento de clostrídeos ocasionando perdas de MS e energia, bem como, a produção de ácidos butíricos, amônia e aminas vão inibir o consumo da silagem (Evangelista et al., 2004). Apesar do pH do rúmen não ter relação com o da acidez das silagens, há efeito tamponante no rúmen, ajustando os valores de pH (Reis et al., 2008).

A inclusão da casca de mandioca na silagem proporcionou efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ) para as perdas por gases (Tabela 7). O tratamento sem adição da casca apresentou valor de 14,78 contra 17,02 % MS para 400 g/kg de inclusão, possivelmente esse resultado pode estar relacionado ao maior teor de MS para esse nível de inclusão.

Segundo Mota et al. (2011), o acréscimo na taxa da perda por gases na fase inicial da ensilagem é causado pela elevada atividade respiratória inicial da forragem ensilada, ao mesmo tempo com o desenvolvimento inicial dos microrganismos fermentadores, o que com o passar dos dias, ocasiona a diminuição das perdas por gases, pela estabilização da atividade microbiana e pela redução da atividade respiratória da massa ensilada (Jobim et al., 2007).

As perdas por gases estão associadas ao tipo de fermentação ocorrida na ensilagem. Segundo McDonald et al. (1991) quando a fermentação ocorre via bactérias homofermentativas, que utilizam a glicose como substrato para produzir lactato, as perdas de MS são menores. Quando ocorre a produção de álcool, há um aumento considerável das perdas por gases, sendo esse tipo de fermentação promovido por bactérias heterofermentativas, enterobacterias e leveduras. Na condição de excesso de umidade, as perdas de MS por gases são ainda maiores e decorrem da fermentação butírica, promovida por clostrídios, onde tanto as perdas de MS como as de energia são elevadas.

Outro fator que pode estar relacionado à menor perda por gases é a densidade, que por sua vez esta diretamente ligada ao tamanho de partícula, pois, apesar da redução da perda total de MS não ser significativa em silagens mais úmidas, a redução no tamanho de partícula deve ser o objetivo de qualquer programa de ensilagem (Evangelista et al., 2004).

A densidade da massa ensilada no fechamento do silo determina a quantidade de oxigênio residual, dentre os fatores que afetam a densidade da massa ensilada destacam-se o compactação, o tamanho da partícula e o teor de MS. Portanto, foi observado que o aumento dos níveis da inclusão de casca de mandioca na silagem do terço superior da mandioca reduziu a densidade da silagem, portanto com maior densidade no tratamento zero 305,32 kg MS/ m<sup>3</sup> e menor no tratamento com 400g/kg de inclusão da casca de mandioca (146,23 kg MS/ m<sup>3</sup>). Esse resultado pode estar diretamente relacionado com os teores de MS (Tabela 2). Em revisão sobre o assunto Evangelista et al. (2004) citam que silagens com teores de MS mais elevados geralmente apresentam valores mais baixos de densidade, o que pode ser atribuído à maior dificuldade de compactação e/ou tamanho de partícula da planta ensilada.

Paralelamente às perdas por gases, a recuperação de MS apresentou comportamento linear decrescente, com maior recuperação de matéria seca 957,78g/kg MS para o tratamento sem adição da casca de mandioca. De acordo com Jobim et al.

(2007) as perdas totais de matéria seca podem ser expressas como índice de recuperação de matéria seca, logo o elevado valor para a recuperação da matéria seca para o tratamento exclusivo com folhas, implicaria em dizer que a perda total de matéria seca foi baixa, possivelmente devido a inclusão da casca de mandioca o que proporcionou menor densidade da massa ensilada em função da compactação deficiente aumentando as perdas da silagem, devido as más condições de anaerobiose da massa ensilada.

Os minerais, importantes elementos nutricionais que desempenham funções vitais no organismo animal, com exceção do fósforo, não apresentaram efeitos significativos. O teor de fósforo apresentou comportamento linear decrescente ( $P < 0,05$ ) à medida que a casca de mandioca foi incluída na silagem do terço superior da mandioca, essa diluição possivelmente esta relacionada a menor concentração desse mineral na casca (CQBAL, 3.0). Ratificando a diferença individual entre os componentes (partes) da planta da mandioca.

A silagem com o maior nível de inclusão da casca de mandioca avaliada neste trabalho (400 g/kg) apresentou elevado valor para a fração “a” da MS e maior DP para MS e FDN nas primeiras horas de incubação e ao longo do tempo mostrou-se crescente até 72 horas (Figura 1). Esses resultados ocorreram possivelmente em função do aumento nos teores dos carboidratos não fibrosos ocasionados pela inclusão da casca (Tabela 4). Em contrapartida, observou-se que os tratamentos abaixo de 400g/kg apresentaram maior degradabilidade potencial (fração b) da MS e FDN, possivelmente devido à maior proporção de carboidrato estrutural na porção folhas e da casca, haja vista que esta última era heterogênea. Segundo Marques et al. (2000) a casca apresenta teores significativos de elementos estruturais, o que pode ter influenciado esses resultados.

Ao trabalhar com a silagem da raspa de mandioca adicionada de polpa cítrica Silveira et al. (2002) observaram para a fração b da MS 39,90% de degradabilidade, enquanto que Martins et al. (1999) relataram para a raspa de mandioca valor de 37,9%, ambos abaixo do que encontrados pelo presente trabalho, ratificando a variação existente entre os resíduos da mandiocultura, tendo em vista que tal variação pode ser em função da variedade utilizada, do tipo de processamento empregado e, provavelmente, do teor de carboidratos não fibrosos e da qualidade da fibra.

Foi observado pela curva da DP da MS e da FDN que a degradabilidade foi crescente logo após o início dos tempos de incubação (tempo 0), e ocorrendo a estabilização a partir de 72h de incubação. A DP dos tratamentos com inclusão da casca

foi maior que nos tratamentos exclusivos com folhas de mandioca. Esse resultado deve-se ao fato da presença do amido nos tratamentos com adição da casca de mandioca. Pois o amido presente na raiz de mandioca é um carboidrato não fibroso que apresenta alta solubilidade e é rapidamente degradado no rúmen. Esse comportamento assemelha-se ao encontrado por Figueiredo et al. (2006) que trabalhando com raízes de mandioca, silagem de raiz de mandioca, feno da parte aérea e haste de mandioca, observaram estabilização da degradabilidade a 72h de incubação.

No tocante a DE da MS e da FDN, verificou-se que dentre os tratamentos o que apresentou a maior degradabilidade para as taxas de passagem 2%, 5%, 8%, foi o tratamento com 400 g/kg de inclusão da casca, inferindo-se que a maior quantidade CNF presente nesse tratamento promoveu tal resultado. Foram observados por Silva et al. (2005) encontraram para a casca de mandioca valores de 48,47; 47,04; 46,66 % para essas mesmas taxas de passagem (2%, 5%, 8%), respectivamente, valores semelhantes aos apresentados neste trabalho para o maior nível de inclusão da casca.

### **Conclusão**

A silagem do terço superior da parte aérea da mandioca com 400 g/kg de inclusão da casca das raízes da mandioca, apresentou boas características fermentativas e boa composição bromatológica, principalmente na redução dos constituintes indigestíveis, inferindo também em melhor degradabilidade do alimento o que justifica o aproveitamento desse resíduo para alimentação animal.

### **Referências**

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. Official methods of analysis. 15.ed. Arlington: AOAC International, 1990.
- AZEVEDO, E. B.; NORBERG, J. L.; KESSLER, J. D. BRUNING, G.; DAVID, D. B.; FALKENBERG, J. R. CHIELLE, Z. G. Silagem da parte aérea de cultivares de mandioca. **Ciência Rural**, v. 36, n. 6, p. 1902-1908, 2006.
- CQBAL, 3.0 **Composição Química e Bromatológica dos Alimentos**. Disponível em: <<http://cqbal.agropecuaria.ws/webcqbal/index.php>> Acessado em 30 de junho 2003.
- EVANGELISTA, A. R.; ABREU, J. G.; PEREIRA, R. C. Perdas na conservação de forragens In: Simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas, 2., 2004. Maringá **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2004. p.212.

FAUSTINO, J. O.; SANTOS, G. T.; MODESTO, E. C.; SILVA, D. C.; JOBIM, C. C., SAKAGUTI, E. S.; DAMASCENO, J. C. MARQUES, J. A.; ZAMBOM, M. A. Efeito da ensilagem do terço superior da rama de mandioca triturada ou inteira e dos tempos de armazenamento, **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 25, n. 2, p. 403-410, 2003.

FERRARI JÚNIOR, E.; LAVEZZO, W., Qualidade da silagem de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) emurcheado ou acrescido de Farelo de Mandioca, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p. 14224-1431, 2001.

FERREIRA, G. D. G; OLIVEIRA, R. L. CARDOSO, E. C.; MAGALHÃES, A. L. R.; BRITO, E. L. Valor nutritivo de Co-produtos da mandioca, **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, v.8, n.4, p.364-374, 2007.

FIGUEIREDO, M. P.; SOUZA, L. F.; FERREIRA, J. Q. Cinética da degradação ruminal da matéria seca da haste, da raiz, do feno da parte aérea e da silagem de raiz de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) tratadas com uréia, **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 43, n. 1, p. 11-17, 2006.

IRMÃO, J. N. FIGUEIREDO, M. P.; OLIVEIRA, B. M.; RECH, J. L.; FERREIRA, J. Q.; PEREIRA, L. G. R. Composição química do feno da parte aérea da mandioca em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, n. 1, p. 158-169, 2008.

JOBIM, C. C., Atualização da Produção de Bovinos de Corte. In: Curso de atualização à distância, 1, 2002, Maringá. **Anais**. Maringá: UEM, 2002.

JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G.; REIS, R. A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**.v. 36, p.101-119, 2007.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feed. **Animal Feed Science Technology**, v.57, n.4, p.347-358, 1996.

MACIEL, R. P.; NEIVA, J. N. M.; OLIVEIRA, R. C.,; ARAUJO, V. L.; LÔBO, R. N. B. Características fermentativas e químicas de silagens de capim –elefante contendo subproduto da mandioca, **Revista Ciência Agronômica**, v.39. n.01. p.142-147, 2008.

MARI, L.J. Intervalo entre cortes em capim-marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst ex. A. Rich.) Stapf cv. Marandu): produção, valor nutritivo e perdas

**associadas à fermentação da silagem.** 159f. 2003. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior Agrícola “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MARQUES, J. A.; PRADO, I. N.; ZEOULA, L. M.; ALCALDE, C. R.; NASCIMENTO, W. G. Avaliação da mandioca e seus resíduos industriais em substituição ao milho no desempenho de novilhas confinadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 5, p.1528-1536, 2000.

MARTINS, A. S.; ZEOULA, L. M.; PRADO, I. N.; MARTINS, E. N. LOYOLA, V. R. Degradabilidade ruminal in situ da matéria seca e proteína bruta das silagens de milho e sorgo e de alguns alimentos concentrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.1109-1117, 1999.

MCDONALD, P.J , HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage** (2Ed) Mallow Chalcombe Publications, ISBN 0948617225 1991. 340p.

MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R. A study of the artificial fiber bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. **Journal of Agricultural Science**, v.88, n.3, p.645-650, 1977.

MODESTO, E. C.; SANTOS, G. T.; ZOMBOM, M. A.; DAMASCENO, J. C.; BRANCO, A. F.; VILELA, D. Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais em vacas gestantes alimentadas com silagem de rama de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.5, 2008.

MODESTO, E.C.; SANTOS, G. T.; VILELA, D.; SILVA, D.C.; FAUSTINO, J. O. JOBIM, C. C.; DETMAN, E. ZAMBOM, M. A.; MARQUES, J. A. Caracterização químico- bromatológica da silagem do terço superior da rama de mandioca. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.26, n.1, p.37-146, 2004.

MOTA, A. D. S.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; SOUSA, A. S.; REIS, S. T.; TOMICH, T. R.; CALDEIRA, L. A.; MENEZES, G. C. C.; COSTA, M. D. Perfil de fermentação e perdas na ensilagem de diferentes frações da parte aérea de quatro variedade de mandioca, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n.7, p. 1466-1473, 2011.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requeriments of dairy cattle.** 7ª ed. Washinton, D.C. National Academy of Science, 2001.p.381.



NUSSIO, G. L.; SIMAS, J. M. C.; LIMA, M. L. M. Determinação do ponto de maturidade ideal para colheita do milho para silagem. In: WORKSHOP SOBRE MILHO PARA, 2, 2001, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba, 2001.

ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, n.2, p.499, 1979.

PEREIRA, E. S.; MIZUBUTI, I. Y.; PINHEIRO, S. M.; VILLARROEL, A. B. S.; CLEMENTINO, R. H. Avaliação da qualidade nutricional de silagens de milho. **Revista Caatinga**, v.20, n.3, p.08-12, 2007.

PRADO, I. N.; MARQUES, J. A.; BRANCO, A. F.; ZEOULA, L. M.; CALDAS NETO, S. F. Avaliação da substituição do milho pela mandioca e seus resíduos na digestibilidade aparente em novilhas confinadas. **Acta Scientiarum**, v. 21, n. 3, p-677-682, 1999.

REIS, R. A.; SIQUEIRA, G.R.;ROTH, M.T.; ROTH,A.P.T. Fatores que afetam o consumo de forragens conservadas In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 3., 2008. Maringá **Anais**. Maringá: Masson, 2008. p.241.

RUSSELL, J. B. O'CONNOR, J. D.; FOX, D. G. VAN SOEST, P. J.; SNIFFEN, C. J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3551-3561, 1992.

SAPP, R.E.; DAVIDSON, S.D. Microwave Digestion of Multicomponent Foods for Sodium Analysis by Atomic-Absorption Spectrometry. **Journal of Food Science**, n.56, v.5, p.1412-1414, 1991.

SILVA, S. J. B.; FERREIRA, G. D. G.; CRUZ, C.; ARAÚJO, C. V.; BRITO, E. L. SOUSA FILHO, W.; COSTA, C. A. Estudo da cinética de degradação ruminal da Casca de Mandioca, da Massa de Mandioca Enriquecida com Farelo de Trigo e do Farelo de Varredura, In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA,10, 2005, Campo Grande **Anais**.Mato Grosso do Sul, 2005.

SILVA. C. F. P. G.; PEDREIRA, M. S.; FIGUEIREDO, M. P. BERNARDINO, F. S.; FARIAS, D. H. Qualidade Fermentativa e caracterização químico-bromatológica de

silagem da parte aérea e raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 32, n.4, p. 401-408, 2010.

SILVEIRA, R. N.; BERCHIELLI, T. T.; FREITAS, D.; SALMAN, A. K. D.; ANDRADE, P.; PIRES, A. V.; FERNANDES, J. J. R. Fermentação e Degradabilidade Ruminal em Bovinos Alimentados com Resíduos de Mandioca e Cana-de-Açúcar ensilados com Polpa Cítrica Peletizada, **Revista Brasileira de Zootecnista**, v.31, n.2, p.793-801, 2002.

SNIFFEN, C.J.; O' CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; RUSSELL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal Animal Science**, v.70, n.10, p.3562-3577. 1992.

VALADARES FILHO, S. C.; MAGALHÃES, K. A.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; CAPELLE, E. R. **Tabela de composição de alimentos para bovinos**. 2 ed. Viçosa - MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006.

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

VANSOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *In: Symposium Carbohydrate Methodology, Metabolism, and Nutritional Implications in Dairy Cattle*. **Journal Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

**Tabela 1.** Composição química bromatológica (g/kg MS) e energética dos ingredientes *in natura* utilizados para a confecção da silagem.

Variáveis	Níveis de inclusão (g /kg MN)					Casca
	0	100	200	300	400	
Matéria Seca (g/kg MN) - MS	224,20	283,47	345,35	404,96	468,11	834,01
Matéria Orgânica (MO)	929,39	933,86	939,60	939,09	938,93	943,10
Matéria Mineral (MM)	70,60	66,14	60,40	60,91	61,07	56,90
Extrato Etéreo (EE)	58,44	51,77	37,45	39,42	31,44	13,04
FDN	402,96	511,00	330,94	446,66	421,85	310,71
FDA	350,13	241,47	247,48	207,68	182,09	145,07
Celulose (CEL)	316,66	216,17	225,28	188,58	166,55	136,44
Hemicelulose (HEM)	52,83	269,54	83,46	238,99	239,76	165,64
Lignina (LIG)	33,47	25,30	22,20	19,09	15,56	8,62
Proteína Bruta (PB)	237,28	195,81	162,62	138,43	122,17	43,25
PIDN	37,63	39,59	46,27	29,97	30,00	15,25
PIDA	33,17	26,55	34,85	28,59	28,85	9,20
Energia Bruta (Mcal/kg) - EB	4,67	4,55	4,43	4,24	4,18	3,75
Energia Digestível (ED*)	3,34	3,27	3,36	3,22	3,21	3,24
Energia Metabolizável (EM*)	2,93	2,86	2,95	2,81	2,80	2,83
NDT	730,42	725,43	759,36	732,28	735,11	762,36

FDN = Fibra em detergente neutro; FDA = Fibra em detergente ácido; PIDN = Proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA = Proteína insolúvel em detergente ácido; \*ED e EM = Mcal/kg; NDT = Nutrientes digestíveis totais.

**Tabela 2.** Composição química da silagem das folhas (terço superior) de mandioca acrescida da casca com 90 dias de armazenamento

Variável	Níveis de inclusão da casca de mandioca (g/kg MN)					Equação	R <sup>2</sup>
	0	100	200	300	400		
MS	225,79	281,26	336,73	392,20	447,67	Y=225,791+5,547X	0,99
MO	928,434	926,424	926,014	927,204	929,994	Y=928,434-0,281X+0,008X <sup>2</sup>	0,17
MM	71,565	73,575	73,985	72,795	70,005	Y=71,565+0,281X-0,008X <sup>2</sup>	0,17
PB	239,17	207,33	175,49	143,65	111,81	Y=239,170-3,184X	0,95
PIDN	40,93	36,79	32,65	28,51	24,37	Y=40,934-0,414X	0,87
PIDA	34,31	30,49	26,67	22,85	19,03	Y=34,307-0,382X	0,70
FDN	424,32	411,39	398,46	385,53	372,60	Y=424,324-1,293X	0,17
FDA	366,00	337,43	308,86	280,29	251,72	Y=366,000-2,857X	0,95
CEL	332,42	308,16	283,90	259,64	235,38	Y=332,421-2,426X	0,91
HEMI	53,78	72,33	90,88	109,43	127,98	Y=53,779+1,855X	0,34
LIG	33,58	29,28	24,98	20,68	16,38	Y=33,580-0,430X	0,69
CT	616,57	659,32	702,07	744,82	787,57	Y=616,569+4,275X	0,94
CNF	198,74	253,78	308,82	363,86	418,90	Y=198,74+5,504X	0,74

MS = Matéria seca (g/kg MN); MO = Matéria orgânica; MM= Matéria mineral; PB = Proteína bruta; FDN = Fibra em detergente neutro; PIDN = Proteína insolúvel em detergente neutro; FDA = Fibra em detergente ácido; PIDA = Proteína insolúvel em detergente ácido; CEL = Celulose; HEMI = Hemicelulose; LIG =Lignina; CT = Carboidratos totais, g/kg MS; CNF= Carboidratos não fibrosos (g/kg CT).

**Tabela 3.** Composição energética (Mcal/kg) da silagem das folhas (terço superior) da mandioca acrescida da casca com tempo de armazenamento de 90 dias.

Variável	Nível de inclusão da casca(g/kg MN)					Equação	R <sup>2</sup>
	0	100	200	300	400		
EB	4,93	4,74	4,55	4,36	4,17	Y=4,931-0,019X	0,88
ED	3,42	3,41	3,40	3,39	3,38	Y=3,415-0,001X	0,45
EM	2,97	2,93	2,89	2,85	2,81	Y=2,972-0,004X	0,45
NDT*	756,29	716,57	735,60	754,12	732,57	NS	-

EB = Energia bruta; ED = Energia digestível; EM = Energia metabolizável; \*(NDT = Nutrientes digestíveis totais)/g/kg de MS.

**Tabela 4.** Fracionamento da proteína da silagem do terço superior da mandioca acrescida da casca de mandioca armazenada em silo por 90 dias.

Variável	Níveis de inclusão da casca de Mandioca(g/kgMN)					Equação	R <sup>2</sup>
	0	100	200	300	400		
A	112,62	98,91	85,20	71,49	57,78	Y=112,621-1,371X	0,97
B1+B2	85,91	71,83	57,75	43,67	29,59	Y=85,914-1,408X	0,94
B3	4,596	7,036	7,876	7,116	4,756	Y=4,596+0,324X-0,008X <sup>2</sup>	0,66
C	34,31	30,49	26,67	22,85	19,03	Y=34,307-0,382X	0,70

A = Nitrogênio não protéico; B1 = fração rapidamente degradada no rúmen; B2= fração de degradação intermediária; B3 = Fração lentamente degradável no rúmen; C = Fração indisponível g/kg da proteína bruta total.

**Tabela 5.** Fracionamento dos carboidratos da silagem do terço superior da mandioca acrescidas da casca e armazenadas por 90 dias.

Variável	Níveis de inclusão da casca (g/kg MN)					Equação	R <sup>2</sup>
	0	100	200	300	400		
A+B1*	251,95	318,93	385,91	452,89	519,87	Y=251,945+6,689X	0,70
B2*	619,06	572,66	526,25	479,84	433,43	Y=619,064-4,6409X	0,56
C*	128,99	108,51	88,03	67,55	47,07	Y=128,990-2,048X	0,80

A= Açúcares solúveis; B1 = amido e pectina; B2= porção digestível da parede celular; C = Fração indigestível da parede celular \*g/kg dos carboidratos totais.

**Tabela 6.** Valores de temperatura, pH, estabilidade, capacidade tampão e N-NH<sub>3</sub> da silagem da parte aérea da mandioca acrescida da casca armazenada por 90 dias .

Variável	Níveis de Inclusão da casca de Mandioca (g/kg MN)					Equação	R <sup>2</sup>
	0	100	200	300	400		
TA(°C)	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	-	-
TAS 0h(°C)	26,18	25,97	26,13	26,10	26,07	NS	-
E(h)	159,4	132,0	122,6	131,2	157,8	Y=159,400-3,640X+0,090X <sup>2</sup>	0,70
N-NH <sub>3</sub> *	25,77	41,1	50,2	54,2	53,10	Y=26,766+1,691X-0,025X <sup>2</sup>	0,96
CT	61,22	54,87	48,52	42,17	35,82	Y= 61,223-0,635X	0,97
pH Abertura	3,97	3,95	3,95	3,96	3,98	Y=3,978-0,003X+0,00008X <sup>2</sup>	0,77
pH 48h	3,96	3,95	3,94	3,95	3,98	Y=3,969-0,0025X+0,00007X <sup>2</sup>	0,74
pH 96h	3,98	3,94	4,48	3,97	3,95	NS	-
pH 144h	4,17	4,98	5,25	4,98	4,17	Y=4,177+0,108X-0,0027X <sup>2</sup>	0,66
pH média	4,01	4,26	4,35	4,28	4,05	Y=4,013+0,033X-0,0008X <sup>2</sup>	0,55

TA (°C)-Temperatura Ambiente; TAS 0h (°C)-Temperatura de Abertura do silo; CT- Capacidade Tampão;E(h) Estabilidade; N-NH<sub>3</sub>(%N total)

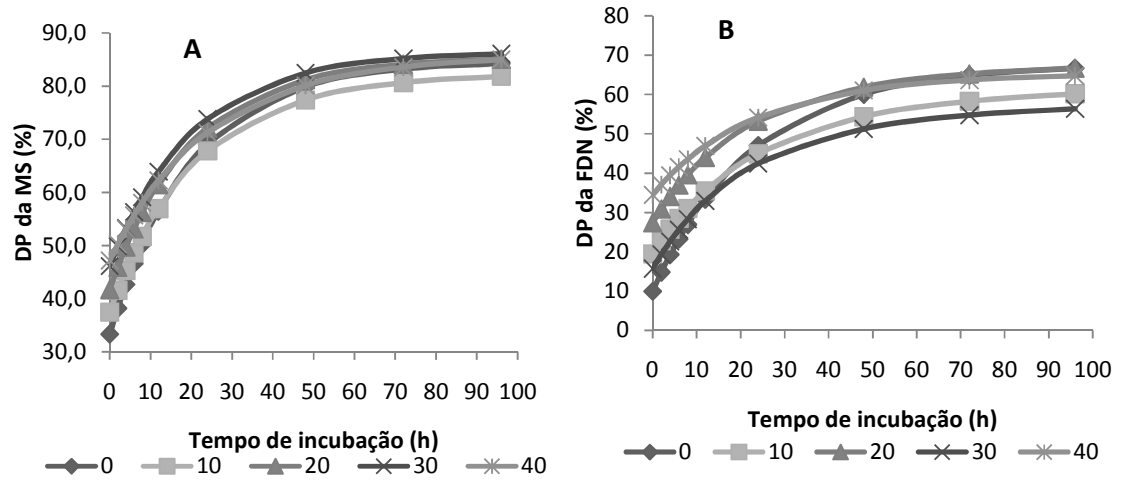
**Tabela 7.** Valores das perdas por gases, densidade, recuperação de matéria seca, minerais da silagem da parte aérea de mandioca acrescida da casca armazenado por 90 dias.

Variáveis	Níveis de inclusão da casca de mandioca(g/kg MN)					Equação	R <sup>2</sup>
	0	100	200	300	400		
Perdas por Gases	14,78	14,22	13,66	13,10	12,54	Y = 14,775-0,056X	0,88
Densidade (kgMS/m <sup>3</sup> )	305,32	241,48	198,21	169,04	146,23	-	-
Recuperação MS	957,78	948,74	939,70	930,66	921,62	Y = 957,780-0,904X	0,55
Fósforo (P)*	3471,53	3164,13	2856,73	2549,33	2241,93	Y = 3471,531-30,740X	0,95
Sódio (Na)*	451,47	491,05	491,31	516,46	491,28	NS	-
Potássio (K)*	3171,28	2950,83	3085,49	3103,89	2885,84	NS	-
Cálcio (Ca)*	6,75	5,65	8,69	5,99	7,55	NS	-
Magnésio (Mg)*	2,09	1,53	2,52	1,73	2,40	NS	-

Perdas gasosas %MS; Recuperação MS %;\*( mg/kg MS)

**Tabela 8.** Fração solúvel (a), potencialmente degradável (b), taxa de degradação(c), degradabilidade potencial (DP) e degradabilidade efetiva (DE) da MS e FDN para taxas de passagem de 2; 5 e 8 %h da silagem das folhas da mandioca acrescida da casca em diferentes proporções com 90 dias de armazenamento.

Tratamentos	a	b	c	DP	DE (%/h)		
					2	5	8
Matéria seca (MS)							
0	33,3	51,4	0,05	58,4	34,5	33,8	33,6
100	37,4	45,1	0,04	58,8	38,5	37,9	37,7
200	41,7	43,8	0,05	63,0	42,7	42,1	41,9
300	46,1	40,3	0,04	65,6	47,0	46,5	46,3
400	47,2	38,8	0,04	64,7	47,9	47,5	47,4
CV(%)	10,0	11,6	22,18	25,9	9,81	9,9	9,9
Fibra em Detergente Neutro (FDN)							
0	10,0	58,0	0,044	36,6	11,0	10,2	10,2
100	19,5	43,2	0,041	38,1	20,2	20,2	19,5
200	27,2	41,0	0,047	45,9	28,2	27,7	27,2
300	15,5	43,0	0,043	34,9	16,5	16,2	16,0
400	34,5	31,0	0,045	48,6	35,2	34,7	34,7
CV(%)	19,5	10,3	10,5	38,2	17,6	18,4	18,9



**Figura 1.** Curva de degradação potencialmente degradável da MS (A) e da FDN (B) da silagem do terço superior da mandioca acrescida com a casca da raiz de mandioca com 90 dias de armazenamento.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resíduos da indústria da mandioca apresentam-se como uma boa alternativa para a alimentação de animais ruminantes, principalmente em regiões produtoras dessa cultura. Esses resíduos podem ser incorporados na alimentação animal na forma de silagens principalmente no que se refere à parte aérea e casca da raiz da mandioca, pois apresentam bons resultados no tocante a qualidade fermentativa e nutricional em silagens com tempo de armazenamento de 60 e 90 dias com nível de inclusão de 300 e 400 g/kg.

## APÊNDICES