



Acta Scientiarum. Animal Sciences

ISSN: 1806-2636

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá

Brasil

Portela Gomes da Silva, Camilla Flávia; dos Santos Pedreira, Márcio; Pereira de Figueiredo, Mauro;
Salgado Bernardino, Fernando; da Hora Farias, Daniela

Qualidade fermentativa e caracterização químico-bromatológica de silagens da parte aérea e raízes
de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)

Acta Scientiarum. Animal Sciences, vol. 32, núm. 4, 2010, pp. 401-408

Universidade Estadual de Maringá

.png, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303126502005>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Qualidade fermentativa e caracterização químico-bromatológica de silagens da parte áerea e raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)

Camilla Flávia Portela Gomes da Silva^{1*}, Márcio dos Santos Pedreira², Mauro Pereira de Figueiredo³, Fernando Salgado Bernardino³ e Daniela da Hora Farias³

¹Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Pç. Primavera, Rod. BR 415, Km 3, 45700-000, Itapetinga, Bahia, Brasil. ²Departamento de Tecnologia Rural e Animal, Escola de Zootecnia de Itapetinga, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, Bahia, Brasil. ³Laboratório de Nutrição Animal, Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitoria da Conquista, Bahia, Brasil. *Autor para correspondência. Email: kmillaf@yahoo.com.br

RESUMO. Foram avaliados os efeitos do emurcheçimento e da inclusão de raízes (0, 15, 30 e 45% da matéria natural) sobre a composição químico-bromatológica e parâmetros fermentativos de silagens da parte áerea da mandioca. O emurcheçimento influenciou significativamente o teor matéria seca (MS), a densidade e o pH das silagens em todas as doses de adição de raízes. A inclusão destas elevou o teor de MS em 0,128 e 0,261%, a densidade em 1,79 e 4,54 kg m⁻³ e, reduziu o pH em 0,0007 e 0,0062, respectivamente nas silagens emurcheçidas ou não, a cada unidade percentual de adição de raízes. A exceção dos teores de fibra detergente ácida (FDA) e lignina, todos os demais parâmetros apresentaram interação significativa entre o emurcheçimento e a inclusão de raízes. O emurcheçimento aumentou em 4,52% os teores de FDA e 12,86% os de lignina, enquanto o incremento de raízes promoveu decréscimo linear de ambos. O acréscimo de raízes reduziu linearmente os valores de fibra em detergente neutro (FDN), enquanto o emurcheçimento elevou-os. O teor de PB respondeu inversamente, apresentando valores mínimos de 8,99 e 11,03 e máximos de 18,01 e 20,9% da MS, respectivamente nas silagens sem e com emurcheçimento.

Palavras-chave: densidade, fibra, forragem, nitrogênio amoniacal, pH, ruminantes.

ABSTRACT: Fermentation quality and chemical and bromatological characteristics of foliage and roots of silage cassava (*Manihot esculenta* Crantz). The effects of wilting and root inclusion (0, 15, 30 and 45% natural matter) on the chemical and bromatological composition coupled to silage fermentation parameters of cassava foliage silages were evaluated. Wilting affected significantly dry matter content (DM), density and pH values ($p < 0.05$) of silages at all root addition levels. Root inclusion increased silages DM contents by 0.128 and 0.261%; densities increased by 1.79 and 4.54 kg m⁻³; pH values were reduced by 0.0007 and 0.0062) respectively in wilted silages or not wilted ones for every included root percentage unit. All parameters, with the exception of acid detergent fiber (ADF) and lignin contents, showed significant interaction between wilting and root inclusion. Wilting increased ADF and lignin contents respectively by 4.52 and 12.86%, whereas root inclusion caused a linear decrease in both. Silage root addition decreased linearly neutral detergent fiber rates and conversely wilting increased them. The opposite occurred with crude protein contents, with minimum rates 8.99 and 11.03 and maximum ones 18.01 and 20.9% DM values, respectively in silages with and without wilting.

Key words: density, fiber, forage, ammonia nitrogen, pH, ruminants.

Introdução

A produção de gramíneas tropicais tem sido o principal recurso forrageiro para ruminantes no Brasil, no entanto, apresenta ampla flutuação qualitativa e quantitativa ao longo do ano, em virtude de fatores climáticos, representando um dos maiores entraves na exploração pecuária. Dessa forma, a produção de silagem como volumoso

suplementar para os períodos de escassez, se constitui uma alternativa alimentar para manutenção de índices produtivos satisfatórios.

A ensilagem de coprodutos agroindustriais e culturas alternativas tem ganhado espaço em substituição às culturas tradicionais. A cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) destaca-se neste sentido em função do bom valor nutricional,

rusticidade, alta produtividade e grande difusão geográfica no país.

A parte aérea da mandioca (PAM) apresenta elevada concentração de proteína bruta (20% da MS) e reduzido teor de fibra (50% da MS) inferior à maioria das forrageiras tropicais (MODESTO et al., 2004). Além disso, apresenta características fermentativas adequadas ao processo de ensilagem, despertando o interesse em sua conservação (AZEVEDO et al., 2006). Adicionalmente, a inclusão de raízes, ricas em amido, à silagem da parte aérea representaria elevação do teor energético destas, podendo melhorar o seu valor nutritivo e o padrão fermentativo das silagens, pelo seu maior conteúdo de matéria seca e carboidratos solúveis. Analogamente seria comparável às silagens de milho e sorgo, nas quais se preconiza alta participação de grãos como estratégia para elevação dos teores de energia.

Dessa forma, associar um alimento de alto valor proteico, como a parte aérea da mandioca, com as raízes, de reconhecida qualidade energética, poderia resultar em um alimento conservado na forma de silagem de bom valor nutritivo, adequado equilíbrio proteína energia⁻¹ e baixo custo, potencialmente utilizável para ruminantes de alta produção. Assim, objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito do emurcheчimento da parte aérea e da inclusão de doses crescentes de raízes (0, 15, 30 e 45% da matéria natural) sobre os parâmetros fermentativos e a composição químico-bromatológica de silagens da parte aérea da mandioca.

Material e métodos

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus de Vitória da Conquista, entre os meses de dezembro de 2007 e dezembro de 2008. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, disposto num arranjo fatorial 2 x 4, sendo dois níveis de umidade da parte aérea da mandioca (PAM) (com e sem emurcheчimento) e quatro doses de inclusão de raízes de mandioca (0, 15, 30 e 45%, com base na matéria natural), com três repetições.

A parte aérea da mandioca (PAM; *Manihot esculenta* Crantz) foi obtida 150 dias após o último corte, realizado no campo agrostológico da universidade. Após a colheita, o material foi processado em máquina forrageira estacionária, obtendo o tamanho de partícula médio de 2 a 5 cm. As raízes de mandioca foram adquiridas no mercado local, e picadas em máquina dotada de suporte circular, com sistema para fatiamento das raízes de mandioca, acoplado a um eixo central e motor. Em seguida, a PAM foi acrescida pelas devidas proporções de raízes, conforme os tratamentos

propostos e imediatamente ensilada. A outra parte da PAM foi submetida à secagem natural durante 4h (emurcheчimento), após esse período procedeu-se a inclusão das raízes e efetuou-se a ensilagem.

Uma amostra da PAM com e sem emurcheчimento e, das raízes foram coletadas e armazenadas em freezer como material original, para análises posteriores (Tabela 1).

O material foi ensilado em minissilos experimentais de policloreto de vinil "PVC", com 50 cm de altura e 20 de diâmetro, dotados de válvulas de Bunsen, para escape dos gases da fermentação e, na parte inferior uma camada de 5 cm de areia protegida por meio de uma tela, para coleta dos efluentes. A compactação do material foi realizada manualmente com bastão de madeira. Após a acomodação final do material, os silos foram devidamente fechados e vedados com fitas adesivas, pesados e acondicionados em local fresco e arejado até o momento da abertura.

Para estimativa da densidade das silagens, os minissilos foram pesados antes e após a ensilagem, encontrando-se gravimetricamente o peso da massa ensilada. Aplicando-se a seguinte equação: Densidade (kg m⁻³) = Massa ensilada (kg) / Volume do silo (m³).

Tabela 1. Composição química das silagens da parte aérea e raízes de mandioca.

Variáveis	PAM1*	PAM2*	Raízes
MS (%)	17,0	22,3	34,4
MM (%MS)	7,9	7,8	2,7
PB (%MS)	19,1	22,5	2,4
PIDN (% MS)	4,75	5,25	1,81
PIDA (%MS)	2,00	2,93	0,31
FDN (%MS)	55,1	54,0	12
FDA (%MS)	45,7	43,6	2,07
HEM (%MS)	9,4	10,4	9,9
LIG (%MS)	13,3	14,8	0,2
CT (%MS)	66,3	65,3	94,1
CNF (%MS)	15,9	16,2	83,2
NDT (%)	51,37	50,64	84,48

*PAM2 e PAM1 – parte aérea da mandioca com e sem emurcheчimento.

Decorridos 90 dias após a ensilagem, os minissilos foram abertos, tendo a porção superficial de aproximadamente 10 cm descartada e o restante do seu conteúdo despejado e homogeneizado sobre uma lona plástica, retirando-se três amostras de cada unidade experimental para análises posteriores.

Uma das amostras foi submetida à prensagem em prensa hidráulica para obtenção do extrato aquoso da silagem, no qual foi determinado o pH por meio de um potenciômetro digital (WILSON; WILKINS, 1972). Uma segunda amostra de aproximadamente 500 g foi acondicionada em sacos de papel e pré-secas em estufa com circulação forçada de ar a 55°C, durante 72h ou até que apresentasse peso estável. Após esse período, as

amostras foram trituradas em moinho de facas tipo *Willey*, em malha de 1 mm, identificadas e acondicionadas em frascos de polietileno para análises químicas posteriores.

A terceira amostra, com aproximadamente 300 g, foi armazenada em sacos plásticos, devidamente identificados e congelados imediatamente para posterior determinação do nitrogênio amoniacal (N-NH₃). A análise do N-NH₃ foi realizada após descongelamento das silagens, amostrando-se aproximadamente 25 g de cada uma. Em seguida, estas foram tratadas com 200 mL de solução de ácido sulfúrico a 0,2N, vedadas com filme plástico em bêquer de vidro e mantidas em repouso durante 48h sob refrigeração para solubilização do N-NH₃. Subsequentemente, foram filtradas em papel filtro de rápida filtração e o filtrado submetido à destilação com hidróxido de potássio (KOH) 2 N em aparelho do tipo micro-kjeldahl e, em seguida, titulado com ácido clorídrico (HCl) 0,1 N, conforme Bolsen et al. (1992).

No momento da abertura dos silos, procedeu-se a avaliação sensorial das silagens de acordo com os critérios estabelecidos por Meyer et al. (1989), quanto aos aspectos odor, coloração e manipulação (teor de matéria seca), para os quais as silagens receberam pontuações e, a partir do somatório destas, as silagens foram então classificadas em boa a muito boa, satisfatória, regular e insatisfatória.

As amostras pré-secas das silagens de PAM e raízes de mandioca e material original utilizado na ensilagem foram submetidas às análises de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), de acordo com AOAC (1990). As análises de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose e lignina (em ácido sulfúrico 72%), Proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) foram determinadas de acordo com Goering e Van Soest (1970). Os teores de hemicelulose foram calculados como a diferença entre os teores de FDN e a FDA.

Para estimar o teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) das silagens e do material original foram utilizadas as equações sugeridas pelo NRC (2001):

$$\text{NDT (\%)} = \text{CNFdv} + \text{PBdv} + (\text{AGdv} \star 2,25) + \text{FDNdv} - 7$$

em que:

$$\text{CNFdv} = 0,98 \star \{100 - [(\text{FDN} - \text{PIDN}) + \text{PB} + \text{EE} + \text{Cinzas}]\};$$

$$\text{PBdv} = \text{PB} \star \exp[-1,2 \star (\text{PIDA}/\text{PB})];$$

$$\text{AGdv} = \text{AG};$$

$$\text{FDNdv} = 0,75 \star \{[(\text{FDN} - \text{PIDN}) - \text{L}] \star [1 - (\text{L}/\text{FDN})^{0,667}]\};$$

em que:

CNFdv = carboidratos não-fibrosos verdadeiramente digestíveis; PBdv = proteína bruta verdadeiramente digestível; AGdv = ácidos graxos verdadeiramente digestíveis e FDNdv = fibra em detergente neutro verdadeiramente digestível; FDN = fibra em detergente neutro; PIDN = proteína insolúvel em detergente neutro; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; AG = ácidos graxos, nos quais AG = EE - 1; FDN = FDN corrigido para a proteína; PIDA = proteína insolúvel em detergente ácido; L = lignina; o fator 7 refere-se ao NDT recuperado nas fezes.

Para a análise estatística, os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o procedimento *General Linear Models* do programa estatístico SAS (*Statistical Analysis System*). Para estudo detalhado da interação da umidade da parte aérea e das doses de inclusão de raiz quando esta foi significativa, realizaram-se os desdobramentos adequados. Para estudo do efeito do emurcemento dentro das doses de raízes, aplicou-se o teste de "t" de Student em nível de 5% de significância. E de outro modo, o efeito das doses de inclusão de raízes em cada nível de umidade da PAM por meio da análise de regressão, sendo a escolha do modelo baseada na significância dos parâmetros testados pelo teste "t" Student, e nos valores dos coeficientes de determinação (R²).

Resultados e discussão

Com relação aos teores de MS, densidade e pH, verificou-se interação significativa (p < 0,05) entre o emurcemento e as doses de inclusão de raiz (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros físicos e químicos de silagens de parte aérea e raízes de mandioca

Trat ¹	Inclusão de raiz (% MN)				CV (%)	Equação regressão	R ²
	0	15	30	45			
Parâmetros (%MS)							
PAM1	12,6 ^b	16,5 ^b	22,0 ^b	23,9 ^b	8,15	Ŷ = 12,848 + 0,261x	0,90
PAM2	20,2 ^a	24,2 ^a	24,5 ^a	26,5 ^a	4,54	Ŷ = 20,985 + 0,128x	0,81
Densidade (kg m ⁻³)							
PAM1	637,1 ^a	699,7 ^a	786,8 ^a	847,8 ^a	4,18	Ŷ = 635,007 + 4,79x	0,88
PAM2	551,7 ^b	523,8 ^b	552,7 ^b	619,2 ^b	5,76	Ŷ = 527,091 + 1,54x	0,38
pH							
PAM1	4,15 ^b	4,00 ^a	3,89 ^a	3,87 ^a	1,49	Ŷ = 4,116 - 0,0062x	0,79
PAM2	4,04 ^a	4,02 ^a	4,03 ^b	4,00 ^b	0,33	Ŷ = 4,039 - 0,00071x	0,44
Nitrogênio amoniacal (%N-NH ₃ NT ⁻¹)							
PAM1	4,5	4,1	3,7	3,4	15,02	Ŷ = 3,90	-
PAM2	4,4	5,4	4,2	4,0	27,46	Ŷ = 4,49	-

*Medias na coluna seguidas de letras distintas diferem a 5% de probabilidade pelo teste "t" Student (p < 0,05); ¹Tratamentos: PAM 2 e 1= parte aérea da mandioca submetida ou não ao emurcemento. ²CV= coeficiente de variação.

O emurcemento elevou significativamente (p < 0,05) o teor de MS e reduziu a densidade das

silagens em todas as doses de inclusão de raízes, sendo o efeito menos expressivo à medida que se elevou o teor de raízes. De acordo com McDonald et al. (1991), o emurcheчimento permite a ensilagem de plantas forrageiras com elevado teor de umidade num processo relativamente simples de diminuição da atividade de água ou elevação da pressão osmótica, restringindo a extensão da fermentação e ocorrência de fermentações indesejáveis durante o processo de conservação.

Pinho et al. (2004), avaliando fermentação e valor nutritivo de silagens da PAM com e sem pré-secagem, encontraram teores de MS de 25 e 27,7%, respectivamente, valores superiores aos observados neste estudo (12,6 e 20,2%). As diferenças observadas podem ser atribuídas às diferentes variedades e idades de maturação das plantas utilizadas, 13 meses e cinco meses, respectivamente. Com o avanço da maturidade, as plantas tendem a aumentar seu conteúdo de MS, em função da lignificação, aumento da proporção das frações fibrosas e da relação haste folha⁻¹.

Ao se analisarem os teores de MS em função da inclusão das raízes, verificam-se acréscimos de 0,26 e 0,13% para as silagens sem e com emurcheчimento, a cada unidade percentual de raiz adicionada (Tabela 2). O aumento linear do conteúdo de MS com a adição das raízes de mandioca se deve ao maior teor de MS desta (34,4%) em relação à PAM com e sem emurcheчimento (22,1 e 17%). Como a adição destas foi baseada na matéria natural, sua contribuição no aumento dos percentuais de MS foi superior nos tratamentos com parte aérea não-emurcheчida.

Ferrari Junior e Lavezzo (2001) relataram elevação substancial nos teores de MS em silagens de capins emurcheчidos, e acrescidos por farelo de mandioca, recomendando estes procedimentos para o preparo de silagens com melhor padrão fermentativo e consequentemente qualidade superior.

O teor de MS é considerado o fator mais importante na ensilagem, pois influencia diretamente o crescimento de *Clostridium* sp., que resulta em perdas de nutrientes resultando em redução do valor nutricional, além de influenciar o consumo voluntário da forragem conservada (McDONALD et al., 1991).

Para a variável densidade, verificou-se efeito linear crescente com a inclusão da raiz nas silagens da PAM sem e com emurcheчimento ($p < 0,05$). Em ambas as silagens, a densidade máxima de compactação foi observada quando as raízes estavam presentes em percentual mais elevado. De acordo

Narciso Sobrinho et al. (1998), a elevação do teor de MS, promovida pelo emurcheчimento, dificulta a compactação da massa diminuindo a densidade final das silagens.

Os valores de densidade para todos os tratamentos ficaram próximos à faixa de 600 a 800 kg m⁻³ (Tabela 2), considerada como adequada por Tomich et al. (2003), por promover expulsão do oxigênio em níveis suficientes para evitar prejuízos no processo de fermentação, e os mesmos autores fazem uma ressalva para silagem com alto teor de umidade, recomendando uma densidade de 550 kg m⁻³ para evitar a alta produção de efluentes.

Com relação aos valores de pH, houve decréscimo linear ($p < 0,05$) em função da inclusão de raízes nas silagens submetidas ou não ao emurcheчimento. Tal fato, possivelmente ocorreu, pelo incremento no conteúdo de MS e de carboidratos solúveis proporcionado pela maior adição de raízes, que favorecem o desenvolvimento de bactérias lácticas e desfavorecem as bactérias do gênero *Clostridium* sp. contribuindo para o rápido declínio do pH e reduzindo o pH final das silagens.

Nas silagens em que a PAM foi emurcheчida houve estabilização do pH em valores ligeiramente superiores aos encontrados nas silagens sem emurcheчimento. Entretanto, todas as silagens obtidas neste trabalho apresentaram valores de pH inferiores a 4,2, estando dentro da faixa ideal de 3,8-4,2, preconizada por McDonald et al. (1991), demonstrando que mesmo nas silagens com menor conteúdo de MS, houve um bom padrão fermentativo.

Em relação ao N-NH₃ não houve interação nem efeito significativo ($p > 0,05$) da secagem e/ou inclusão de raiz, apresentando uma média de 3,9 e 4,49% NT para as silagens contendo PAM emurcheчida ou não, respectivamente. O N-NH₃ está presente em forragens verdes em concentração inferior a 1% do nitrogênio total, valores elevados em silagens são reflexos de intensa proteólise mediante ação de enzimas da planta ou dos clostrídeos, que são inibidos pelo rápido decréscimo do pH, e resultam em compostos que inibem o consumo e reduzem a eficiência de utilização do nitrogênio pelos microrganismos ruminais em função da elevação da proteólise do material ensilado. De acordo com Van Soest (1994), silagens de boa qualidade apresentam baixas concentrações de amônia, objetivando valores inferiores a 10% do N-NH₃ no NT, conforme os apresentados nas silagens avaliadas.

Apesar dos resultados isolados de N-NH₃ e pH não serem suficientes para avaliação apropriada da qualidade das silagens, pela análise concomitante

destes parâmetros pode-se inferir que mesmo nas silagens com menor teor de MS houve condições propícias ao desenvolvimento de bactérias que favorecem uma conservação adequada.

As silagens de uma forma geral apresentaram uma boa qualidade à avaliação sensorial (Tabela 3). Menor qualidade foi verificada para as silagens de PAM não-emurcheada com a dose de 45% de raiz, as quais mediante avaliação indireta, relativa ao aspecto odor durante a abertura dos silos, sugeriu teores moderados de ácido butírico. As mesmas apresentaram em sua superfície desenvolvimento de colônia de fungos, o que pode ter decorrido de uma vedação ineficiente, já que os índices de compactação obtidos se apresentaram adequados.

Tabela 3. Avaliação sensorial das silagens em função do emurcheamento e inclusão de raízes de mandioca.

Trat	Inclusão de raiz (% MN)			
	0	15	30	45
Classificação ^a				
PAM1	Satisfatória	Muito boa	Muito boa	Satisfatória
PAM2	Muito boa	Muito boa	Muito boa	Muito boa

^aTratamentos: PAM 2 e 1= parte aérea da mandioca submetida ou não ao emurcheamento. ^bCV= coeficiente de variação. ^cConforme critérios estabelecidos por Meyer et al. (1989).

À exceção dos teores de fibra em detergente ácido (FDA) e lignina, os demais nutrientes apresentaram interação significativa ($p < 0,05$) entre o emurcheamento da parte aérea e nível de adição de raízes (Tabela 4).

Tabela 4. Composição química de silagens da parte aérea e raízes de mandioca.

Variáveis	Trat ¹	Inclusão de raízes (% MN)				Média	CV ² (%)
		0	15	30	45		
MS (%)	PAM1	12,59 ^b	16,53 ^b	21,98 ^b	23,88 ^b	18,75	5,4
	PAM2	20,21 ^a	24,18 ^a	24,61 ^a	26,48 ^a	23,87	
MM (%MS)	PAM1	7,92 ^a	6,20 ^a	5,10 ^a	4,14 ^a	5,84	2,7
	PAM2	7,37 ^b	6,43 ^a	4,98 ^a	3,89 ^a	5,67	
PB (%MS)	PAM1	18,01 ^a	14,21 ^b	11,36 ^b	8,99 ^b	13,14	4,0
	PAM2	20,90 ^a	18,50 ^a	15,06 ^a	11,03 ^a	16,37	
PIDN (%MS)	PAM1	5,45 ^a	2,30 ^b	1,72 ^b	1,27 ^b	2,69	10,5
	PAM2	5,29 ^a	3,17 ^a	2,60 ^a	1,52 ^a	3,15	
PIDA (%MS)	PAM1	2,56 ^a	1,60 ^a	1,21 ^a	0,58 ^b	1,49	14,7
	PAM2	2,03 ^b	1,63 ^a	1,17 ^a	0,82 ^a	1,41	
FDN (%MS)	PAM1	51,03 ^a	36,60 ^a	26,38 ^b	19,74 ^b	33,44	3,8
	PAM2	49,04 ^a	37,80 ^a	29,49 ^b	21,35 ^a	34,42	
FDA (%MS)	PAM1	40,74	30,76	23,13	16,81	27,86 ^b	3,0
	PAM2	40,81	32,54	23,72	19,64	29,18 ^a	
HEM (%MS)	PAM1	10,29 ^a	5,84 ^a	3,25 ^a	2,93 ^a	5,58	14,8
	PAM2	8,23 ^b	3,25 ^a	2,93 ^b	1,71 ^a	4,03	
LIG (%MS)	PAM1	12,37	8,63	6,67	4,84	8,13 ^b	7,6
	PAM2	13,51	9,48	8,50	5,81	9,33 ^a	
CT (%MS)	PAM1	70,91 ^a	77,56 ^a	81,47 ^a	85,21 ^a	78,79	0,8
	PAM2	67,68 ^b	72,21 ^b	77,07 ^b	83,11 ^b	75,02	
CNF (%MS)	PAM1	25,08 ^a	44,75 ^a	58,13 ^a	67,88 ^a	48,96	2,7
	PAM2	23,93 ^a	38,77 ^b	51,11 ^b	64,41 ^b	44,56	
NDT (%MS)	PAM1	53,28	62,87	69,67	74,61	65,11 ^a	1,3
	PAM2	52,18	62,56	67,31	72,84	63,72 ^b	

^aLetras distintas na mesma coluna diferem a 5% de probabilidade pelo teste "t" de Student ($p > 0,05$). ^bTratamentos: PAM 2 e 1: parte aérea da mandioca submetida ou não ao emurcheamento; ^cCV= coeficiente de variação.

Os teores de MM, no desdobramento da interação efeito do emurcheamento dentro de inclusão de raízes, observou-se diferença ($p < 0,05$) apenas para as silagens sem inclusão de raízes, apresentando o maior valor para a silagem não-emurcheada (Tabela 4). Já os teores de MM em função das doses de raízes, a análise de regressão revelou um comportamento linear decrescente para ambas as silagens de PAM emurcheadas ou não, com reduções de 0,079 e 0,083%, respectivamente a cada unidade percentual de raiz acrescida (Tabela 5). Tal comportamento pode ser explicado pela maior concentração de minerais na PAM em relação às raízes.

Constatou-se que a secagem elevou significativamente ($p < 0,05$) os teores de PB em todas as doses de raízes (Tabela 4). O processo de secagem implicou em maior proporção de PAM na MS total das silagens emurcheadas, e consequente aumento do teor de proteína destas silagens em comparação as não-emurcheadas. No que concerne ao incremento de raízes, houve efeito linear decrescente ($p < 0,05$) em ambas as silagens emurcheadas ou não, estimando-se uma redução de 0,22 e 0,20% na concentração proteica, respectivamente, a cada unidade incrementada de raiz (Tabela 4). Este comportamento pode ser explicado pelo baixo conteúdo proteico das raízes da mandioca, que são characteristicamente fornecedoras de energia, em relação a sua parte aérea.

Estes resultados concordam com os encontrados por e Silva et al. (2007) que também verificaram redução no conteúdo proteico em silagens de capim-elefante acrescidas com doses de bagaço de mandioca, respectivamente.

Azevedo et al. (2006), caracterizando a parte aérea de cinco cultivares de mandioca quanto à qualidade nutricional com vistas à alimentação de ruminantes, encontraram teores de PB que variaram entre 7,2 a 10,4%, inferiores aos obtidos para silagens de PAM sem acréscimo de raízes neste trabalho (18 a 20,9% PB). Valores próximos foram relatados por Faustino et al. (2003) e Modesto et al. (2004), respectivamente, 20,58 e 19,5% PB. As variações no conteúdo de proteína das silagens de PAM estão 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 obtém-se um volumoso e mais proteico (IRMÃO et al., 2008).

A análise do emurcheamento dentro das doses de raiz revelou diferença significativa para todas as doses de acréscimo, com exceção de 45%, sendo os maiores valores de PIDA encontrados para as silagens não-emurcheadas (Tabela 4). Por outro lado, ao serem avaliados os teores desta em função

das doses de raízes, observaram-se decréscimos lineares em ambas as silagens, sendo estimadas reduções de 0,16 e 0,05% nas silagens de sem e com pré-secagem.

Os altos percentuais de PIDA nas silagens de PAM sem emurcheчimento podem ser resultantes do aquecimento das silagens com alta umidade, levando a formação de produtos de Maillard (VAN SOEST, 1994), ou mesmo pelas próprias características da forrageira. Esta fração corresponde a nitrogênio indisponível, sendo insolúvel em detergente ácido. 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).

As raízes de mandioca apresentam baixa concentração de nitrogênio, sendo uma fração ínfima deste encontrado na forma indisponível (5%) (Tabela 1), assim o incremento destas nas silagens reduziu proporcionalmente o teor da fração C, provavelmente por efeito de diluição. Entretanto, como nas silagens emurcheadas, as raízes contribuíram com menor proporção da matéria seca total a maior participação da PAM pode explicar os maiores valores encontrados para esta fração na silagem acrescida com 45% de raízes.

No tocante aos componentes fibrosos, as concentrações de FDN, hemicelulose, e celulose apresentaram efeito da interação ($p < 0,05$) inclusão de raízes e emurcheчimento da PAM. Ao analisar o efeito do emurcheчimento dentro das doses de raízes, verificou-se elevação dos teores de FDN e hemicelulose na silagem de PAM emurcheada acrescida com 30% de raízes, enquanto que na celulose tal comportamento ocorreu nas doses 15 e 45% de adição de raízes (Tabela 4). Por outro lado, a inclusão de raízes resultou em decréscimo linear ($p < 0,05$) nos teores das variáveis supracitadas, tanto nas silagens de PAM emurcheada ou não (Tabela 5).

O efeito de interação sobre as frações fibrosas pode estar relacionado à proporção de raízes na MS total das silagens que foi reduzida em função da secagem, uma vez que a inclusão destas foi baseada na MN. A redução dos componentes fibrosos (FDN, FDA, celulose, hemicelulose e lignina) observadas diante da inclusão de raízes pode ser facilmente explicada, tendo em vista, a composição destas, constituídas predominantemente por amido. Resultados similares foram relatados por Ferrari Junior e Lavezzi (2001) e Silva et al. (2007), com inclusão de coprodutos industriais do

processamento das raízes de mandioca às silagens de capim-elefante.

Tabela 5. Equações de regressão ajustadas para teores percentuais médios dos componentes químicos das silagens da parte aérea em função da inclusão de doses de raízes de mandioca.

Variáveis	Equação Regressão ¹	R ^{2*}
MS	$\hat{Y}_1 = 12,878 + 0,262x$ $\hat{Y}_2 = 20,985 + 0,128x$	0,90 0,81
MM	$\hat{Y}_1 = 7,704 - 0,0828x$ $\hat{Y}_2 = 7,454 - 0,0793x$	0,98 0,98
PB	$\hat{Y}_1 = 17,62 - 0,199x$ $\hat{Y}_2 = 21,34 - 0,220x$	0,97 0,96
PIDN	$\hat{Y}_1 = 4,65 - 0,087x$ $\hat{Y}_2 = 4,97 - 0,079x$	0,79 0,91
PIDA	$\hat{Y}_1 = 2,44 - 0,042x$ $\hat{Y}_2 = 2,03 - 0,027x$	0,92 0,87
FDN	$\hat{Y}_1 = 49,78 - 0,530x$ $\hat{Y}_2 = 40,03 - 0,482x$	0,96 0,98
FDA	$\hat{Y} = 39,90 - 0,505x$	0,97
CEL	$\hat{Y}_1 = 27,96 - 0,37x$ $\hat{Y}_2 = 27,09 - 0,32x$	0,98 0,93
HEM	$\hat{Y}_1 = 9,27 - 0,164x$ $\hat{Y}_2 = 8,09 - 0,127x$	0,83 0,98
LIG	$\hat{Y} = 12,37 - 0,162x$	0,90
CT	$\hat{Y}_1 = 71,77 + 0,312x$ $\hat{Y}_2 = 67,34 + 0,340x$	0,97 0,98
CNF	$\hat{Y}_1 = 27,69 + 0,945x$ $\hat{Y}_2 = 24,49 + 0,890x$	0,97 0,99
NDT	$\hat{Y}_1 = 54,49 + 0,474x$ $\hat{Y}_2 = 53,71 + 0,445x$	0,97 0,97

¹ \hat{Y}_1 : PAM sem emurchecer; \hat{Y}_2 : PAM emurcheada; ^{2*} R^2 : coeficiente de determinação.

De acordo com Mertens (1994), o conteúdo de parede celular das forragens é o principal limitante do consumo de forrageiras tropicas por ruminantes, já que a capacidade de ingestão da FDN é limitada a 1,2% do peso vivo, pelo efeito físico de repleção ruminal. Dessa forma, a redução na concentração de FDN nas dietas contendo altas proporções de volumosos pode contribuir para aumentar o consumo de MS, e ao mesmo tempo a densidade energética das rações de ruminantes (NRC, 2001), em detrimento das elevadas proporções de concentrado na dieta.

Para as variáveis FDA e lignina, a análise de variância revelou efeito significativo do emurcheчimento ($p < 0,05$) e da adição de raízes ($p < 0,05$) (Tabela 4). A secagem promoveu aumento médio de 4,52% nos teores de FDA e de 12,86% nos de lignina em comparação às silagens não-emurcheadas. Já a inclusão de raízes propiciou decréscimo linear nas concentrações de FDA e lignina em 0,51% e 0,162%, respectivamente, nas silagens de PAM a cada unidade percentual de raiz acrescida (Tabela 5).

O processo de emurcheчimento permitiu a eliminação do excesso de umidade da planta, o que consequentemente elevou o conteúdo de material seco. Por outro lado, pode indesejavelmente resultar em decréscimo dos açúcares solúveis em função da atividade respiratória da planta e, por conseguinte,

modificar o percentual de outros nutrientes, com elevação das frações proteicas e fibrosas reduzindo proporcionalmente os CNF.

Nas variáveis CT e CNF, ao analisar o desdobramento da interação estatística, verificaram-se redução nas concentrações de CT e CNF ($p < 0,05$) nas silagens de PAM submetida ao emurcheчimento, exceto para o nível 0% de inclusão de raízes, cujos teores de CT não diferiram ($p > 0,05$) da silagem de PAM sem emurcheчimento (Tabela 4). A inclusão de raízes promoveu efeito linear crescente, tanto nos CT como nos CNF, sendo, respectivamente, de 0,31 e 0,94%, na silagem de PAM não-emurcheчida, e de 0,34 e 0,89% nas silagens de PAM emurcheчida com o incremento de uma unidade percentual de raízes (Tabela 5).

Os resultados obtidos no NDT apresentaram interação significativa ($p > 0,05$) entre emurcheчimento e inclusão de doses de raízes, sendo influenciados negativamente ($p < 0,05$) pelo emurcheчimento. Enquanto a inclusão de raízes promoveu aumento linear nos teores deste, sendo atribuídos acréscimos percentuais de 0,47 e 0,45 a cada unidade de raízes adicionadas às silagens de PAM sem e com emurcheчimento, respectivamente.

Os valores de NDT das silagens foram obtidos por meio das equações propostas pelo NRC (2001), que levam em consideração o conteúdo de FDN verdadeiramente digestível e este por sua vez considera o conteúdo de lignina da forragem. Desta forma, os teores mais elevados de lignina nas silagens emurcheчidas, refletiram-se diretamente nas estimativas de NDT, reduzido-as consequentemente.

Os resultados deste estudo corroboram com os obtidos por Cabral et al. (2002) que encontraram acréscimos lineares nos teores de NDT em silagens de milho à medida que a participação de grãos foi elevada. As silagens com inclusão de 45% de raízes avaliadas neste estudo atingiram valores de NDT similares aos relatados por esses autores em silagens de milho contendo 45% de grãos (75,42%).

Conclusão

A adição de raízes de mandioca até o nível de 45% na ensilagem de parte aérea desta cultura melhora o processo fermentativo e o valor nutritivo das silagens e, quando ensilada sem adição de raízes, precisa ser emurcheчida.

Referências

AOAC-Association Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis.** 13th ed. Washington, D.C.: AOAC, 1990.

- AZEVEDO, E. B.; NÖRNBERG, J. L.; KESSLER, J. D.; BÜNING, 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.
- BOLSEN, K. K.; LIN, C.; BRENT, B. E. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy Science**, v. 75, n. 11, p. 3066-3083, 1992.
- CABRAL, L. S.; VALADARES FILHO, S. C.; DETTMANN, E.; ZERDAVOUDAKIS, J. T.; PEREIRA, O. P.; VELOSO, R. G. Cinética ruminal das frações de carboidratos, produção de gás, digestibilidade *in vitro* da matéria seca e NDT estimado da silagem de milho com diferentes proporções de grãos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 6, p. 2332-2339, 2002.
- 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 da mandioca triturada ou inteira e dos tempos de armazenamento. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 25, n. 2, p. 403-410, 2003.
- FERRARI JUNIOR, E.; LAVEZZO, W. Qualidade de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) emurcheчido ou acrescido de farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 5, p. 1424-1431, 2001.
- GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. **Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications)**. Washington, D.C.: USDA, 1970. (Agricultural Handbook, 379).
- 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.
- MCDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **Biochemistry of silage**. 2. ed. Marlow: Chalcombe, 1991.
- 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.
- MEYER, H.; BRONSCHE, K.; LEIBETSEDER, J. **Supplemente zu vorlesungen und übungen in der tierernährung**. Hannover: Verlag M. e H. Schaper, 1989.
- MODESTO, E. C.; SANTOS, G. T.; VILELA, D.; SILVA, D. C.; FAUSTINO, J. O.; JOBIM, C. C.; DETTMAN, E.; ZAMBON, 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. 137-146, 2004.
- NARCISO SOBRINHO, J.; MATTOS, H. B.; ANDRADE, J. B. Silagem de capim Elefante, em três

estádios de maturidade, submetido ao emurcemento. II – Qualidade das silagens. **Boletim da Indústria Animal**, v. 55, n. 2, p. 113-125, 1998.

NRC-National Research Council. **Nutrients requirements of dairy cattle**. 7th ed. rev. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 2001.

PINHO, E. Z.; COSTA, C.; ARRIGONI, M. B.; SILVEIRA, A. C.; PADOVANI, C. R.; PINHO, S. Z. Fermentation and nutritive value of silage and hay made from the aerial part of cassava (*Manihot esculenta* Crantz.). **Scientia Agricola**, v. 61, n. 4, p. 364-370, 2004.

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.; ÍTAVO, L. C. V. Bagaço de mandioca na ensilagem de capim elefante: qualidade das silagens e digestibilidade dos nutrientes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 3, p. 719-729, 2007.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSELL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. 2. Carbohydrate

and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992.

TOMICH, T. R.; GONÇALVES, L. C.; MAURÍCIO, R. M.; PEREIRA, L. G. R.; RODRIGUES, J. A. S. Composição bromatológica e cinética de fermentação ruminal de híbridos de sorgo com capim-sudão. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 55, n. 6, p. 747-755, 2003.

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

WILSON, R. F.; WILKINS, R. J. The ensilage of autumn-sown rye. **Journal of British Grassland Society**, v. 27, n. 1, p. 35-41, 1972.

Received on December 2, 2009.

Accepted on August 9, 2010.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.