

Perfil fermentativo, valor nutricional e microbiológico da silagem da raiz de mandioca com aditivos alimentares

Fermentation profile, nutritional and microbiological value of cassava root silage with food additives

Perfil de fermentación, valor nutricional y microbiológico del ensilaje de raíz de yuca con aditivos alimentarios

Recebido: 07/07/2022 | Revisado: 19/07/2022 | Aceito: 24/07/2022 | Publicado: 30/07/2022

Kelli Flores Garcez

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3997-4860>
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
E-mail: kelli_g_silva@hotmail.com

Gabriela Ceratti Hoch

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2296-5690>
Universidade Federal do Pampa, Brasil
E-mail: gabrielacerattihoch@gmail.com

Andressa Tellechea Rodrigues

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2479-9967>
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil
E-mail: andressa.tellechea@unesp.br

Cibele Regina Schneider

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6634-2087>
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: cibeleregina17@hotmail.com

Daniel da Costa Soares

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5652-7520>
Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural de Itaqui/RS, Brasil
E-mail: daniel_costasoares@yahoo.com.br

Deise Dalazen Castagnara

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9143-305X>
Universidade Federal do Pampa, Brasil
E-mail: deisecastagnara@unipampa.edu.br

Resumo

Objetivou-se caracterizar o perfil fermentativo, valor nutricional e microbiológico da silagem da raiz de mandioca *in natura* com e sem aditivos. Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas no tempo 4x3, com cinco repetições. Nas parcelas foram alocados os materiais de estudo: Raiz de mandioca triturada *in natura* ou adicionado dos farelos de milho, soja ou arroz. Nas subparcelas foram alocados os tempos: material fresco: antes da ensilagem, abertura: aos 45 dias de fermentação e estabilidade após a silagem ser exposta ao ar durante sete dias. Foram realizadas as amostragens para determinação das análises bromatológicas, nutrientes digestíveis totais, digestibilidade, pH, temperatura, nitrogênio amoniacal, o perfil microbiológico por meio da determinação das populações de fungos e leveduras, *Clostridium*, bactérias ácido lácticas e enterobactérias. A adição de farelos alterou os parâmetros avaliados. A matéria seca aumentou ao longo da fermentação e da exposição ao ar e em todos os tempos e materiais o pH foi adequado. A proteína bruta diminuiu até a abertura dos silos devido as fermentações indesejadas, apresentando-se mais elevada na silagem adicionada de farelo de soja. Os baixos conteúdos de compostos fibrosos e NDT, e a elevada digestibilidade sugerem silagens obtidas como alimentos energéticos em dietas de ruminantes e/ou monogástricos. Em conclusão, a raiz de mandioca *in natura* ou com inclusão de aditivos pode ser conservada na forma de silagem para uso nas dietas de ruminantes.

Palavras-chave: Alimentação; Conservação; Ruminantes.

Abstract

The objective was to characterize the fermentative profile, nutritional and microbiological value of *in natura* cassava root silage with and without additives. A completely randomized design was used in a 4x3 split-plot scheme, with five replications. The study materials were allocated to the plots: Ground cassava root *in natura* or added to corn, soybean or rice bran. In the subplots, the times were allocated: fresh material: before ensiling, opening: at 45 days of fermentation and stability after the silage was exposed to air for seven days. Sampling was carried out to determine the bromatological analysis, total digestible nutrients, digestibility, pH, temperature, ammoniacal nitrogen, the microbiological profile through the determination of the populations of fungi and yeasts, *Clostridium*, lactic acid

bacteria and enterobacteria. The addition of bran changed the parameters evaluated. The dry matter increased during fermentation and exposure to air and in all times and materials the pH was adequate. Crude protein decreased until the opening of the silos due to unwanted fermentations, being higher in the silage added with soybean meal. The low content of fibrous compounds and TDN, and the high digestibility suggest silages obtained as energy feed in ruminant and/or monogastric diets. In conclusion, cassava root *in natura* or with the inclusion of additives can be preserved in the form of silage for use in ruminant diets.

Keywords: Feeding; Conservation; Ruminants.

Resumen

El objetivo fue caracterizar el perfil fermentativo, el valor nutricional y microbiológico del ensilaje de raíz de yuca *in natura* con y sin aditivos. Se utilizó un diseño completamente al azar en un esquema de parcelas divididas 4x3, con cinco repeticiones. Los materiales de estudio fueron asignados a las parcelas: Raíz de yuca molida *in natura* y adicionada a salvado de maíz, soya o arroz. En las subparcelas se asignaron los tiempos: material fresco: antes del ensilaje, apertura: a los 45 días de fermentación y estabilidad después de que el ensilaje fuera expuesto al aire durante siete días. Se realizó un muestreo para determinar el análisis bromatológico, nutrientes digestibles totales, digestibilidad, pH, temperatura, nitrógeno amoniacal, el perfil microbiológico mediante la determinación de las poblaciones de hongos y levaduras, *Clostridium*, bacterias ácido lácticas y enterobacterias. La adición de salvado modificó los parámetros evaluados. La materia seca aumentó durante la fermentación y exposición al aire y en todos los tiempos y materiales el pH fue adecuado. La proteína bruta disminuyó hasta la apertura de los silos por fermentaciones no deseadas, siendo mayor en el ensilado adicionado con harina de soya. El bajo contenido de compuestos fibrosos y TDN, y la alta digestibilidad sugieren ensilajes obtenidos como alimento energético en dietas de rumiantes y/o monogástricos. En conclusión, la raíz de yuca *in natura* o con la inclusión de aditivos se puede conservar en forma de ensilaje para su uso en dietas de rumiantes.

Palabras clave: Alimentación; Conservación; Ruminantes.

1. Introdução

No Brasil, há oscilações de oferta forrageira ao longo do ano, em certas épocas caracteriza-se escassez e, em outras, abundante oferta de pastagem (Tolentino et al., 2016). Diante disto, a produção animal fica limitada por recursos alimentícios em quantidade e qualidade (Almaguel et al., 2011) no vazio forrageiro. Portanto, o ideal é que seja feito o armazenamento do excesso produzido, para que possa ser utilizado durante os períodos de escassez, garantindo a oferta de alimento ao longo do ano (Tolentino et al., 2016). A ensilagem é um importante e eficiente método de preservação e conservação da forragem para as dietas dos animais durante os períodos de escassez, fornecendo fontes de energia e proteína (Heinritz et al., 2012; Ferreira et al., 2017). Diante disto, busca-se alternativas que atendam à demanda de volumosos neste período, como a produção da silagem. O armazenamento do excedente de forragem da estação chuvosa para uso na estação seca é uma estratégia viável para a pecuária (Amorim et al., 2020).

Em relação aos potenciais produtos para a ensilagem, a mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) figura uma cultura anual amplamente cultivada em áreas tropicais e subtropicais do mundo. O Brasil encontra-se como o quarto maior produtor global de mandioca (FAO, 2020), com um total de produção de aproximadamente 19 milhões de toneladas em 2020 (IBGE, 2021), das quais quase 40% vem da região norte da Amazônia, estando o Estado do Pará no topo do ranking como maior produtor do país (IBGE, 2021).

Quanto aos critérios necessários para a produção da mandioca, ela desenvolve-se em áreas com baixa fertilidade, resistente a ambientes adversos, além de possuir alta tolerância à seca (Sena et al., 2014; Albuquerque Saraiva et al., 2020). Essas características permitem o cultivo da mandioca em áreas em que muitas culturas não podem ser cultivadas (Santos et al., 2018). Em regiões onde se tem potencial de produção de mandioca (Zambom et al., 2014), a utilização desta para a alimentação animal torna-se uma alternativa real, que contribui para a redução dos custos dos componentes das dietas (Napasirth et al., 2015). Por outro lado, a sazonalidade na concentração do amido presente na mandioca acarreta a necessidade de sua colheita, armazenamento e conservação no início do inverno (Tolentino et al., 2016).

A mandioca colhida neste período possui características adequadas ao processo de fermentação (Araújo et al., 2016), como elevado teor de carboidratos solúveis, o que favorece a fermentação láctica (Zanine et al., 2010). A ensilagem é uma opção promissora para sua conservação. Esta técnica possui ainda potencial de reduzir os riscos de intoxicação por compostos cianogênicos (Almaguel et al., 2011; Sena et al., 2014), que é uma das principais preocupações na utilização desta cultura (Régnier et al., 2010). Dessa forma, a mandioca destaca-se como alimento alternativo na produção animal, podendo ser utilizada na ração ou na forma de silagem (Polyorach et al., 2016).

Neste contexto, a mandioca e seus derivados, notadamente a raiz da mandioca, representam uma excelente fonte de amido e têm sido muito utilizados como fonte de energia em dietas de vacas leiteiras, sendo uma alternativa para substituição de alimentos convencionais de alto preço na produção (Albuquerque Saraiva et al., 2020). Além disso, a raiz da mandioca pode substituir o milho na alimentação animal, sendo uma estratégia interessante, pois o milho é um componente caro da ração (Sudarman et al., 2016; Saree et al., 2017).

A raiz de mandioca é composta quase exclusivamente por carboidratos, bem como aproximadamente 1% a 3% de proteína bruta (Stupak et al., 2006; Amos et al., 2019). Essa raiz, quando triturada, sofre deterioração após alguns dias da colheita (Araújo et al., 2016), requerendo rápido armazenamento para conservação. Em vista disso, o processo de fermentação é uma opção para diminuir esse efeito. Ainda, a adição de materiais para redução da umidade pode contribuir com a elevação do valor proteico das silagens obtidas e melhoria dos processos fermentativos durante a ensilagem (Oni et al., 2014).

Apesar de apresentar um alto potencial na alimentação animal, são poucos os estudos sobre silagem de raiz de mandioca, especialmente no Brasil. Visando ampliar o conhecimento sobre este alimento alternativo, objetivou-se avaliar o perfil fermentativo, valor nutricional e microbiológico da silagem da raiz de mandioca *in natura* com e sem aditivos.

2. Metodologia

O experimento foi realizado nas dependências do Laboratório de Nutrição Animal e Forragicultura, vinculado a Universidade Federal do Pampa – Unipampa – Campus Uruguaiana, localizado no Rio Grande do Sul, Brasil nas coordenadas (29°45'17"S e 57°05'18"O, 66 m acima do nível do mar). Foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema de parcelas subdivididas no tempo 4x3, com cinco repetições. Nas parcelas foram alocados os materiais de estudo: Mandioca – raiz de mandioca triturada *in natura*; M+Arroz – raiz da mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de arroz; M+soja – raiz da mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de soja; M+milho – raiz da mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de milho. Nas subparcelas foram alocados os tempos de fermentação: fresco: momento da ensilagem; abertura: silagens com período de fermentação de 45 dias; estabilidade: silagem exposta ao ar durante sete dias. Para o estudo da estabilidade aeróbia foi adotado DIC, com parcelas subdivididas 4x9, com cinco repetições. Nas parcelas foram alocados os materiais de estudo e nas subparcelas os tempos de exposição ao ar: 0, 24, 48, 72, 96, 144 e 168 dias de ensilagem.

No estudo, a raiz da mandioca da variedade vassourinha foi colhida e triturada, com tamanho de partícula de aproximadamente 20 mm. Após isso, foram preparadas as misturas com base no peso úmido adicionando-se cinco partes de mandioca para cada 1 parte do farelo, até a obtenção do conteúdo de matéria seca de aproximadamente 300 g/kg. Posteriormente, as misturas foram ensiladas em silos experimentais e o material compactado com auxílio de um compactador de madeira, até a obtenção de densidade equivalente a 400 kg/m³. Os aditivos farelo de arroz, farelo de soja e farelo de milho apresentaram a seguinte composição química (Tabela 1), respectivamente:

Tabela 1 - Composição química dos aditivos utilizados nos tratamentos.

Variáveis	Farelo de Arroz (%)	Farelo de Soja (%)	Farelo de Milho (%)
Matéria seca	86,45	83,35	87,33
Matéria mineral	10,99	6,79	1,65
Matéria orgânica	89,01	93,21	98,35
Proteína bruta	12,63	45,03	8,25
Fibra em Detergente Neutro	24,82	27,06	9,99
Fibra em Detergente Ácido	13,76	12,28	5,44
Extrato etéreo	18,32	3,39	4,14
Lignina	5,38	2,30	2,90

*Variáveis expressas na base da matéria seca. Fonte: Autores.

As amostras obtidas e destinadas ao estudo do valor nutricional foram submetidas a secagem em estufa com circulação de ar forçada, trituradas com tamanho de partículas de 1 mm e submetidas a procedimentos laboratoriais para a determinação dos conteúdos de matéria seca por secagem à 105 °C por 12 horas (Easley et al., 1965), a matéria orgânica (MO) por queima em mufla à 550 °C (AOAC, 1975), o nitrogênio total (NT) pelo método de Kjeldahl e multiplicando-se o percentual de nitrogênio total por 6,25 obteve-se a percentagem de proteína bruta (PB); fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), segundo Van Soest & Robertson (1985), corrigida para cinzas e proteína; nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), segundo descrição de Licitra et al. (1996), carboidratos totais (CHOT), carboidratos fibrosos (CF) e carboidratos não fibrosos (CNF), conforme Sniffen et al. (1992) e extrato etéreo (EE) conforme Silva & Queiroz (2009).

Para avaliar a estabilidade aeróbica e o perfil fermentativo, as silagens foram submetidas à exposição ao ar, durante sete dias. O peso foi verificado diariamente em balança analítica e seus valores de temperatura e pH monitorados diariamente para verificar a quebra da estabilidade aeróbia. A temperatura da silagem e do ambiente foram monitoradas com termômetro digital do tipo espeto, enquanto o pH foi determinado conforme descrito em Silva & Queiroz (2009). Foi considerada como quebra da estabilidade aeróbia o tempo que as silagens levaram para apresentar elevação da temperatura em 1 °C acima da temperatura ambiente (Driehuis et al., 2001) e a elevação do pH em 0,2 unidades de pH em relação ao momento da abertura dos silos (Quaresma et al., 2010).

A determinação da digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) foi realizada pelo método de Tilley & Terry (1963) com adaptação para o aparelho *Daisy Incubator*. As amostras ficaram submersas por 48 horas em solução tampão (Goering; Van Soest, 1975) e o inóculo ruminal coletado de dois bovinos, munidos de cânula ruminal. Os nutrientes digestíveis totais foram calculados como descrito por Weiss (1993). O perfil microbiológico foi estudado por meio da determinação das populações microbianas, segundo Silva et al. (2007). Para crescimento e contagem de fungos filamentosos e leveduras foi utilizado o meio Potato Dextrose Ágar mantendo-se as placas em temperatura ambiente por 5 a 7 dias, para *Lactobacillus* o meio MRS Broth na estufa a 35 °C por 48 horas, para *Enterobactérias* o meio Violet Red Bile Ágar 35 °C por 72 horas, para *Clostridium* o meio Reinforced Clostridial Ágar, mantidas a 35 °C por 72 horas em meio anaeróbio. Os resultados foram expressos em \log_{10} UFCg⁻¹ de MS (McDonald et al., 1991).

Para a análise estatística, utilizou-se o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2011). Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando constatada significância as médias, foram comparadas pelo teste Tukey (5%) com a adoção de variância complexa devido às parcelas subdivididas.

3. Resultados e Discussão

No momento da ensilagem, a MS das silagens foram menores e aumentaram com o decorrer do processo, com o maior valor de MS na estabilidade para a silagem de M+Milho (Tabela 2). Os menores valores de MS foram encontrados na silagem de Mandioca devido ao seu teor de MS ser naturalmente menor quando comparado com a raiz acrescida de farelo. No momento da ensilagem, a Mandioca apresentou MS de 341,08 g/Kg, semelhante ao encontrado em estudo realizado por Araújo et al. (2016), que obtiveram 309,00 g/Kg de MS na silagem de raiz de mandioca. O ideal é que os teores de MS sejam ajustados, já que quando maiores de 400,00 g/Kg podem apresentar maior dificuldade de compactação, perdas com a formação de efluentes e processos biológicos que produzem gases, água e calor (Tolentino et al., 2016).

Tabela 2 - Quantidade de matéria seca, pH, matéria orgânica e matéria mineral das silagens de raiz de mandioca *in natura* ou com aditivos, nos tempos de ensilagem, abertura e estabilidade.

Silagens	Tempos			Média	Tempos			Média
	Ensilagem	Abertura	Estabilidade		Ensilagem	Abertura	Estabilidade	
	Matéria seca (g/kg)				pH			
Mandioca	341,08Cb	380,17Bb	471,97Ab	397,74	3,79Ab	3,74Bc	3,73Bc	3,75
M+Milho	387,61Ca	433,11Ba	507,83Aa	442,85	3,77Bb	3,68Cd	4,04Aa	3,83
M+Soja	373,23Ba	421,01Aa	438,61Ac	410,95	3,93Aa	3,89Ba	3,80Bb	3,90
M+Arroz	368,27Aa	417,60Aa	419,08Ad	401,65	3,95Aa	3,86Cb	3,89Bb	3,90
Média	367,55	412,97	459,37		3,86	3,79	3,89	
CV 1 (%)	1,65				0,42			
CV 2 (%)	2,80				0,41			
	Matéria Orgânica (g/kg)				Matéria Mineral (g/kg)			
Mandioca	962,54Ab	950,22Bb	947,96Cb	953,57	37,02Cc	49,78Bc	52,35Ac	46,38
M+Milho	968,26Aa	965,49Ba	961,52Ca	965,09	32,24Cd	34,86Bd	38,78Ad	35,29
M+Soja	944,24Ac	941,51Bc	933,95Cc	939,90	55,76Cb	59,49Bb	66,05Ab	60,43
M+Arroz	936,59Ad	936,34Ad	925,87Bd	932,94	63,41Ba	63,20Ba	74,30Aa	66,97
Média	952,91	948,39	942,33		47,11	51,83	57,87	
CV 1 (%)	0,03				1,13			
CV 2 (%)	0,04				1,66			
	Extrato etéreo (g/Kg)							
Silagens	Ensilagem	Abertura	Estabilidade		Média			
Mandioca	1,30Bd	2,30Bd	8,90Ac		4,16			
M+Milho	10,45Bb	7,05Cc	15,77Ab		7,18			
M+Soja	3,95Cc	7,35Bb	10,25Ab		11,09			
M+Arroz	80,05Ba	81,87Aa	81,25Aba		80,46			
Média	23,73	24,64	28,80					
CV 1 (%)					3,41			
CV 2 (%)					4,28			

Tratamentos: Mandioca= raiz de mandioca triturada *in natura*; M+Milho= raiz da mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de milho; M+Soja= raiz da mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de soja; M+Arroz= raiz da mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de arroz; médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha para cada nutriente estudado não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. pH: potencial hidrogeniônico; CV 1: coeficiente de variação das silagens; CV 2: coeficiente de variação dos tempos. Fonte: Autores.

Os valores de pH das silagens estudadas foram satisfatórios, pois em todos tratamentos se verificou valores inferiores a 4,00. Segundo Kung et al. (2018), as silagens conservadas de maneira adequada apresentam pH que variam entre 3,8 a 4,2,

demonstrando boa fermentação, indicando que o perfil de fermentação das raízes de mandioca do nosso estudo pode ser considerado adequado.

A MO apresentou valores superiores na silagem fresca, seguida pela abertura e menor na estabilidade (Tabela 2), possivelmente devido ao consumo de componentes da MO presentes na silagem. A maior MO observada foi na silagem de M+milho, seguido pela Mandioca, M+soja e M+arroz, valores que são inversamente proporcionais aos da MM. No decorrer do processo, os teores de MM foram aumentando, sendo maior na estabilidade, e com destaque para o tratamento de M+arroz, esse resultado deve-se à alta quantidade de sílica presente no farelo de arroz. Os níveis elevados de sílica não contribuem nutricionalmente para os animais (Tolentino et al., 2016). Houve interação dos fatores no percentual de EE, que alteraram-se ao longo do processo de ensilagem (Tabela 2). A adição dos farelos proporcionou maior teor de EE na silagem de M+arroz, na abertura, valor decorrente ao acréscimo do farelo de arroz que possui elevados teores de EE, seguido pela M+milho, M+soja e Mandioca.

A PB diminuiu em todos os tratamentos da ensilagem até a abertura (Tabela 3), devido a fermentações indesejadas, o que também ocorreu em estudo de Oni et al. (2014). Essas fermentações são ocasionadas principalmente por *Clostridium sp.* e responsáveis pelas alterações nos conteúdos de PB (Maynard, 2018). A quantidade de PB presente na silagem de Mandioca foi considerada muito baixa segundo Almaguel et al. (2011), estudos realizados por Silva et al. (2008), encontraram 10,00 g/kg a 15,00 g/kg de proteínas, resultados inferiores aos deste estudo que teve média de 26,88 g/kg e inferior ao encontrado por Figueiredo et al. (2000), que obteve como média 49,00 g/kg de PB, valor decorrente da adição de ureia na silagem. Ambos os valores apresentaram-se abaixo do recomendado para ruminantes, devendo ser no mínimo 70,00 g/kg para fornecer nitrogênio suficiente para fermentação microbiana no rúmen (Van Soest, 1994). A variação dos valores de PB pode estar atribuído ao uso de aditivos antes da ensilagem Pires et al. (2009), que acarretou no aumento dos teores de PB em todos os tratamentos, com destaque para a adição de farelo de soja que obteve 113,63 g/Kg no momento da abertura, seguido pela adição do farelo de arroz que elevou para 67,83 g/Kg e de milho para 37,24 g/Kg, enquanto que apenas a massa de mandioca teve 23,35 g/Kg.

O processo fermentativo pode provocar alterações na composição e frações de nitrogênio, reduzindo os níveis de proteína e aumentando os níveis de aminoácidos livres ou produtos da quebra destes aminoácidos, como por exemplo, CO₂, aminas e amônia (Tolentino et al., 2016). O nitrogênio amoniacal considera-se um importante indicador da atividade proteolítica durante a fermentação Oni et al. (2014), já que quando ocorre a proteólise durante a fermentação, parte da proteína é convertida em nitrogênio não-proteico (Pires et al., 2009). As silagens de ótima qualidade devem apresentar menos de 100 g/Kg de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (McDonald et al., 1991). Portanto, as silagens estudadas estão classificadas como adequadas no momento da ensilagem quanto aos teores de nitrogênio amoniacal, com conteúdo mais elevados para silagem de Mandioca 138,11 g/Kg, seguido de M+arroz 130,77 g/Kg, M+milho 68,05 g/Kg e M+soja 57,34 g/Kg (Tabela 3).

O NIDN apresentou o maior valor na silagem M+soja, seguida por M+arroz e teve seus valores elevados da ensilagem até a abertura com posterior redução na estabilidade (Tabela 3). Enquanto que o NIDA revelou aumento nas silagens M+arroz, M+milho e Mandioca, seguida por M+soja, isso ocorreu possivelmente devido a um superaquecimento que acontece no interior do silo. Os componentes do NIDA são resistentes ao ataque microbiano e enzimático, tornando-se pouco solúveis ou insolúveis no trato gastrointestinal. Isto pode acarretar dificuldade de digestibilidade devido ao nitrogênio estar associado aos compostos de lignina, tanino e compostos resultantes da reação de *Maillard* (Tolentino et al., 2016). Essa reação ocorre na presença de carboidratos solúveis e frações nitrogenadas, o que aumenta os teores de nitrogênio ligado à parede celular (Amaral et al., 2007). Altos teores de NIDA são limitantes para a inclusão na dieta de ruminantes, já que essa porção é praticamente indisponível para o aproveitamento animal (Van Soest, 1994).

Tabela 3 - Frações nitrogenadas das silagens de raiz de mandioca *in natura* ou com aditivos, nos tempos de ensilagem, abertura e estabilidade.

Silagens	Tempos			Média	Tempos			Média	
	Ensilagem	Abertura	Estabilidade		Ensilagem	Abertura	Estabilidade		
		PB (g/kg)			N amoniacal (g/kg)				
Mandioca	27,81Ad	23,35Bd	29,49Ad	26,88	138,11Ca	365,62Aa	340,43Ba	281,38	
M+Milho	48,99Ac	37,24Bc	50,78Ac	45,67	68,05Cb	165,02Ac	143,82Bc	125,63	
M+Soja	212,02Aa	113,63Ca	194,91Ba	173,52	57,34Bb	132,71Ad	124,50Ad	104,85	
M+Arroz	78,23Ab	67,83Bb	77,69Ab	74,58	130,77Ca	190,26Bb	281,87Ab	200,96	
Média	91,76	60,51	88,22		98,57	213,40	222,65	178,20	
CV 1 (%)		3,67				4,08		35,66	
CV 2 (%)		2,75				4,48			
		NIDN (g/kg do N Total)				NIDA (g/kg do N Total)			
Mandioca	48,30Bab	37,27Bc	69,07Aa	51,55	40,22Aab	28,90Ab	37,05Aa	35,39	
M+Milho	34,37Cb	117,97Aa	72,30Ba	74,88	28,47Bc	53,87Aa	25,57Bab	35,97	
M+Soja	48,20Bab	120,07Aa	35,22Bb	67,83	26,57Ac	27,72Ab	16,00Ab	23,43	
M+Arroz	56,20Ba	83,77Ab	84,82Aa	74,93	50,00Ba	64,45Aa	29,12Cab	47,85	
Média	46,76	89,77	65,35		36,31	43,73	26,93		
CV 1 (%)		19,26				17,04			
CV 2 (%)		9,20				20,85			

Tratamentos: Mandioca= raiz de mandioca triturada *in natura*; M+Milho= raiz da mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de milho; M+Soja= raiz da mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de soja; M+Arroz= raiz da mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de arroz; médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha para cada nutriente estudado não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. PB: Proteína Bruta; N amoniacal: Nitrogênio Amoniacal; NIDN: Nitrogênio Insolúvel em Detergente Neutro; NIDA: Nitrogênio Insolúvel em Detergente Ácido. CV 1: coeficiente de variação das silagens; CV 2: coeficiente de variação dos tempos. Fonte: Autores.

Houve diferença para CHOT (Tabela 4), sendo a silagem de Mandioca *in natura* superior nos três tempos do estudo, o que torna se um resultado positivo para a qualidade do material, considerando que os carboidratos representam a principal fonte de energia para a fermentação microbiana (Van Soest, 1994). A raiz de mandioca *in natura* comparada ao milho, trigo e arroz, possui maior quantidade de CHOT (Almaguel et al., 2011).

A quantidade de NDT apresentou-se elevada na ensilagem na maioria dos tratamentos, sendo maior na M+arroz, seguido por M+milho, Mandioca e M+soja, decrescendo na abertura, devido ao consumo de parte dos CNF durante a fermentação (Tabela 4). A massa de raiz de mandioca antes da ensilagem teve seus valores em 840,85 g/Kg, resultado que corrobora com o encontrado por Silva et al. (2010), que foi de 840,00 g/Kg.

Tabela 4 - Carboidratos totais e nutrientes digestíveis totais das silagens de raiz de mandioca *in natura* ou com aditivos, nos tempos de ensilagem, abertura e estabilidade.

Silagens	Tempos			Média	Tempos			Média
	Ensilagem	Abertura	Estabilidade		Ensilagem	Abertura	Estabilidade	
	CHOT (g/kg)				NDT (g/kg)			
Mandioca	933,42Aa	924,55Ba	909,57Ca	922,51	840,85Ac	817,02Cc	831,22Bc	829,70
M+Milho	908,82Bb	921,22Aa	895,00Cb	908,35	855,15Ab	852,50Ab	839,55Bb	849,06
M+Soja	728,27Bd	820,52Ab	728,80Bd	759,20	802,72Bd	813,60Ac	789,55Cd	801,95
M+Arroz	778,30Bc	786,67Ac	766,92Cc	777,30	877,65Ba	885,25Aa	889,42Aa	884,10
Média	837,20	863,24	825,05		844,09	828,50	815,99	
CV 1 (%)		0,37				0,39		
CV 2 (%)		0,33				0,26		

Tratamentos: Mandioca= raiz de mandioca triturada *in natura*; M+Milho= raiz da mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de milho; M+Soja= raiz da mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de soja; M+Arroz= raiz da mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de arroz. CHOT: Carboidratos totais; NDT: nutriente digestível total; médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha para cada nutriente estudado não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV 1: coeficiente de variação das silagens; CV 2: coeficiente de variação dos tempos. Fonte: Autores.

Os teores de FDN e de FDA foram maiores no momento da abertura em relação à ensilagem nos tratamentos Mandioca e M+Milho, podendo estar relacionado com o consumo dos carboidratos solúveis durante a fermentação (Tabela 5) (McDonald et al., 1991). As raízes da mandioca apresentam concentrações de carboidratos solúveis em torno de 7,65% que favorecem o processo fermentativo (Almeida & Filho, 2005).

No caso da raiz de mandioca, a hemicelulose e lignina apresentaram baixas concentrações de fibra quando comparada com outros cereais conforme Knowles et al. (2012), por isso a necessidade de ofertar uma dieta equilibrada. Quando se oferta pouca fibra para ruminantes, pode ocasionar uma variedade de alterações e de sinais clínicos nos animais, variando desde fermentação alterada em rúmen à acidose grave, podendo resultar até mesmo em morte do animal (Mertens, 1997). Quando é inclusa muita fibra na dieta e de baixa qualidade, a densidade de energia pode ser reduzida, o consumo é diminuído pelo fator de enchimento, reduzindo o desempenho dos animais (Mertens, 1997). Em dietas com elevadas quantidades de lignina, como ocorreu na M+soja e M+arroz, que se não forem adicionadas a uma dieta equilibrada, podem afetar o consumo e prejudicar o desempenho animal (Pires et al., 2009).

A FDN e FDA apresentaram os maiores valores na estabilidade das silagens M+soja e M+arroz e no decorrer da avaliação não apresentaram diferenças (Tabela 5). A lignina teve aumento gradativo em seus níveis ao longo do tempo e obteve diferença entre os tratamentos (Tabela 5). A proporção da lignina se eleva à medida que a planta envelhece, neste sentido a proporção das fibras tende a aumentar (Tolentino et al., 2016).

Tabela 5 - Frações fibrosas das silagens de raiz de mandioca *in natura* ou com aditivos, nos tempos de ensilagem, abertura e estabilidade.

Silagens	Tempos			Média	Tempos			Média
	Ensilagem	Abertura	Estabilidade		Ensilagem	Abertura	Estabilidade	
	FDN (g/kg)				FDA (g/kg)			
Mandioca	38,70Bc	54,81Ac	53,38Ad	48,96	33,37Bc	47,98Ab	45,92Ac	42,42
M+Milho	43,16Bb	45,09Bd	67,86Ac	52,04	33,90Ac	36,03Ac	36,58Ad	35,50
M+Soja	86,44Ba	68,05Cb	100,58Aa	85,02	70,12Aa	62,23Ba	69,18Aa	67,18
M+Arroz	85,48Aa	87,30Aa	84,52Ab	85,77	64,54Ab	63,79Aa	61,32Ab	63,22
Média	63,45	63,81	76,58		50,48	52,51	53,25	
CV 1 (%)		3,03				3,88		
CV 2 (%)		3,31				3,83		
	Lignina (g/kg)				Celulose (g/kg)			
Mandioca	9,32B	18,70B	52,92A	26,98	22,60Bc	29,37Ac	34,62Ac	28,86
M+Milho	15,75B	13,80B	79,10A	36,21	19,42Bc	23,67ABc	26,17Ad	23,09
M+Soja	87,15B	72,27B	134,67A	98,03	47,72Ba	45,82Ba	58,25Aa	50,60
M+Arroz	169,60A	120,32B	41,37C	110,43	34,12Bb	38,30ABb	42,72Ab	38,38
Média	70,40A	64,83A	68,46A		30,96	34,29	40,44	
CV 1 (%)		3,47				9,13		
CV 2 (%)		2,99				8,63		
	Hemicelulose (g/Kg)							
Silagens	Tempos			Média				
	Ensilagem	Abertura	Estabilidade					
Mandioca	5,35Ac	6,85Ab	7,45Ac	909,57				
M+Milho	9,27Bb	9,07Bb	29,62Aa	895,00				
M+Soja	16,32Bb	5,82Cb	32,67Aa	728,80				
M+Arroz	21,77Aa	23,52Aa	22,07Ab	766,92				
Média	13,18	11,31	22,95					
CV 1 (%)				12,50				
CV 2 (%)				13,40				

Tratamentos: Mandioca= raiz de mandioca triturada *in natura*; M+Milho= raiz da mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de milho; M+Soja= raiz da mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de soja; M+Arroz= raiz da mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de arroz; médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha para cada nutriente estudado não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. FDN: Fibra em Detergente Neutro; FDA: Fibra em Detergente Ácido. CV 1: coeficiente de variação das silagens; CV 2: coeficiente de variação dos tempos. Fonte: Autores.

A celulose apresentou os maiores valores na estabilidade nas silagens M+soja e M+arroz e o menor valor na M+milho. A quantidade de celulose elevou-se no decorrer do processo o que aconteceu também com a hemicelulose, ambas elevaram-se na estabilidade, indicando que os CNF foram consumidos mais rapidamente no processo fermentativo e proporcionalmente aumentou a quantidade dos componentes fibrosos. A celulose quando alta pode afetar a eficiência microbiana e o desempenho do animal, já que é lentamente fermentável no rúmen (Tolentino et al., 2016).

A população de *Lactobacillus* foi maior no tratamento Mandioca, com $7,21 \times 10^4$ semelhante ao encontrado para silagem de folhas de mandioca por Napisirth et al. (2015), $7,5 \times 10^4$, enquanto que a menor população foi verificada na silagem de M+Soja. A adição de fontes prontamente fermentáveis, como no caso da mandioca e do milho, favorecem a fermentação láctica por causa da inibição da ação de enterobactérias e *Clostridium*, resultando em menores valores de pH, N-NH₃, ácido acético e ácido butírico e maiores valores de ácido láctico, o que ocasiona silagem com um melhor perfil fermentativo (Zanine et al., 2010).

As enterobactérias crescem mais durante os primeiros dias de ensilagem, decrescendo quando o meio é acidificado, elas competem com as bactérias ácido lácticas pelo consumo dos carboidratos solúveis no início dos processos fermentativos, tendo como produto o ácido acético fazendo com que demore ainda mais para que os valores de pH sejam reduzidos (Jobim et al., 1999). Desta forma, a redução no pH do meio pode inibir ou diminuir o desenvolvimento de enterobactérias e de *Clostridium* (Zanine et al., 2010).

As bactérias do gênero *Clostridium* tem efeito negativo na qualidade da silagem, pois estas resultam em perdas significativas de matéria seca e na composição química das silagens (Bernardes et al., 2009). Os *Clostridium* tiveram sua população estável em todos os tratamentos, porém com valores semelhantes aos *Lactobacillus*. As contagens de *Clostridium* foram evidenciadas provavelmente pela competição destas bactérias com as ácidos lácticas, ocorrendo devido ao tempo elevado na redução do pH, o qual se fosse rápido teria ação inibitória do seu crescimento (Maynard, 2018).

A presença de leveduras possui papel importante na deterioração dos alimentos e sua presença na silagem pode ter ocorrido devido à dificuldade de compactação e O₂ remanescente no interior dos silos, propiciando o desenvolvimento destes microrganismos (Jobim et al., 1999). Os fungos e as leveduras não diferiram estatisticamente entre os tratamentos (Tabela 6). Estes não possuem relação direta com a fermentação da silagem, já que são aeróbicos, mas prejudicam em relação as perdas na superfície do silo (Jobim et al., 1999). Vale ressaltar que, a presença de grande quantidade de fungos não é desejada, pois esses, em condições ambientais favoráveis, podem vir a desenvolver micotoxinas e causar alguns distúrbios metabólicos e até mesmo a morte dos animais.

Tabela 6 - Populações de microrganismos (Log UFC/g⁻¹ MS) identificados em silagens de raiz de mandioca *in natura* ou com aditivos.

Tratamentos	Lactobacillus	Enterobactérias	<i>Clostridium</i>	Fungos e Leveduras
Mandioca	7,21a	4,01b	6,64a	7,17a
M+Milho	7,18ab	4,59b	6,36a	6,90a
M+Soja	6,17b	6,86a	6,11a	6,22a
M+Arroz	7,13ab	6,62a	7,08a	6,81a
Média Geral	6,92	5,51	6,54	6,77
CV (%)	7,16	14,22	11,92	7,13
DMS	1,04005	1,64809	1,63843	1,01490

Tratamentos: Mandioca= raiz de mandioca triturada *in natura*; M+Milho= raiz da mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de milho; M+Soja= raiz da mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de soja; M+Arroz= raiz da mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de arroz; médias com letras distintas minúsculas na coluna diferem por Tukey (5%); DMS: Digestibilidade da matéria seca. CV (%): coeficiente de variação. Fonte: Autores.

As silagens para serem consideradas alimentos de boa qualidade devem apresentar estabilidade aeróbica após a exposição ao ar, pois com a abertura dos silos pode ocorrer o aumento significativo de pH (Quaresma et al., 2010) e de temperatura (Amaral et al., 2007), decorrentes da degradação aeróbica, e ocasionando também perda de valor nutricional e redução do consumo (Bernardes et al., 2009). Houve diferença entre o pH observado ao longo dos 7 dias após a abertura dos silos na estabilidade (Tabela 7). Na análise de pH, somente houve quebra da estabilidade aeróbica da silagem adicionadas de farelo de milho após 168 horas de exposição ao ar (Tabela 7), com a elevação dos valores de pH da silagem em mais de 0,2 unidades de pH em relação ao pH do momento da abertura dos silos (Quaresma et al., 2010). Esta silagem foi a única dentre as demais que aumentou progressivamente o pH a partir do segundo dia até o sétimo dia de avaliação em relação ao pH da abertura.

Tabela 7 - Alterações de pH em relação aos dias de exposição ao ar após a abertura das silagens de raiz de mandioca *in natura* ou com aditivos.

Tratamentos	0 ^{ns}	24 ^{ns}	48 ^{ns}	72 ^{ns}	96 ^{ns}	120 ^{ns}	144 ^{ns}	168 ^{ns}
Mandioca	3,79b	3,74b	3,79b	3,81b	3,79b	3,84b	3,75b	3,73b
M+Milho	3,77b	3,68c	3,77b	3,80b	3,81b	3,84b	3,86a	4,12a
M+Soja	3,91a	3,88a	3,92a	3,97a	3,95a	3,97a	3,91a	3,88ab
M+Arroz	3,95a	3,85a	3,92a	3,99a	3,98a	3,98a	3,93a	3,89ab
CV	0,60	0,64	0,23	0,50	0,51	0,81	0,95	3,34

Tratamentos: Mandioca= raiz de mandioca triturada *in natura*; M+Milho= raiz da mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de milho; M+Soja= raiz da mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de soja; M+Arroz= raiz da mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de arroz. Ns: Não significativo pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. pH: potencial hidrogeniônico CV: Coeficiente de variação. Negrito: Quebra da estabilidade aeróbia devido à elevação do pH em mais de 0,2 unidades. Fonte: Autores.

A silagem de M+milho pode apresentar deterioração a partir do sétimo dia da abertura dos silos, uma vez que a quebra da estabilidade aeróbica é indicativa de início de deterioração pela ação de microrganismos aeróbicos que encontravam-se latentes durante a fase anaeróbica dentro do silo (Bernardes et al., 2009). Para evitar riscos de deterioração aeróbia do material ensilado após a abertura dos silos, devido a penetração de ar na massa ensilada, a produção e uso destas silagens deve obedecer a remoção de uma camada de 15 a 20 cm de silo ao dia. De acordo com McDonald et al. (1991), as perdas de energia pela deterioração aeróbia podem ser superiores a 15% após a abertura do silo. A degradação aeróbica além de alterações na temperatura e pH ocasiona também a proliferação de fungos que oxidam os ácidos orgânicos, produzindo micotoxinas, tornando as silagens mais instáveis e sujeitas à deterioração. Além disso, podem apresentar perda de valor nutricional e redução do consumo pelos animais (Bernardes et al., 2009).

Quanto a temperatura, a quebra da estabilidade, ocorreu para todos os tratamentos em dois momentos, no segundo e no sétimo dia (Tabela 7), onde houve a elevação da temperatura em pelo menos 1 °C acima da temperatura ambiente (Driehuis et al., 2001). Isso evidencia a ocorrência de alterações na composição química, visto que durante tais alterações o aumento da temperatura tem correlações negativas com o valor nutricional da silagem, afetando a sua composição e o consumo pelos animais (Bernardes et al., 2009). As silagens apresentaram picos de temperatura por volta de 48 horas de exposição aeróbia e, posteriormente, novo pico por volta de 168 horas de avaliação (Tabela 8). Esse aumento inicial da temperatura é causado pelo crescimento de leveduras e fungos filamentosos, e o segundo aumento decorre do desenvolvimento dos *Clostridium*, que não eram importantes até o pH da silagem estar maior e causar aumento de temperatura do material.

Tabela 8 - Alterações de temperatura (°C) em relação aos dias de exposição ao ar após a abertura das silagens de raiz de mandioca *in natura* ou com aditivos.

Tratamentos	24 ^{ns}	48 ^{ns}	72 ^{ns}	96 ^{ns}	120 ^{ns}	144 ^{ns}	168 ^{ns}
Temperatura ambiente	25	22	22	22	23	23	23
Mandioca	24a	26b	21a	22a	23b	22a	24b
M+Milho	24a	27a	22a	23a	24a	22a	25a
M+Soja	24a	27a	22a	22a	23b	23a	24b
M+Arroz	24a	27a	22a	23a	23b	22a	24b
CV	0,00	0,94	3,38	2,64	1,08	2,44	0,00

Tratamentos: Mandioca= raiz de mandioca triturada *in natura*; M+Milho= raiz da mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de milho; M+Soja= raiz da mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de soja; M+Arroz= raiz da mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de arroz. Ns: Não significativo pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. Negrito: Quebra da estabilidade aeróbia devido à elevação da temperatura em mais de 1° Celsius. Fonte: Autores.

Em todos os tempos estudados a digestibilidade foi maior para a Mandioca (96,50 g/Kg; *P*: 0,0003), seguido por M+milho, M+arroz e M+soja (Tabela 9). Todos os valores são considerados ótimos em relação a digestibilidade, possivelmente devido à influência do componente mandioca e sua proporção alta em todas as silagens, o que é positivo em relação ao aproveitamento do material.

Tabela 9 - Valores da DIVMS da silagem de raiz de mandioca *in natura* ou com aditivos, no período de ensilagem.

Tratamentos	DIVMS
Mandioca	96,50 a
M+Milho	95,25 ab
M+Soja	93,00 bc
M+Arroz	91,50 c
CV (%)	1,26
<i>P value</i>	0,0003

Tratamentos: Mandioca= raiz de mandioca triturada *in natura*; M+Milho= raiz da mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de milho; M+Soja= raiz da mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de soja; M+Arroz= raiz da mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de arroz; médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste Tukey (5%). DIVMS - Digestibilidade *in vitro* da matéria seca. CV: coeficiente de variação das silagens. Fonte: Autores.

A digestibilidade é uma estimativa da capacidade que o alimento tem em permitir que o animal utilize seus nutrientes, essa pode ser maior ou menor e pode ser estimada. Alguns fatores podem interferir com os coeficientes de digestibilidade alimentar, como por exemplo, a maturidade da planta, que pode exercer efeito negativo em relação a digestibilidade dos nutrientes, já que há redução no teor de proteína e aumento da parede celular (Tolentino et al., 2016).

4. Conclusão

A raiz de mandioca *in natura* ou com a inclusão de aditivos pode ser conservada na forma de silagem para uso nas dietas de ruminantes. As silagens de raiz de Mandioca *in natura* e M+milho destacaram-se em relação à alta digestibilidade, quantidade de carboidratos totais, adequado pH e menor quantidade de componentes fibrosos. A decisão pelo uso e a escolha do aditivo fica condicionada à disponibilidade na propriedade ou custos de aquisição, e ambas silagens devem ser balanceadas de maneira adequada na dieta.

Agradecimentos

Agradecemos à Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER, Itaquí/RS).

Referências

- Albuquerque Saraiva, T., de Figueiredo Monteiro, C. C., Feitosa, E. M. S., de Oliveira Moraes, G. S., Netto, A. J., Cardoso, D. B., Magalhães, A. L. R., & de Melo, A. A. S. (2020). Effect of association of fresh cassava root with corn silage in replacement for cactus cladodes on dairy cow performance. *Tropical Animal Health and Production*, 52(3), 927–933. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02087-7>
- Almaguel, R. E.; Piloto, J. L.; Cruz, E. Medeiros, C. M., & Ly. J. (2011). Utilización del ensilaje artesanal de yuca como fuente energética en dietas para cerdos de engorde. *Livestock Research for Rural Development*, v. 23, p.41-47.
- Amaral, R. C. do, Bernardes, T. F., Siqueira, G. R., & Reis, R. A. (2007). Características fermentativas e químicas de silagens de capim-marandu produzidas com quatro pressões de compactação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(3), 532–539. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982007000300003>
- Almeida J.; Ferreira Filho J. R. (2005). Mandioca: Uma boa alternativa para alimentação animal. *Bahia Agric.* v. 7, n. 1, p. 50-56.
- Amorim, D. S., Loiola Edvan, R., do Nascimento, R. R., Bezerra, L. R., de Araújo, M. J., da Silva, A. L., Mielezski, F., & Nascimento, K. dos S. (2020). Fermentation profile and nutritional value of sesame silage compared to usual silages. *Italian Journal of Animal Science*, 19(1), 230–239. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1724523>
- Amos, A. T., Idowu, O. M. O., Oso, A. O., Durojaiye, O. J., Agazue, K., & Adebawale, A. A. (2019). The chemical composition, anti-nutritional and microbial properties of ensiled cassava root-leaf blends as potential feed in swine diet. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 42(4), 1219–1235.
- Araújo, D. D., Amorim, A. B., Saleh, M. A. D., Curcelli, F., Perdigon, P. L., Bicudo, S. J., & Berto, D. A. (2016). Nutritional evaluation of integral cassava root silages for growing pigs. *Animal Nutrition*, 2(3), 149–153. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2016.04.006>
- Association of Analytical Chemists- AOAC. (1975). *Official methods of analysis*. (12th ed), Gaithersburg, MD.
- Bernardes, T. F., Reis, R. A., & Amaral, R. C. do. (2009). Chemical and microbiological changes and aerobic stability of marandu grass silages after silo opening. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(1), 1–8. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982009000100001>
- Dos Santos, N. J. A., Barbosa, A. M., Voltoloni, T. V., Menezes, D. R., Souza, C. M., Bezerra, L. R., Lanna, D. P. D., Ribeiro, C. V. D. M., & Oliveira, R. L. (2018). Physicochemical characteristics and fatty acid composition of the meat of lambs fed cassava silage and dry tamarind (*Tamarindus indica*). *Animal Production Science*, 59(7), 1373–1381. <https://doi.org/10.1071/AN17855>
- Driehuis, F., Oude Elferink, S. J. W. H., & Van Wikselaar, P. G. (2001). Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria. *Grass and Forage Science*, 56(4), 330–343. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.2001.00282.x>
- Easley, J. F., J. T. McCall, G. K. Davis, & R. L. Shirley. 1965. *Analytical methods for feeds and tissues*. Gainesville: University of Florida, Nutrition Laboratory, Dept. of Animal Science, p. 81.
- FAO. 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/?#compare>
- Ferreira, D. F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(6), 1039–1042. <https://doi.org/10.1590/s141370542011000600001>
- Ferreira, R. R., Bezerra, L. R., Marques, C. A. T., Da Costa Torreão, J. N., Edvan, R. L., Araújo, M. J., Amorim, D. S., & De Santana, H. A. (2017). Fermentation characteristics and nutritional quality of elephant grass silage added the buriti fruit peel. *Semina: Ciências Agrárias*, 38(2), 931–942. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n2p931>
- Figueiredo, M. P. de; Ferreira, J. Q. Lopes, I. O.; Tavares, G. M.; Figueira, N. de A.; Filho, W. M. S. (2000). Silagem de raiz de mandioca tratada com uréia. *Revista Científica de Produção Animal*, 1: 17-23.
- Goering, H. K.; Van Soest, P.J. (1975). Forage fiber analyses. [S. l.: s. n.], 1975. GREENHILL, W. L. The buffering capacity of pasture plants with special reference to ensilage. *Australian Journal of Agricultural Research*, v. 15, n. 4, p. 511–519, 1964. <https://doi.org/10.1071/AR9640511>.
- Heinritz, S. N., Martens, S. D., Avila, P., & Hoedtker, S. (2012). The effect of inoculant and sucrose addition on the silage quality of tropical forage legumes with varying ensilability. *Animal Feed Science and Technology*, 174(3–4), 201–210. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.03.017>
- IBGE. 2021. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sidra: Sistema IBGE de Recuperação Automática (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618#resultado>).
- Jobim, C. C., Reis, R. A., Schoken-itturrino, R. P., & Rosa, B. (1999). Desenvolvimento de microrganismos durante a utilização de silagens de grãos úmidos de milho e de espigas de milho sem brácteas Microorganism development during feed-out of high-moisture corn and corn-ears silages. *Acta Scientiarum*, 21(January 2016), 671–676. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v21i0.4348>
- Knowles, M. M., Pabón, M. L., & Carulla, J. E. (2012). Use of cassava (*Manihot esculenta Crantz*) and other starchy non-conventional sources in ruminant feeding. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 25(3), 488–499.
- Kung, L., Shaver, R. D., Grant, R. J., & Schmidt, R. J. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages.

Journal of Dairy Science, 101(5), 4020–4033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>

Licitra, G., Hernandez, T. M., & Van Soest, P. J. (1996). Feedbunk management evaluation techniques. *Animal Feed Science Technology*, 57, 347–358.

Maynard, L. A. (2018). Animal nutrition. *Animal Nutrition*. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.155283>

McDonald, P.; Henderson, A.R.; Heron, S (1991). The biochemistry of silage. 2. ed. Marlou: Chalcome, p.340.

Mertens, D. R. (1997). Creating a System for Meeting the Fiber Requirements of Dairy Cows. In *Journal of Dairy Science* (Vol. 80). [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76075-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2)

Napasirth, V., Napasirth, P., Sulinthone, T., Phommachanh, K., & Cai, Y. (2015). Microbial population, chemical composition and silage fermentation of cassava residues. *Animal Science Journal*, 86(9), 842–848. <https://doi.org/10.1111/asj.12362>

Oni, A. O., Sowande, O. S., Oni, O. O., Aderinboye, R. Y., Dele, P. A., Ojo, V. O. A., Arigbede, O. M., & Onwuka, C. F. I. (2014). Efecto de aditivos sobre la fermentación de ensilaje de hojas de yuca y el fluido ruminal en cabras Enanas de África occidental. *Archivos de Zootecnia*, 63(243), 449–459. <https://doi.org/10.4321/S0004-05922014000300006>

Pires, A. J. V., Carvalho, G. G. P. de, Garcia, R., Carvalho Junior, J. N. de, Ribeiro, L. S. O., & Chagas, D. M. T. (2009). Fracionamento de carboidratos e proteínas de silagens de capim-elefante com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(3), 422–427. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982009000300004>

Polyorach, S., Wanapat, M., Cherdthong, A., & Kang, S. (2016). Rumen microorganisms, methane production, and microbial protein synthesis affected by mangosteen peel powder supplement in lactating dairy cows. *Tropical Animal Health and Production*, 48(3), 593–601. <https://doi.org/10.1007/s11250-016-1004-y>

Quaresma, J. P. S., Abreu, J. G. de, Almeida, R. G. de, Cabral, L. da S., Oliveira, M. A. de, & Rodrigues, R. C. (2010). Recuperação de matéria seca e composição química de silagens de gramíneas do gênero *Cynodon* submetidas a períodos de pré-emurhecimento. *Ciência e Agrotecnologia*, 34(5), 1232–1237. <https://doi.org/10.1590/s1413-70542010000500022>

Régnier, C., Bocage, B., Archimède, H., & Renaudeau, D. (2010). Effects of processing methods on the digestibility and palatability of cassava root in growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 162(3–4), 135–143. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.09.010>

Saree, S., Bunchasak, C., Rakantong, C., Sakdee, J., Kruthai, N., & Poekhampha, T. (2017). Comparative effects of corn-based diet and phase-fed cassava-based diet on growth rate, carcass characteristics and lipid profile of meat-type ducks. *Asian-Australas J Anim Sci*, 30(6), 843–848. <https://doi.org/10.5713/ajas.16.0378>

Sena, L. S., Rocha Júnior, V. R., Dos Reis, S. T., Matos E Oliveira, L., Marques, K. M. S., & Tomich, T. R. (2014). Degradabilidade das silagens de diferentes frações da parte aérea de quatro cultivares de mandioca. *Ciencia Animal Brasileira*, 15(3), 249–258. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v15i316567>

Silva, N., Junqueira, V. C. A., Silveira, N. F.A., Taniwaki, M. H., Santos, R. F. S., Gomes, R. A. R. (2007). Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos. 3ª edição, Livraria Varela, São Paulo.

Silva, M. A. A., Furlan, A. C., Moreira, I., Paiano, D., Scherer, C., & Martins, E. N. (2008). Avaliação nutricional da silagem de raiz de mandioca contendo soja integral para leitões na fase inicial. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(8), 1441–1449. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000800015>

Silva, C. F. P. G., Dos Santos Pedreira, M., De Figueiredo, M. P., Bernardino, F. S., & Da Hora Farias, D. (2010). Qualidade fermentativa e caracterização químico-bromatológica de silagens da parte aérea e raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). *Acta Scientiarum - Animal Sciences*, 32(4), 401–408. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v32i4.8930>

Silva, D.J. & Queiroz, A.C. (2009). Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3. ed. Universidade Federal de Viçosa, p. 235.

Sniffen, C. J.; O'Connor, J. D.; Van Soest, P. J.; Fox, D. G.; Russell, J. B. (1992) A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of animal science*, v. 70, n. 11, p. 3562–3577. <https://doi.org/10.2527/1992.70113562x>.

Stupak, M., Vanderschuren, H., Gruissem, W., & Zhang, P. (2006). Biotechnological approaches to cassava protein improvement. *Trends in Food Science and Technology*, 17(12), 634–641. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.06.004>

Sudarman, A., Hayashida, M., Puspitaning, I. R., Jayanegara, A., & Shiwachi, H. (2016). The use of cassava leaf silage as a substitute for concentrate feed in sheep. *Tropical Animal Health and Production*, 48(7), 1509–1512. <https://doi.org/10.1007/s11250-016-1107-5>

Tilley, J. M. A., & Terry, R. A. (1963). a Two-Stage Technique for the in Vitro Digestion of Forage Crops. *Grass and Forage Science*, 18(2), 104–111. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x>

Tolentino, D. C., Rodrigues, J. A. S., Pires, D. A. de A., Veriato, F. T., Lima, L. O. B., & Moura, M. M. A. (2016). Qualidade de silagens de diferentes genótipos de sorgo. *Acta Scientiarum - Animal Sciences*, 38(2), 143–149. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v38i2.29030>

Van Soest, P.J. (1994). Nutritional ecology of the ruminant. 2. ed. New York: Cornell University, p.476.

Van Soest, P.J.; Robertson, J.B. (1985). Analysis of forages and fibrous foods. Ithaca: Cornell University, p.202.

Weiss, W. P. Predicting Energy Values of Feeds. *Journal of Dairy Science*, v. 76, n. 6, p. 1802–1811, 1993. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77512-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77512-8).

Zambom, M. A., Fernandes, T., Soares, M. S. S. P., Castagnara, D. D., Neres, M. A., Javorski, C. R., & Cruz, E. A. (2014). Características da silagem de resíduo úmido de fécula de mandioca adicionada de níveis de ureia. *Archivos de Zootecnia*, 63(244), 677–688. <https://doi.org/10.21071/az.v63i244.516>

Zanine, A. de M., Santos, E. M., Dórea, J. R. R., Dantas, P. A. de S., da Silva, T. C., & Pereira, O. G. (2010). Evaluation of elephant grass silage with the addition of cassava scrapings. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(12), 2611–2616. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001200008>