



Acta Scientiarum. Animal Sciences

ISSN: 1806-2636

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá
Brasil

Araújo de França, Andrezza; Guim, Adriana; Vieira Batista, Ângela Maria; de Mendonça Pimentel,
Rejane Magalhães; Dias Gonçalves Ferreira, Geane; Sabóia Leal Martins, Isis Darlene
Anatomia e cinética de degradação do feno de *Manihot glaziovii*
Acta Scientiarum. Animal Sciences, vol. 32, núm. 2, 2010, pp. 131-138
Universidade Estadual de Maringá
.png, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303126500005>

- ▶ 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

Anatomia e cinética de degradação do feno de *Manihot glaziovii*

Andrezza Araújo de França^{1*}, Adriana Guim², Ângela Maria Vieira Batista², Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel³, Geane Dias Gonçalves Ferreira⁴ e Isis Darlene Sabóia Leal Martins⁵

¹Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal da Paraíba, Campus II, 583997-000, Areia, Paraíba, Brasil.

²Departamento de Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil. ³Departamento de Biologia/Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil. ⁴Unidade Acadêmica de Garanhuns, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, Pernambuco, Brasil. ⁵Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil *Autor para correspondência. E-mail: andrezza.franca@gmail.com

RESUMO. Avaliaram-se a composição química, o teor de compostos secundários, a degradabilidade *in situ*, a anatomia e a degradabilidade dos tecidos do feno de maniçoba, a partir de plantas em início de frutificação, oriundas de uma vegetação de caatinga em Ibimirim, Estado do Pernambuco. O caule apresentou células com variados graus de lignificação, destacando-se a presença de fibras gelatinosas, parênquima medular lignificado e espessas paredes celulares no xilema. As folhas se destacam pela presença da estrutura girder, caracterizam-se pela grande quantidade de mesofilo, constituído por células com paredes delgadas, contribuindo para a degradabilidade de matéria seca. Idioblastos contendo drusas de oxalato foram encontrados nos tecidos vasculares, na nervura principal da folha. Eles funcionam como mecanismos de defesa do vegetal contra herbívoros e podem afetar a disponibilidade de minerais para o animal. O feno de maniçoba, apesar de obtido de planta em avançado estágio de maturidade (início da frutificação), possui adequada composição química e baixos teores de ácido cianídrico e taninos. Os principais limitantes à degradabilidade são o espessamento e a lignificação das paredes celulares, especialmente nos tecidos do caule. Adicionalmente, os diversos aspectos aqui relatados induzem à continuidade de pesquisas em diversos focos e visam ao melhoramento e à utilização desta espécie como forrageira.

Palavras-chave: parede celular, lignina, microscopia vegetal, digestibilidade, forrageira nativa.

ABSTRACT. Anatomy and kinetics of degradation of *Manihot glaziovii* Hay. This study the structural components of cell wall with its degradability, chemical composition, secondary compounds, *in situ* degradability, anatomy and tissue degradability of the hay of “maniçoba” (wild cassava) from plants in early fruiting, from savanna vegetation in Ibimirim, Pernambuco. The stem showed cells with varied degrees of lignification, highlighting the presence of gelatinous fibers, lignified pith parenchyma and thick cell walls inside the xylem. The leaves were highlighted by the presence of a girder structure, characterized by the great quantity of mesophyll, constituted by cells with thin walls, contributing to the degradability of dry matter. Idioblasts with druses of oxalate were observed around the vascular tissues, in the midrib. It works like defense mechanisms of plant against herbivores and can affect the availability of minerals for animals. “Maniçoba” hay, in spite of its advanced maturity stage (early fruit development), presents adequate chemical composition and low concentration of cyanidric acid and tannins. The mains limits to degradability are cell wall thickness and lignification, particularly in stem tissue. Additionally, several aspects reported here induce to the continuity of studies in several focuses and aim to improve the use this specie as forage.

Key words: cell wall, lignin, plant microscopy, digestibility, native forage.

Introdução

A vegetação nativa do semiárido brasileiro possui grande biodiversidade em seu extrato herbáceo, arbustivo, arbóreo, sendo muitas espécies potencialmente forrageiras. A maniçoba (*Manihot glaziovii*), por sua adaptabilidade às condições semiáridas, e por seu elevado valor nutritivo e pela alta palatabilidade, destaca-se como alternativa alimentar

para a produção animal nesta região. Entretanto, para sua utilização como forrageira, a maniçoba deve ser consumida na forma de feno ou silagem, pois possui compostos secundários (glucosídeos cianogênicos) que podem formar substâncias tóxicas aos herbívoros quando ingerida *in natura* (SALVIANO; NUNES, 1988; MATOS et al., 2005).

Os glucosídeos cianogênicos, presentes nos vacúolos celulares, quando hidrolisados pelas

enzimas presentes na parede celular formam ácido cianídrico (HCN), que é tóxico para os mamíferos. Além daqueles, taninos também estão presentes na maniçoba e conforme sua concentração, estrutura e peso molecular, afetam a digestibilidade da proteína por formarem complexos com proteínas da dieta (VAN SOEST, 1994), podendo, ainda, reagir com polímeros de celulose, hemicelulose, pectina e minerais, indisponibilizando-os para os microrganismos (OLIVEIRA et. al., 2009). Estes compostos secundários são provavelmente sintetizados como estratégia de defesa do vegetal contra predadores (SWAIN, 1977) e interferem na nutrição animal, influenciando a ingestão e a digestibilidade das plantas forrageiras.

A maniçoba deve ser cortada antes do início da frutificação, pois a concentração dos nutrientes e, consequentemente, a digestibilidade diminui com o avanço do desenvolvimento da planta. Este fato está correlacionado com a anatomia dos órgãos vegetativos, com o grau de significação e porcentagem dos tipos de tecidos que constituem os caules e folhas (AKIN, 1989). A partir da caracterização morfoanatômica do colmo de 10 genótipos de milho, verificou-se correlação positiva entre os teores de lignina com as quantidades de células lignificadas no parênquima e córtex e correlação negativa entre a digestibilidade da parede celular e a proporção de células lignificadas no parênquima medular e células lignificadas no córtex (FERREIRA et al., 2007). Desta forma, os estudos sobre a anatomia vegetal associados à digestibilidade são de fundamental importância na determinação do valor nutritivo de determinada forrageira (FERREIRA et al., 2007; MECHIN et al., 2005; PACIULLO et al., 2002).

O uso de técnicas microscópicas na avaliação da anatomia de forrageiras é uma importante ferramenta que auxilia na descrição de fatores que influenciam a sua degradação pelos microrganismos do rúmen (LEMPF, 2007). Em estudos de microscopia são encontradas diferenças na anatomia da planta e dos gradientes de significação celular que afetam a digestibilidade entre espécies e partes da planta numa mesma espécie (AKIN, 1989). Estes estudos auxiliam no direcionamento de futuras pesquisas quanto ao melhoramento de plantas mais digestíveis.

Objetivou-se com este estudo relacionar os aspectos da anatomia, composição química e degradabilidade *in situ* do feno de maniçoba com os aspectos relativos à degradabilidade de seus tecidos.

Material e métodos

O feno de maniçoba foi confeccionado a partir de plantas em início de frutificação, oriundas de vegetação de caatinga em Ibimirim, Estado do

Pernambuco. Foram coletadas as porções superiores das plantas com maiores quantidades de folhas e caules finos, lisos, e verdes, com espessura de aproximadamente 1,0 cm de diâmetro. Em seguida, este material foi picado por máquina forrageira em partículas de aproximadamente 2 cm e exposto ao sol sobre quadra de cimento para secagem; o ponto de feno foi obtido em dois dias e uma lona foi utilizada durante à noite para prevenir o acúmulo de umidade. Por fim, o feno foi acondicionado em sacos de rafia e armazenado em galpão coberto.

A partir de uma amostra composta da planta *in natura*, retirou-se uma subamostra, e três amostras da maniçoba na forma de feno foram coletadas aleatoriamente; ambas foram levadas para o Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) para a determinação dos teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina, segundo as marchas analíticas descritas por Silva e Queiroz (2002). A determinação da porcentagem de carboidratos totais ($\text{CHOT} (\%) = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{MM})$) e carboidratos não-fibrosos ($\text{CNF} (\%) = 100 - (\% \text{FDN} + \% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{MM})$) seguiram as recomendações de Van Soest et al. (1991).

Os compostos secundários foram determinados no Laboratório de Bioquímica Vegetal do Departamento de Química/Química Agrícola da UFRPE, segundo metodologias da AOAC (1980), sendo os taninos determinados, de acordo com o método de Folin-Denis. De cada amostra foram retirados dois extratos para determinação de fenóis totais e com o uso de Polivinilpirrolidona (PVP), para a precipitação de taninos, foram determinados fenóis não-tânicos, obtendo-se, por diferença, o teor de taninos.

A avaliação da degradabilidade *in situ* foi realizada utilizando-se três caprinos adultos, com fistula permanente no rúmen e média de peso vivo de 50 kg, alojados em baia individual, recebendo duas refeições diárias, pela manhã e à tarde, composta por aproximadamente 0,3 kg de feno de maniçoba, 0,7 kg de feno de tifton, água e mistura mineral, à vontade, além de 0,15 kg de concentrado formulado para atender exigências de manutenção de acordo com NRC (2007).

O período experimental foi de 11 dias, sendo sete para adaptação alimentar e quatro para incubação das amostras no rúmen. Para isso, as amostras foram previamente moídas passando por peneira com crivo de 2 mm, pesadas (1,7 g) e acondicionadas em sacos

de náilon medindo 5 x 8 cm, com porosidade de 36 micras, obedecendo a relação de 20 a 25 mg de amostra por cm². Os tempos de incubação foram de 0, 6, 12, 24, 48, 72 e 96h, com duas repetições por tempo e animal.

Após a remoção do rúmen, os sacos foram imediatamente imersos em baldes contendo água e gelo visando à paralisação da atividade microbiana. Posteriormente, foram lavados em água corrente para a retirada do excesso de material do rúmen, sendo, então, congelados. Para as avaliações, os sacos foram descongelados e lavados em máquina com baixa rotação, durante 1 min. Esse processo foi repetido até que a água de lavagem se mostrasse limpa. Em seguida, os sacos foram colocados em estufa com ventilação forçada a 55°C por 72h e as amostras foram moídas passando por peneira com crivo de 1 mm, sendo então armazenados em frascos de polietileno devidamente identificados para as futuras determinações de MS e FDN.

O desaparecimento da MS e FDN foram calculados pela diferença de pesagens dos sacos antes e após a incubação, com base na matéria seca. Os dados do desaparecimento foram ajustados pelo modelo proposto por Orskov e McDonald (1979) para expressar a degradabilidade dos alimentos: $p = a + b(1 - e^{-ct})$, em que “p” é a degradabilidade potencial, “a” é a fração solúvel, “b” é a fração potencialmente degradada e, “c” a taxa constante de degradação da fração “b”.

Os parâmetros não-lineares “a”, “b” e “c” foram estimados por meio do software Naway Program, desenvolvido pelo Rowett Research Institute. As degradabilidades efetivas da MS (DEMS) e da FDN (DEFDN) no rúmen foram calculadas usando a seguinte equação: DEMS ou DEDFN = a + (b x c/c + k) (ORSKOV; McDONALD, 1979), em que “k” é a taxa estimada de passagem dos sólidos no rúmen. Os demais parâmetros já foram descritos anteriormente.

A degradabilidade efetiva da MS e da FDN foi estimada assumindo-se taxas de passagem no rúmen de 2, 5 e 8% h⁻¹, atribuída ao nível baixo, médio e alto de ingestão (ARC, 1984).

Para a avaliação da degradabilidade dos tecidos de feno de maniçoba pela biota ruminal, cinco segmentos de aproximadamente 2 cm de comprimento de ambos, lâmina foliar e caule, foram submetidos à digestão ruminal (caprino adulto fistulado) por um período de 48h. Cada segmento de folha juntamente com um segmento de caule foram acondicionados em um tubo de silicone de 3,5 x 1,0 cm envolto por tecido de náilon. Os cinco conjuntos foram acondicionados em uma sacola de náilon apropriada para ensaios de degradabilidade *in*

situ. Utilizou-se esta forma de proteção a fim de evitar que a pressão exercida pelos movimentos do rúmen fragmentasse as amostras de acordo com Lima et al. (2001). Ao final do tempo de incubação, o material foi removido, fixado em F.A.A. 70% (Formol:Ácido acético:Etanol 70%, 5:5:90). No Laboratório de Fitomorfologia Funcional do Departamento de Biologia/Botânica da UFRPE cada segmento (colmo e folha) foi seccionado à mão livre, foram montadas lâminas semipermanentes coradas com solução Safrablau, recebendo uma gota de glicerina aquosa a 35% para conservação dos cortes e melhor aderência da lamínula. O estudo das amostras degradadas, bem como a anatomia descritiva do caule e folha da maniçoba (amostras aleatórias), foi realizado utilizando imagens digitais de secções transversais e paradérmicas, obtidas com câmera digital, microscópio óptico e programa de análise de imagens, *Image Tool* (WILCOX et al., 2002). Foram feitas determinações da espessura da parede celular das células de esclerênquima (μm), espessura da cutícula (μm) e número e área transversal ocupada por fibras esclerênquimáticas (μm^2). As terminologias e classificações utilizadas neste estudo seguiram as recomendações de Metcalfe e Chalk (1988). As imagens digitais foram processadas usando Photoshop versão 7.0 (Adobe Systems) para melhorar o contraste, quando necessário, e inserir escalas e legendas nas figuras.

Resultados e discussão

As médias relativas à composição química e compostos secundários do feno de maniçoba (Tabela 1) indicam a capacidade da técnica de conservação de forragem empregada para manter os nutrientes e reduzir o teor de HCN. No feno, os componentes químicos da parede celular, FDN, correspondem a menos de 50% da MS (Tabela 1), pela expressiva quantidade de folhas em sua composição e maior ou menor quantidade de tecidos constituídos de células com paredes espessadas. A FDN é maior no caule do que nas folhas, visto que o caule contém mais tecidos de condução e fibras que se caracterizam por apresentar parede secundária mais lignificada (Tabela 1 e Figura 1). Segundo Akin (1989), tecidos como o xilema e esclerênquima contribuem para a baixa qualidade da forragem por apresentarem parede celular bastante espessa.

A quantidade de taninos encontrada no feno de maniçoba foi de 1,87% (Tabela 1). De acordo com Cruz et al. (2007), os taninos têm importante ação antinutricional quando ultrapassam o teor de 5% na MS da dieta. Estes autores, estudando o teor de taninos em maniçoba, constataram não haver

influência do teor de taninos condensados na maniçoba (1,64%) com sua digestibilidade. Barry (1985) e Barry e Duncan (1984), trabalhando com ovinos alimentados com uma dieta à base de *Lotus pendiculatus*, registraram redução do consumo, digestibilidade e produção de lã quando a porcentagem de taninos condensados variou de 8 a 10%, respectivamente. A fenação, realizada nesta pesquisa, promoveu redução de 83,2% no teor de HCN, semelhante à variação ocorrida com o processo de ensilagem da maniçoba (MATOS et al., 2005). Desta forma, os teores de HCN encontrados na maniçoba conservada, em ambas as pesquisas, são irrelevantes para causar toxidez aos ruminantes em geral, uma vez que Soares (2000) constatou efeito tóxico em caprinos, apenas quando estes consumiam teores superiores a 2,4 mg HCN kg⁻¹ PV.

Tabela 1. Composição química e compostos secundários do feno de maniçoba (*Manihot glaziovii*).

Variáveis (%)	Maniçoba (% matéria seca)	
	Natural	Feno
MS ¹	20,30	87,79
MM ²	6,69	9,95
EE ³	5,62	5,23
PB ⁴	13,66	16,06
FDN ⁵	43,00	42,82
FDA ⁶	30,92	30,80
Lignina	11,00	11,02
MO ⁷	93,31	90,05
CHOT ⁸	74,03	68,76
CNF ⁹	30,41	25,94
Taninos	1,58	1,87
HCN ¹⁰ mg kg ⁻¹ MS	512,83	86,34

¹Matéria seca; ²Matéria mineral; ³Extrato etéreo; ⁴Proteína bruta; ⁵Fibra em detergente neutro; ⁶Fibra em detergente ácido; ⁷Matéria orgânica; ⁸Carboidratos totais; ⁹Carboidratos não-fibrosos; ¹⁰Ácido cianídrico.

As Figuras 1 e 2 (A, B, C e D) mostram a estruturação anatômica da folha e do caule de maniçoba (*Manihot glaziovii*) conservada na forma de feno, respectivamente.

Diversos aspectos apresentados neste trabalho são inéditos para a espécie vegetal estudada, incluindo sua classificação anatômica semelhante a uma planta com via fotossintética C₃ (Figura 1A). Fato que evidencia a necessidade de estudos acerca dos ciclos de fixação do carbono a fim de determinar o tipo de metabolismo fotossintético desta espécie. De acordo com Salisbury e Ross (1992), muitas espécies CAM (Metabolismo Ácido das Crassuláceas) podem ser encontradas na família das Euphorbiaceae. No entanto, El-Sharkawy et al. (1989) sugeriram que a mandioca pode ser uma espécie de metabolismo intermediário C₃/C₄. A anatomia das C₃ favorece sua ingestão e, consequentemente, sua digestibilidade, pelo arranjo do mesofilo com mais espaços intercelulares do que em plantas C₄, além de mais espaços entre os feixes vasculares.

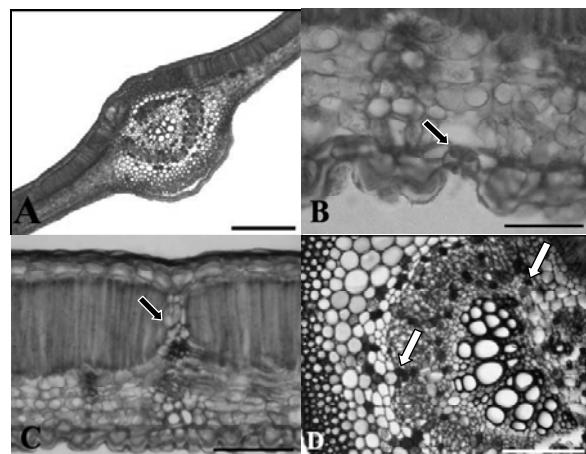


Figura 1. A-D. Folha (feno) de maniçoba (*Manihot glaziovii*). A. Vista transversal da nervura principal. B. Detalhe dos estômatos em depressão na face abaxial (seta). C. Vista transversal do mesofilo - Estrutura Girder (seta). D. Detalhe do feixe vascular da nervura principal da folha - Cristais de oxalato (setas). Barras: A-B = 100 µm; C = 350 µm; D = 150 µm.

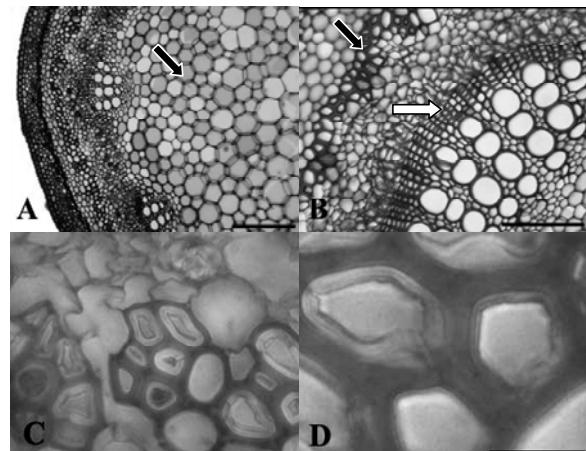


Figura 2. A-D. Vista transversal do caule (feno) de maniçoba (*Manihot glaziovii*). A. Aspecto geral do caule mostrando parênquima medular com células lignificadas (seta preta). B. Detalhe do caule mostrando faixa de fibras gelatinosas (seta preta) e fibras do xilema (seta branca). C. Grupos de fibras gelatinosas. D. Detalhe das fibras gelatinosas mostrando espessamento lamelar. Barras = A = 300 µm; B = 150 µm; C = 100 µm; D = 40 µm.

Nas folhas da maniçoba, o tecido esponjoso é formado por quatro-cinco camadas de células braciformes e muitos espaços intercelulares (Figura 1B). A presença da estrutura girder na lâmina foliar (Figura 1C) é um significante caractere taxonômico (WILSON, 1993). Esta estrutura auxilia na sustentação de feixes vasculares no interior do mesofilo, por meio da extensão de células da bainha (que podem ser lignificadas) em direção às epidermes; quanto maior o grau de lignificação destas células, maior será a dificuldade na sua degradabilidade. Além disto, a quantidade destas estruturas na planta pode limitar a desagregação dos tecidos durante a mastigação (WILSON, 1993).

Foram encontrados muitos idioblastos contendo em seu interior cristais de oxalato de cálcio, de diferentes tamanhos, principalmente na região da nervura principal das folhas no feno de maniçoba (Figura 1D). A ingestão dos oxalatos, presentes nas plantas, pode levar o animal a distúrbios metabólicos, a lesões nervosas e renais e, ainda, interferir na absorção de nutrientes essenciais no intestino, reduzindo sua biodisponibilidade. No feno de maniçoba, entretanto, pelo fato dos idioblastos estarem associados à fração de mais baixa digestibilidade da planta, o cálcio apresenta-se indisponível para o animal e os cristais de oxalato tendem a passar intactos pelo trato digestivo dos animais (NICODEMO; LAURA, 2001). Contudo, tendo em vista o percentual de matéria mineral (Tabela 1) do feno de maniçoba é importante que se determine o teor de ácido oxálico, a fim de ser averiguada a biodisponibilidade potencial de seus minerais.

As folhas, por serem constituídas por um grande percentual de tecidos com células que apresentam apenas parede primária sem lignificação (especialmente parênquima palicádico e esponjoso), mostram maiores sinais de degradação. Portanto, praticamente apenas as células de condução do xilema se mantiveram íntegras, após ação dos microrganismos ruminais por 48h. Alguns poucos fragmentos de parede das demais células que constituem as folhas puderam ser identificados, mas não resistiram ao seccionamento no momento de confecção das lâminas histológicas.

No caule, foram encontrados 24 grandes elementos de condução e 112 fibras esclerenquimáticas com paredes espessadas e lignificadas ocupando uma área transversal de 475,91 μm^2 (Figuras 2A e B). Destaca-se uma camada de fibras gelatinosas constituída por três estratos de células com parede secundária lignificada, 2,33 μm (Figuras 2C e D) e espessa camada lamelar 2,47 μm , em direção ao lúmen. Numa área de 8.194,28 μm^2 foram encontradas 21 fibras gelatinosas, indicando a ocupação média de uma destas células numa área de 0,22 μm^2 . Estas células apresentam características que permitem sua classificação como fibras gelatinosas, semelhantes àquelas definidas por Tomlinson (2003). Podem ser consideradas armazenadoras de água, como característica xeromórfica das plantas da caatinga, pela marcante presença da celulose, que é hidrófila (MARCATI et al., 2001).

Os segmentos caulinares indicaram maior fragmentação nas extremidades (Figuras 3A e B), em

que o líquido ruminal penetrou mais facilmente no interior dos tecidos que o compõem. Além disso, a degradação é maior quando o acesso dos microrganismos aos tecidos é facilitado, evidenciando que as características físicas da parede celular são as principais limitantes à degradabilidade de tecidos vegetais pelos microrganismos ruminais.

Considerando as fibras gelatinosas presentes no caule, a maior resistência à degradabilidade é consequência da espessura das camadas que compõem a parede secundária e não do grau de lignificação de uma delas, visto que a taxa de degradabilidade foi igual ($0,02 \mu\text{m h}^{-1}$) em ambas as camadas, as quais reduziram sua espessura em quase 50%, 1,44 e 1,27 μm , respectivamente, após 48h de incubação ruminal (Figuras 3C, D, E e F). Wilson e Mertens (1995) encontraram que paredes de espessura moderada, como em fibras de esclerênquima (2,4 μm), reduziram apenas 37,5% (0,9 μm), após 48h de incubação, aproximadamente a mesma taxa ($0,01875 \mu\text{m h}^{-1}$) encontrada aqui. As fibras gelatinosas apresentaram sinais de degradação diferenciada nas regiões mais externas (Figuras 3C e E) e internas (Figuras 3D e F) do fragmento caulinar.

As paredes celulares dos elementos de condução do xilema do caule apresentaram a espessura da parede secundária significada oscilando entre 2,38 e 2,66 μm , sem variações em decorrência da degradação após 48h em contato com o líquido ruminal. Segundo Akin (1989), os tecidos como o xilema e esclerênquima são formados por células de parede secundária espessa, contribuindo desta forma, para a baixa qualidade da forragem.

As células do parênquima medular do caule (Figura 2A) apresentaram leve grau de lignificação, identificadas pela coloração vermelha específica com floroglucinol (seta), ocupando uma área de 2.159,64 μm^2 , apesar da parede delgada ($\approx 0,48 \mu\text{m}$) das suas células, não foi observada nenhuma alteração de degradação após 48h em contato com o líquido ruminal. De acordo com Wilson (1993), o parênquima pode contribuir, significativamente, para a indigestibilidade dos vegetais, em consequência do volume que ocupa e por serem capazes de desenvolver uma parede secundária espessa e lignificada. Adicionalmente, a proporção de lamela média entre as paredes primárias das células parenquimáticas da região medular, com algum grau de lignificação, age como um cimento que envolve cada célula individualmente, fazendo com que a estrutura do tecido permaneça íntegra (WILSON, 1993).

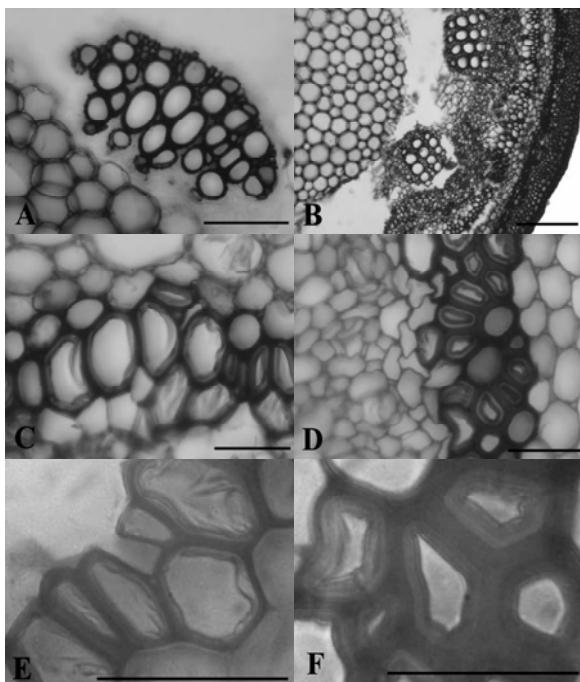


Figura 3. A-F. Vista transversal de fragmentos caulinares (feno) de maniçoba (*Manihot glaziovii*), após 48h no rúmen. Extremidade (A, C e E) e área mais interna (B, D e F) do fragmento caulinário. A. Região mais externa de fragmento caulinário, mostrando ausência de floema e parênquima em torno do feixe vascular. B. Região mais interna, mostrando fragmentação de células corticais e em torno do feixe vascular. C e E. Fibras gelatinosas da extremidade do fragmento caulinário. D e F. Fibras gelatinosas da região mais interna do caule. Barras: A = 150 µm; B = 350 µm; C-F = 50 µm.

No feno de maniçoba, a degradabilidade potencial da MS foi de quase 60% (Tabela 2), justificada por boa participação de folhas em sua composição, as quais, apesar do seu estado de maturidade (início da frutificação), apresentam tecidos com paredes menos espessadas e pouca lignificação, na maioria deles (Figura 2A). Este dado pode ser relacionado aos 58% de redução da camada lamelar das fibras gelatinosas, estendendo-se ou ampliando-se esta taxa para tecidos com igual ou menor espessura de parede, exceto xilema, o qual não apresentou redução.

A baixa degradabilidade de FDN (Tabela 2) pode ser atribuída, principalmente, à quantidade dos elementos de condução do xilema que, embora apresentem paredes de espessura moderada (WILSON; MERTENS, 1995) não apresentaram redução, tanto no caule como nas folhas, pelo elevado grau de lignificação de suas paredes. Nas extremidades do fragmento caulinário com pronto acesso aos microrganismos (Figura 3A), observou-se a degradação das fibras esclerenquimáticas constituintes do feixe vascular, ficando intactos apenas os elementos de condução do xilema, talvez pelo mesmo motivo da ausência de degradabilidade encontrada no parênquima medular.

Tabela 2. Médias dos parâmetros da degradação da matéria seca (MS) e fibra em detergente neutro (FDN) do feno de maniçoba (*Manihot glaziovii*) incubado no rúmen de caprinos.

Parâmetros da degradação	Feno de maniçoba	
	MS	FDN
a (%)	27,47 ± 0,79	-0,85 ± 2,53
b (%)	30,52 ± 2,15	29,74 ± 4,25
c (% h ⁻¹)	5,35 ± 2,05	4,42 ± 3,04
FND	42,01 ± 1,50	71,12 ± 5,39
DP	57,99 ± 1,50	28,88 ± 5,39
	DE	
2	49,35 ± 2,45	19,92 ± 2,49
5	42,96 ± 2,71	11,83 ± 2,76
8	39,50 ± 2,48	8,84 ± 2,27

(a) Fração solúvel; (b) potencialmente degradada; (c) taxa de degradação; (FND) fração não-degradada (DP) degradabilidade potencial; (DE) degradabilidade efetiva a 2, 5 e 8% h⁻¹.

Segundo o ajuste dos dados relativos ao desaparecimento da MS e da FDN, pelo modelo proposto por Orskov e McDonald (1979), para expressar a degradabilidade potencial do feno de maniçoba, observa-se a baixa degradabilidade da FDN do material estudado, concordando com a degradação dos tecidos do caule observada histologicamente (Figura 3), que contém a maior proporção de vasos vasculares, mais lignificados e de paredes celulares mais espessas.

A fração solúvel (a) da fibra em detergente neutro do feno de maniçoba foi inexistente; já a taxa de degradação da fração lentamente degradável (c) foi muito baixa em relação à maniçoba conservada na forma de silagem (SOUZA et al., 2006), esse comportamento resultou em elevada fração não-degradada de FDN, e em consequência, registraram-se baixas degradabilidades da FDN, tanto potencial e, principalmente, efetiva, em todas as taxas de passagem avaliadas. No feno em estudo, o valor da fração b para o FDN foi muito próximo à registrada para a MS. Com relação à MS, a fração rapidamente degradada obteve valores próximos aos obtidos para silagem de maniçoba emurchedida de Souza et al. (2006) e a degradabilidade potencial foi superior aos 46,05% encontrada para o feno produzido por Vasconcelos (1999) citado por Souza et al. (2006).

A porcentagem de desaparecimento da FDN e da MS foi mais acentuado até, aproximadamente, 24 e 48h de incubação, respectivamente, com um discreto acréscimo nos tempos subsequentes (Tabela 3), sustentando a escolha do tempo de 48h para a incubação dos tecidos *in situ*, a fim de estudar sua degradação anatômica, o mesmo tempo foi utilizado nos estudos realizados *in situ* por Lima et al. (2001) e *in vitro* por Paciullo et al. (2002).

Tabela 3. Médias do desaparecimento da matéria seca (MS) e fibra em detergente neutro (FDN) do feno de maniçoba (*Manihot glaziovii*) em função do tempo de incubação no rúmen de caprinos.

Horas de incubação	Desaparecimento (%)	
	MS	FDN
0	27,80 ± 2,36	-1,97 ± 0,00
6	36,85 ± 1,60	09,72 ± 5,30
12	39,82 ± 4,56	09,61 ± 0,43
24	48,97 ± 1,99	23,47 ± 6,89
48	52,37 ± 3,50	21,17 ± 1,58
72	54,60 ± 2,89	23,94 ± 4,05
96	55,29 ± 3,23	26,72 ± 3,61

Conclusão

O feno de maniçoba possui adequada composição química e baixos teores de HCN e taninos.

Os principais limitantes à degradabilidade são o espessamento e lignificação das paredes celulares, especialmente nos tecidos do caule.

Atribui-se a degradabilidade da MS à maior proporção de folhas que compunham o feno, visto que a anatomia de seus tecidos revela paredes celulares delgadas de mais fácil degradação em relação ao caule.

A presença de fibras gelatinosas é um aspecto anatômico diferenciado e sua degradabilidade é influenciada pela espessura de suas paredes.

Referências

- AKIN, D. E. Histological and physical factors affecting digestibility of forages. **Agronomy Journal**, v. 81, n. 1, p. 17-25, 1989.
- AOAC-Association of Official Analytical Chemist. **Official Methods of Analysis**. 13th ed. Washington, D.C., 1980.
- ARC-Agricultural Research Council. **The nutrient requirements of ruminant livestock in Agricultural Research Council**. Farnham Royal: CAB, 1984. (Suppl. 1).
- BARRY, T. N. The role of condensed tannins in the nutritional value of *L. pedunculatus* for sheep. 3. Rates of body and wool growth. **British Journal of Nutrition**, v. 54, n. 1, p. 211-217, 1985.
- BARRY, T. N.; DUNCAN, S. J. The role of condensed tannins in the nutritional value of *L. pedunculatus* for sheep. 1, Voluntary intake. **British Journal of Nutrition**, v. 51, n. 3, p. 485-491, 1984.
- CRUZ, S. E. S. B. S.; BEELEN, P. M. G.; SILVA, D. S.; PEREIRA, W. E.; BEELEN, R.; BELTRÃO, F. S. Caracterização dos taninos condensados das espécies maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii*), flor-de-seda (*Calotropis procera*), feijão-bravo (*Capparis flexuosa*, L) e jureminha (*Desmanthus virgatus*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 4, p. 1038-1044, 2007.
- EL-SHARKAWY, M. A.; COCK, J. H.; PORTO, M. C. M. Características fotossintéticas da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 1, n. 2, p. 143-154, 1989.
- FERREIRA, G. D. G.; EMILE, J. C.; BARRIÈRE, Y.; JOBIM, C. C. Caracterização morfoanatômica do colmo de híbridos de milho para avaliar a qualidade de silagem. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 29, n. 3, p. 249-254, 2007.
- LEMPP, B. Avanços metodológicos da microscopia na avaliação de alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, suplemento especial, p. 315-329, 2007.
- LIMA, L. M. S.; ALQUINI, Y.; BRITO, C. J. F. A.; DESCHAMPS, F. C. Degradação ruminal dos tecidos vegetais e composição Bromatológica de cultivares de *Axonopus scoparius* (Flüegg) Kuhlm. e *Axonopus fissifolius* (Raddi) Kuhlm. **Ciência Rural**, v. 31, n. 3, p. 509-515, 2001.
- MARCATI, C. R.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V.; BENETATI, L. Anatomia comparada do lenho de *Copaisera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinoideae) de floresta e cerradão. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 3, p. 311-320, 2001.
- MATOS, D. S.; GUIM, A.; BATISTA, A. M. V.; PEREIRA, O. G.; MARTINS, V. Composição química e valor nutritivo da silagem de maniçoba (*Manihot epruina*). **Archivos de Zootecnia**, v. 54, n. 208, p. 619-629, 2005.
- MECHIN, V.; ARGILLIER, O.; ROCHER, F.; YANNICK HÉBERT, Y.; MILA, I.; POLLET, B.; BARRIÈRE, Y.; LAPIERRE, C. Search of a maize ideotype for cell wall enzymatic degradability using histological and biochemical lignin characterization. **Journal of Agricultural Science**, v. 53, n. 15, p. 5872-5881, 2005.
- METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons**. 2. ed. Oxford: Clarendon Press, 1988. v. 1.
- NICODEMO, M. L. F.; LAURA V. A. **Elementos minerais em forrageiras**: formas químicas, distribuição e biodisponibilidade. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001. (Documento, 115).
- NRC-Nacional Research Council. **Nutrient requirements of small ruminants**. Washington, D.C.: Nat. Academic, 2007.
- OLIVEIRA, S. G.; BERCHIELLI, T. T.; PEDREIRA, M. S.; FERNANDES, J. J. R.; PIRES, A. V. Degradação ruminal e síntese de proteína microbiana em bovinos alimentados com silagem de sorgo contendo tanino suplementado com concentrado ou uréia. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 31, n. 1, p. 45-51, 2009.
- ORSKOV, D. R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v. 92, n. 2, p. 499-503, 1979.
- PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, J. A.; SILVA, E. A. M.; QUEIROZ, D. S.; GOMIDE, C. A. M. Degradação in vitro de tecidos da lâmina foliar e do colmo de gramineas

- forrageiras tropicais em função do estádio de desenvolvimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 900-907, 2002.
- SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. The photosynthesis-transpiration compromise. In: SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. (Ed.). **Plant physiology**. 4. ed. California: Wadsworth, 1992. p. 66-92.
- SALVIANO, L. M. C.; NUNES, M. C. F. S. **Considerações sobre o valor forrageiro e a toxidez da maniçoba**. Petrolina: Embrapa-CPATSA, 1988. (Embrapa-CPATSA, Comunicado Técnico, n. 27).
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2002.
- SOARES, J. G. G. **Avaliação da silagem de maniçoba** – Teor de ácido cianídrico. Petrolina: Embrapa/Semiárido, 2000. (Comunicado Técnico, n. 93).
- SOUZA, E. J. O.; GUIM, A.; BATISTA, A. M. V.; ZUMBA, E. R. F.; SANTOS, E. P.; SOUZA, G. R. A.; LINS, N. B.; MATOS, D. S. Qualidade de silagens de maniçoba (*Manihot epruinosus*) emurchecida. **Archivos de Zootecnia**, v. 55, n. 212, p. 351-360, 2006.
- SWAIN, T. Secondary compounds as protective agents. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 28, n. 1, p. 479-501, 1977.
- TOMLINSON, P. B. Development of gelatinous (reaction) fibers in stems of *Gnetum guemone* (Gnetales). **American Journal of Botany**, v. 90, n. 7, p. 965-972, 2003.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.
- WILCOX, D.; DOVE, B.; MCDAVID, D.; GREER, D. **Image Tool**. San Antonio: University of Texas Health Science Center, 2002.
- WILSON, J. R. Organization of forage plant tissue. In: JUNG, H. G.; BUXTON, D. R.; HATFIELD, R. D.; RALPH, J. (Ed.). **Forage cell wall structure and digestibility**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1993. p. 1-32.
- WILSON, J. R.; MERTENS, D. R. Cell wall accessibility and cell structure limitations to microbial digestion of forage. **Crop Science**, v. 35, n. 1, p. 251-259, 1995.

Received on November 19, 2009.

Accepted on March 24, 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.