

Degradabilidade *in situ* da matéria seca de três forrageiras tropicais nas formas *in natura* e ensilada

[In situ dry matter degradability of three tropical forages of green chopped and ensiled forms]

D.R. Cavalcante¹, F.B. Perin², E. Benedetti³

¹Aluna de pós-graduação - Universidade Federal de Uberlândia - Uberlândia, MG

²Aluno de graduação - Universidade Federal de Uberlândia - Uberlândia, MG

³Universidade Federal de Uberlândia - Uberlândia, MG

RESUMO

Estimou-se a degradabilidade ruminal da matéria seca (MS) do milho (*Zea mays L.*), milheto (*Pennisetum glaucum L. R. Br.*) e sorgo (*Sorghum bicolor L. Moench.*) utilizando-se a técnica *in situ* com amostras nas formas *in natura* e ensiladas. Amostras de 6g de cada alimento foram incubadas em triplicata no rúmen por seis, 24 e 96 horas de duas vacas secas. Estimou-se o tempo zero (t0) lavando-se os sacos em água, e foi utilizado para o cálculo da solubilidade. O delineamento experimental foi de parcelas subdivididas, sendo as forrageiras os tratamentos, e os tempos de incubação os subtratamentos. Compararam-se as médias do desaparecimento da MS por meio do teste SNK, a 5% de probabilidade. Os resultados encontrados do desaparecimento da MS (%) das forrageiras *in natura* e ensiladas nos tempos zero, seis, 24 e 96 foram respectivamente: milheto (10,07, 14,50, 20,36, 47,86; 11,64, 15,69, 21,60, 33,37), milho (12,64, 20,08, 31,77, 68,11; 13,31, 20,97, 35,31, 67,33) e sorgo (10,20, 21,55, 26,56, 58,95; 10,07, 15,10, 24,89, 44,52). A degradação potencial (%) das silagens foi: milheto (36,44), milho (81,18) e sorgo (51,30).

Palavras-chave: bromatologia vegetal, cinética ruminal, milheto, milho, sorgo

ABSTRACT

Dry matter (DM) ruminal degradability of corn (*Zea mays L.*), millet (*Pennisetum glaucum L. R. Br.*) and sorghum (*Sorghum bicolor L. Moench.*) was evaluated using *in situ* technique with samples in green chopped and ensiled forms. Two crossbred fistulated (live weight of 480kg) dry cows participated. Samples of six grams in each forage were incubated in the rumen for 6, 24 and 96 hours. We estimated time zero (t0) washing the bags in water and it was used to calculate solubility. The experimental design followed a randomized block design with a split plot. We compared the average of DM through the SNK test at 5% probability. The results of disappearance (%) of dry matter forages of green chopped and ensiled forms in 0, 6, 24 and 96 hours were respectively: millet (10,07, 14,50, 20,36, 47,86; 11,64, 15,69, 21,60, 33,37), corn (12,64, 20,08, 31,77, 68,11; 13,31, 20,97, 35,31, 67,33) and sorghum (10,20, 21,55, 26,56, 58,95; 10,07, 15,10, 24,89, 44,52). The potential degradation (%) of silages was: millet (36,44), corn (81,18) and sorghum (51,30).

Keywords: bromatology plant, corn, kinetics, millet, sorghum

INTRODUÇÃO

A comparação de diferentes forrageiras pela degradabilidade é importante para determinar as mais digestíveis que, conseqüentemente, podem

apresentar melhor retorno econômico/produzido pelos animais que as consumirem, e ainda por ser possível formular modelos mecanísticos que expressem de forma real a dinâmica da digestão considerando-se as características dos

Recebido em 24 de março de 2011

Aceito em 28 de setembro de 2011

E-mail: daniellarezende@yahoo.com.br

Apoio: CAPES

alimentos (composição, quantidade, frequência de alimentação, etc.) (Molina, 2000).

O consumo da matéria seca é uma variável relevante na alimentação animal porque é afetada pela qualidade das forrageiras tropicais, entre outros fatores, e, conseqüentemente afeta a produção animal. Devido à relação direta entre degradação da MS e ingestão de MS, é importante o conhecimento dessa taxa de degradação para estimar a ingestão voluntária de forragem pelos ruminantes.

Portanto, procurou-se, com este trabalho, determinar a degradabilidade de três forrageiras de corte: milho (*Zea mays* L.), milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) e sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), utilizando-se a técnica *in situ*, nas formas *in natura* e ensiladas.

MATERIAL E MÉTODOS

As variedades utilizadas foram Nidera (milho), Volumax (sorgo) e ADR7010 (milheto). O milheto teve características particulares: após o plantio dos últimos 12,5ha, ocorreu um veranico de sol intenso e quente de 23 dias, todavia, no final do ciclo (70 dias), esta área se igualou à restante. Houve ataque de lagarta que não recebeu controle químico, somente a chuva. Devido ao espaçamento, o milheto ficou com colmo fino e espiga muito alta, e na colheita tombou, perdendo muitas espigas além da perda pelo tombamento com ventos. Portanto, foi preciso antecipar a colheita em uma semana e seu teor de matéria seca (MS) foi baixo (25%MS). No processo de fermentação da silagem de milheto, ocorreu muita lixiviação, com perda de líquido.

Plantas inteiras foram colhidas na forma *in natura* em diferentes pontos do caminhão forrageiro no mesmo dia em que as forrageiras seriam ensiladas, para compor amostra composta, durante três dias alternados. As forrageiras já estavam picadas grosseiramente em partículas com aproximadamente dois centímetros. Procedeu-se da mesma forma com a colheita das amostras de forrageiras ensiladas, quando o silo encontrava-se na metade de sua capacidade total.

Os sacos eram confeccionados em tecido náilon importado nas dimensões de 6,0 x 15,0cm. O

corte dos sacos foi realizado na diagonal para proporcionar maior resistência, e estes foram selados nas bordas.

Utilizaram-se de duas vacas leiteiras, mestiças, Holandesas x Zebu, não lactantes, com peso vivo (PV) médio inicial de 480kg, previamente fistuladas no rúmen. As vacas foram mantidas em curral aberto sombreado, piso cimentado, disposto com comedouro coberto e com acesso irrestrito à água e à mistura mineral durante 15 dias na fase de adaptação da alimentação, sendo cinco dias em cada tratamento.

Durante o período de adaptação e de incubação dos sacos, as vacas foram alimentadas três vezes ao dia com silagem de milho (SM), silagem de milheto (SMILH) e silagem de sorgo (SS) (em cada período de adaptação) à vontade, mais 2,0kg/vaca/dia de caroço de algodão e concentrado com 22% de PB e 78% de NDT, na quantidade de 2,0kg/vaca/dia; além de água e sal mineral à vontade. As forrageiras foram fornecidas como alimento único para o estudo da degradabilidade *in situ* da MS com sacos de náilon seguindo Orskov e McDonald (1979).

Os sacos de náilon compunham três repetições/tratamento/tempo em cada vaca, uma para forma das forrageiras *in natura*, e outra ensilada, perfazendo um total de 72 amostras. Para obtenção do peso dos sacos vazios, estes eram lavados em água corrente e colocados na estufa e dentro do dessecador. Posteriormente, adicionaram-se seis gramas de cada tratamento previamente moídas. Após a pesagem, os sacos com as amostras eram atados na corrente para incubação.

Os tempos de incubação utilizados para avaliação da degradabilidade *in situ* das forrageiras, assim como os procedimentos experimentais, eram os descritos por Nocek (1988), Sampaio (1990). Os tempos eram: seis, 24, e, 96 horas, sendo o tempo zero obtido por meio da lavagem do material em água corrente.

Com a finalidade de se obter material necessário para análises químicas, eram usadas trélicas em todos os tempos. A incubação foi realizada em períodos decrescentes (em ordem cronológica reversa), de tal forma que, no final de 96 horas, todos os sacos seriam retirados de uma só vez.

Após a retirada dos sacos de náilon do rúmen das vacas e ainda presos à corrente, eles eram imersos em água fria com gelo, aproximadamente a 5°C para a paralisação do processo de degradação (Dias, 2002; Mendes *et al.*, 2008) e lavados em água corrente. Posteriormente os sacos foram submetidos à secagem em estufa para determinação do desaparecimento da MS no rúmen por diferença de peso.

Os dados de desaparecimento da MS foram ajustados por regressão não linear, que prediz a degradabilidade potencial (DP) dos alimentos a partir do modelo proposto por Orskov e McDonald (1979), com adaptações propostas por Sampaio (1988).

As degradabilidades efetivas (DEf) foram calculadas considerando-se a taxa de passagem no rúmen (k), utilizando-se os valores sugeridos pelo Agricultural Research Council (Nutrient..., 1984) – uma vez que, no presente experimento, não foram mensuradas as taxas de passagem dos alimentos – de 0,02; 0,05 e 0,08/hora para níveis baixo, médio e alto consumo, segundo modelo proposto por Orskov e McDonald (1979).

O delineamento experimental utilizado foi o de parcelas subdivididas e utilizaram-se três forrageiras como tratamentos e quatro horários de incubação como subtratamentos. Os dados

obtidos foram submetidos à análise de variância e, para comparação das médias, utilizou-se o teste de SNK ($P < 0,05$), com auxílio do programa SISVAR 5.1 (Ferreira, 2008). As equações de regressão não linear para o desaparecimento da MS eram estimadas por meio do programa STATISTICA 7.0 – Data Analysis Software System (Statística..., 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desaparecimento médio (%) da MS das três forrageiras, nas formas *in natura* e ensilada, em função do tempo zero (t_0) e nos tempos de incubação ruminal em horas, são descritas na Tab. 1.

Os resultados do mesmo tratamento nos tempos de incubação foram diferentes estatisticamente ($P < 0,05$). Observou-se, porém, que nos tempos entre seis e 24 horas, o milho e o sorgo tiveram comportamento semelhante, já o milho apresentou diferença significativa em todos os tempos de incubação. O desaparecimento médio da MS entre as forrageiras *in natura* foi equivalente até o tempo de seis horas; após esse horário, as forrageiras apresentaram diferença significativa. Verificou-se que no desaparecimento médio da fração solúvel da MS, representada pelo t_0 , não houve diferença estatística ($P < 0,05$) entre as forrageiras *in natura*.

Tabela 1. Desaparecimento médio (%) da matéria seca das forrageiras milho, milho e sorgo nas formas *in natura* e ensiladas no tempo zero (t_0) e nos horários de incubação ruminal (horas)

Tempo (h)	Milho	Tratamentos <i>in natura</i> Milho	Sorgo
0	10,07Ac	12,64Ad	10,20Ac
6	14,50AcB	20,08Ac	21,55Ab
24	20,36Bb	31,77Ab	26,56Ab
96	47,86Ca	68,11Aa	58,95Ba

Tempo (h)	Milho	Tratamentos ensilados Milho	Sorgo
0	11,64Ac	13,31Ad	10,07Ac
6	15,69Ac	20,97Ac	15,10Ac
24	21,60Bb	35,31Ab	24,89Bb
96	33,37Ca	67,33Aa	44,52Ba

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na linha e letras minúsculas distintas na coluna diferem pelo teste SNK ($P < 0,05$). CV igual a 13,13%.

Às 24 horas, o milho e o sorgo na forma *in natura* foram semelhantes ($P>0,05$) quanto aos valores médios de degradação, exceto para o milheto, que apresentou o menor valor de desaparecimento (20,4%), diferindo ($P<0,05$) dos demais. A partir de 96 horas, não foi observada estabilização das médias de desaparecimento da MS, pois entre as forrageiras houve diferença estatística, mostrando que as incubações nesse período não foram suficientes em atingirem os valores máximos de desaparecimento de MS, ou seja, a assíntota da curva.

O desaparecimento encontrado no presente estudo às 96 horas no sorgo *in natura* (58,9%) foi inferior aos obtidos por Magalhães *et al.* (2005), cujos valores variaram de 60,3% a 65,3%. Essa menor degradação da MS do sorgo na forma *in natura* nos diferentes tempos estudados pode ser devido a diferentes proporções de componentes estruturais e, conseqüentemente, sua composição química bromatológica. Essas características, segundo Zago (1992) e Van Soest (1994), podem alterar os coeficientes de degradabilidade das forrageiras.

As taxas de desaparecimento entre silagens das forrageiras foram semelhantes até as seis horas, inclusive a solubilidade no tempo zero. Entre seis e 24 horas, o desaparecimento foi mais lento para

as três forrageiras na forma de silagem, indicando a existência de uma fração proteica de degradação mais lenta.

Com 24 horas de incubação, 35,3% da MS do resíduo da SM já havia desaparecido do saco de náilon, que representa 52,4% do total, o que pode indicar a existência de uma fração solúvel mais alta em relação às SS e SMILH, ou uma fração de degradação rápida. A partir de maiores tempos de incubação, a degradabilidade ocorreu em proporções menores, mas não indicando ainda proximidade do ponto assintótico da curva de degradação, que indica o máximo de degradação, pois ainda observou-se crescimento na curva de degradação após 96 horas e não se constatou semelhança entre os percentuais da degradação potencial (A) com as taxas de desaparecimento das forrageiras em 96 horas. Com 96 horas de incubação, o desaparecimento da MS da SM atingiu 67,3%.

As estimativas apresentadas na Tab. 2 referem-se aos parâmetros da degradabilidade *in situ* da MS que compreendem os coeficientes A, B e c do modelo proposto por Orskov e McDonald (1979), bem como a degradabilidade potencial estimada para 96 horas de incubação e a degradabilidade efetiva estimada nas taxas de passagens teóricas de 2, 5, e 8%h⁻¹ das SMILH, SM e SS, respectivamente.

Tabela 2. Coeficientes (A, B e c), degradabilidade potencial (DP), degradabilidade efetiva (DEf), solubilidade em água (S) da matéria seca (MS) dos resíduos das silagens de milheto, milho e sorgo

Variável	Silagem		
	Milheto	Milho	Sorgo
	MS		
A (%)	36,440	81,180	51,300
B (%)	24,370	67,900	41,170
B1 (%)	24,800	67,870	41,230
S (%)	11,640	13,310	10,070
c (%/h)	02,140	01,610	1,840
DP (%)	33,317	67,287	44,492
DEf (kp=2%/h)	24,459	43,579	29,826
DEf (kp=5%/h)	19,073	29,841	21,161
DEf (kp=8%/h)	16,874	24,681	17,780

A= Degradação potencial; B= sem valor biológico (ajuste matemático do modelo $p = A - B * e^{-ct}$); B₁= fração não solúvel potencialmente degradável (determinado por A-S); S= fração solúvel no tempo zero; c= taxa de degradação de B₁; DEf= degradabilidade efetiva oriunda da equação $DEf = S + B_1 * c / c + kp$ em taxas de passagem (kp) de 2, 5 e 8%h⁻¹.

Quanto aos parâmetros cinéticos da degradação da MS, nota-se que a fração solúvel em água no tempo zero (S) foi mais representativa para SM em relação às demais forrageiras. A fração B_1 da SM destacou-se pelo elevado valor e possivelmente se deve ao seu alto teor de amido, visto que a silagem foi confeccionada utilizando-se a planta inteira, contendo, portanto, em sua constituição alta quantidade de grãos.

A MS da SMILH destacou-se quanto às taxas de degradação (c) pela elevada velocidade de hidrólise; entre as forrageiras, para esse parâmetro, a SM apresentou a menor estimativa. As diferentes taxas de degradação encontradas nas forrageiras analisadas podem ter sido influenciadas pelos teores de MS, parede celular e conteúdo de carboidratos solúveis. A SM destacou-se pela maior degradabilidade potencial da MS no presente estudo.

O valor da DEF da MS encontrado para SS (46%) e SM (54,8%) conforme Martins *et al.* (1999) foi superior aos encontrados no presente estudo, o que pode ser decorrente da qualidade nutricional da forrageira avaliada.

O valor da DEF da MS da SM foi mais alto que o das outras silagens testadas, o que torna a fonte proteica de maior disponibilidade ruminal, pois a quantidade efetivamente digerida no rúmen influi diretamente na disponibilidade de nitrogênio para o crescimento dos microrganismos do rúmen e na quantidade de proteína que chega aos outros compartimentos do trato digestivo para digestão e absorção (Silva *et al.*, 2002).

Observa-se que as degradações efetivas foram menores que as degradabilidade potenciais, em decorrência da não inclusão das taxas de passagens para o cálculo da DP, na equação proposta por Orskov e McDonald (1979).

A solubilidade no tempo zero de 10,1%, 11,6% e 13,3% para SS, SMILH e SM, respectivamente, foi semelhante estatisticamente, sendo observada variação entre um e três pontos percentuais, porém a diferença foi percebida quando o tempo de incubação era aumentado, que apresentaram variação máxima de desaparecimento da MS às 96 horas entre 11 e 22 pontos percentuais. Tais valores foram diferentes dos potenciais de degradação (A), havendo diferenças entre as forrageiras.

Os valores de B_1 , que representa a fração não solúvel potencialmente degradável, foram diferentes entre as forrageiras, e o valor encontrado da SM foi de 64% e de 40% superior aos observados para SMILH e SS, respectivamente. Geralmente, o valor da fração B_1 da MS não é apresentado na literatura em estudos sobre degradação dos alimentos *in situ*, pelo fato de esses mesmos trabalhos utilizarem *softwares* matemáticos mecanicistas que realizam alguns ajustes para a estimativa das variáveis de degradação, principalmente das frações A e B. Além dessa discrepância entre os parâmetros B_1 , verificou-se que as taxas de degradação (c) das forrageiras resultaram também em diferenças marcantes nas degradabilidades efetivas. A diferença observada entre a SS e a SMILH foi de 5,37 pontos percentuais (29,83 vs 24,46) para taxa de passagem de $2\%h^{-1}$. Vale ressaltar que essa diferença não foi maior devido ao fato de a taxa de degradação da SMILH ser maior do que a encontrada na SS.

Quando se comparou a DEF entre SS e SM, a diferença foi de 13,75 pontos percentuais superior para SM, na mesma taxa de passagem ($2\%h^{-1}$), o que pode resultar em diferenças no desempenho de animais alimentados com essas forrageiras. Porém, observou-se diminuição da diferença da DEF entre as forrageiras, quando foram aumentadas as taxas de passagens para $5\%h^{-1}$ e $8\%h^{-1}$.

As variações encontradas entre os experimentos relatados na literatura também podem ser atribuídas a diferenças na composição bromatológica dos alimentos incubados, principalmente das frações FDN e FDA. É sabido que maiores teores dessas frações podem influenciar negativamente a degradação da MS.

De acordo com Van Soest (1994), outras fontes de variação entre os ensaios podem estar relacionadas aos diferentes horários de incubação, haja vista que tempo de incubação mais longo é importante na avaliação entre gramíneas, uma vez que a influência das condições de fermentação microbiana na degradação ruminal diminui, enquanto a influência das características da parede celular aumenta com maiores tempos de fermentação ruminal.

CONCLUSÕES

Quanto aos parâmetros avaliados tanto na forma *in natura* como ensilada, a melhor forrageira foi o milho, seguida do sorgo e do milheto. As taxas de degradação baixas sugeriram possível superestimativa do modelo exponencial, que pode ter sido causada pela falta de homogeneidade adequada das amostras incubadas no rúmen.

REFERÊNCIAS

- DIAS, F.N. *Avaliação de parâmetros agronômicos e nutricionais em híbridos de milho (Zea mays L.) para silagem*. 2002. 95f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. *Rev. Cien. Symp.*, v.6, p.36-41, 2008.
- MAGALHÃES, R.T.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S. et al. Estimativa da degradabilidade ruminal de quatro genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) utilizando a técnica *in situ*. *Act. Sci. Anim. Sci.*, v.27, p.483-490, 2005.
- MARTINS, A.S.; ZEOULA, L.M.; PRADO, I.N. Degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca e proteína bruta das silagens de milho e sorgo e de alguns alimentos concentrados. *Rev. Bras. Zootec.*, v.28, p.1159-1117, 1999.
- MENDES, M.C.; VON PINHO, R.G.; PEREIRA, M.N. et al. Avaliação de híbridos de milho obtidos do cruzamento entre linhagens com diferentes níveis de degradabilidade da matéria seca. *Bragantia*, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php/>>. Acessado em: 05 nov. 2009.
- MOLINA, L.R. *Avaliação nutricional de seis genótipos de sorgo colhidos em três estádios de maturação*. 2000. 65f. Tese (Doutorado em Ciência Animal. Nutrição Animal) – Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
- NOCEK, J.E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility review. *J. Dairy Sci.*, v.71, p.2051-2069, 1988.
- NUTRIENT requirements of ruminant. Livestock. Farham Royal: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1984.
- ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate passage. *J. Agri. Sci.*, v.92, p.499-503, 1979.
- SAMPAIO, I.B.M. *Experimental designs and modeling techniques in the study of roughage degradation in rumen and growth of ruminants*. 1988. 214f. Tese (Doutorado em Fisiologia) - University of Reading, Reading.
- SAMPAIO, I.B.M. Seleção dos pontos experimentais de colheita de material para o estudo da degradação da matéria seca no rúmen. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27., 1990, Campinas. *Anais...*, Campinas: SBZ, 1990. p.13.
- SILVA, L.D.F.; RAMOS, B.M.O.; RIBEIRO, E.L.A. et al. Degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca e proteína bruta de duas variedades de grão de soja com diferentes teores de inibidor de tripsina, em bovinos. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.31, p.1251-1257, 2002.
- STATISTICA (data analysis software system): version 7.0. Tulsa, OK, 2004. Disponível em: <<http://www.statsoft.com/support/free-statistica-9-trial/>>. Acessado em: 22 ago. 2008.
- VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. Ithaca, NY: Cornell: Univ. Press, 1994.
- ZAGO, C.P. Utilização do sorgo na alimentação de ruminantes. In: _____. *Manejo cultural do sorgo para forragem*. Sete Lagoas, Embrapa/CNPMS, 1992. (EMBRAPA/CNPMS. Circular técnica, 17).