



## Composição química, digestibilidade e cinética de degradação ruminal das silagens de híbridos de girassol em diferentes épocas de semeadura<sup>1</sup>

Renius Mello<sup>2</sup>, José Laerte Nörnberg<sup>3</sup>, Augusto César de Queiroz<sup>4</sup>, Eloísio Nunes Miranda<sup>5</sup>, André Luiz Rodrigues Magalhães<sup>6</sup>, Diego Bitencourt de David<sup>7</sup>, José Lindenberg Rocha Sarmiento<sup>8</sup>

<sup>1</sup> Parcialmente financiada pela FAPERGS.

<sup>2</sup> Doutorando em Zootecnia - UFV. Bolsista CNPq.

<sup>3</sup> Universidade Federal de Santa Maria.

<sup>4</sup> Universidade Federal de Viçosa.

<sup>5</sup> Mestre em Zootecnia.

<sup>6</sup> Doutor em Zootecnia.

<sup>7</sup> Graduando em Zootecnia da UFSM.

<sup>8</sup> Doutorando em Genética e Melhoramento - UFV.

**RESUMO** - Objetivou-se estimar o valor nutritivo das silagens de quatro híbridos de girassol – Rumbosol-91 (forrageiro), M-734 (duplo-propósito), C-11 (duplo-propósito) e BRS-191 (granífero) – semeados em três épocas: outubro (antecipada), novembro (normal) e dezembro (tardia) – por meio de análises químicas, da digestibilidade e da cinética de degradação ruminal. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com arranjo fatorial 4 x 3 (quatro híbridos x três épocas de semeadura) e três repetições. Os teores de MS variaram de 23,2 a 43,0%; o pH, de 4,0 a 5,1; e o N-NH<sub>3</sub>%/NT, de 5,3 a 16,8%. Os teores de CZ oscilaram de 6,8 a 8,8% e aumentaram da semeadura em outubro para dezembro. O Rumbosol-91 apresentou teores menores de EE e maiores de N na parede celular, de N indisponível e de carboidratos totais (CHOT). Os teores de PB aumentaram e os de CHOT diminuíram de outubro para dezembro. A semeadura de novembro e o C-11 apresentaram menores teores de FDN, FDN<sub>cp</sub> e FDA. O C-11 semeado em novembro apresentou menor teor de LDA. A semeadura de outubro e o Rumbosol-91 tiveram maior proporção de LDA%/FDN. O Rumbosol-91 apresentou maior DIVMS e DIVFDN. A semeadura de novembro e os híbridos C-11 e M-734 apresentaram maior teor de NDT. O desaparecimento da MS pode ser representado por um único perfil de degradação. A proporção de FDN indegradável (I) aumentou da semeadura em outubro para dezembro, com maiores valores para o BRS-191 semeado em dezembro. A extensão (V<sub>f1</sub>) e a taxa (k<sub>1</sub>) de degradação da fração solúvel de rápida digestão diminuíram da semeadura em outubro para dezembro, com maiores valores para o Rumbosol-91 semeado em outubro. A relação entre análise química, digestibilidade, NDT e cinética de degradação ruminal foi melhor para os híbridos M-734 e C-11 semeados em novembro.

Palavras-chave: composição bromatológica, digestão *in vitro*, *Helianthus annuus*, produção de gases, técnica gravimétrica

## Effects of sowing dates on chemical composition, digestibility and ruminal degradation kinetics of silages from sunflower hybrids

**ABSTRACT** - The objective of this trial was to estimate chemical composition, digestibility and ruminal degradation kinetics of silages from four sunflower hybrids: Rumbosol-91 (forage), M-734 (double purpose), C-11 (double purpose) and BRS-191 (grain) sowed in October (early), November (normal) and December (late). A randomized complete block design in a 4 x 3 factorial arrangement (four hybrids x three seeding dates) with three replicates was used. Dry matter values ranged from 23.2 to 43.0%, pH from 4.0 to 5.1, and NH<sub>3</sub>-N%/TN from 5.3 to 16.8%. Ash values increased from October to December ranging from 6.8 to 8.8%. The Rumbosol-91 showed the lowest content of EE and the highest contents of N in the cell wall, unavailable N and total carbohydrates (TC). Crude protein contents increased from October to December while the opposite was observed for TC. November sowing and the C-11 gave the lowest contents of NDF, NDF<sub>cp</sub> and ADF. The C-11 sowed in November gave the lowest ADL values. October sowing and the Rumbosol-91 gave the highest content of ADL%/NDF. The Rumbosol-91 gave higher IVDMD and IVNDFD. November sowing and the C-11 and M-734 hybrids gave the highest value of TDN. Only one degradation profile was necessary to fit DM disappearance data. The proportion of undegradable NDF (I) increased from October to December sowing, being the BRS-191 sowed in December gave the highest values. The extent (V<sub>f1</sub>) and rate (k<sub>1</sub>) of degradation of soluble fractions of rapid digestion decreased from October to December sowing, being the Rumbosol-91 sowed in October gave the highest values. The overall nutritive value measured by chemical composition, digestibility, total digestible nutrients and ruminal degradation kinetics was better for the M-734 and C-11 hybrids sowed in November.

Key Words: bromatological composition, gas production, gravimetric technique, *Helianthus annuus*, *in vitro* digestion

## Introdução

Um dos principais entraves para o desenvolvimento da pecuária nacional refere-se à produção estacional de forragem, que se concentra no verão, quando maior precipitação (Brasil Central) e temperaturas mais elevadas (Sul do Brasil) resultam em maior crescimento das plantas forrageiras. No inverno, com menor temperatura (Sul do Brasil) e baixa ocorrência de chuvas (Brasil Central), o crescimento das plantas é reduzido, resultando em baixa disponibilidade e qualidade de forragem. Esta situação normalmente condiciona a necessidade de suplementação das pastagens na seca (Brasil Central) e no frio (Sul do Brasil), principalmente quando se trata de produção intensiva e racional, tanto de leite quanto de carne. A silagem como alimentação complementar nos períodos frios na Região Sul e nos períodos secos na Região Central tem sido uma excelente alternativa para que os rebanhos continuem produzindo mesmo com pouca disponibilidade de forragem.

Há um grande número de plantas forrageiras utilizadas na produção de silagem. O milho (*Zea mays* L.) e o sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench.) são as mais recomendadas, sendo o milho considerado a espécie padrão. Ultimamente, o interesse pela utilização da cultura de girassol (*Helianthus annuus* L.) na forma de silagem tem aumentado. Como vantagens do girassol em comparação ao milho e ao sorgo para ensilagem, destacam-se a ampla adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas, o menor período vegetativo e a alta qualidade do produto final ensilado, especialmente pelo maior teor protéico, possibilitando economia no balanceamento de rações (Evangelista & Lima, 2001).

Atualmente, diversos híbridos de girassol estão disponíveis no mercado, com grande variabilidade genética na produção e concentração de nutrientes, tornando importante a realização de estudos comparativos que possam contribuir em programas de melhoramento genético e identificar os híbridos de melhor relação entre produtividade e valor nutritivo.

O valor nutritivo de um alimento depende de sua composição química e do nível de aproveitamento dos nutrientes pelos animais. Nos animais ruminantes, a simbiose entre o animal e a microbiota ruminal permitem a utilização indireta de carboidratos estruturais refratários à ação enzimática dos mamíferos. Todavia, a quantidade de nutrientes ingeridos que realmente é absorvida depende da taxa de fermentação ruminal e do tempo de permanência ao ataque microbiano, pois a fração efetivamente degradada é função das taxas de degradação e passagem. Além disso, a taxa e extensão de degradação ruminal dependem, principalmente, da natureza e do teor dos componentes da parede celular da disponibi-

lidade ruminal de nitrogênio. Assim, os sistemas químicos de análise, juntamente com a cinética de degradação ruminal, possibilitam a estimativa mais precisa do valor nutritivo das forragens.

Estudos sobre a dinâmica de digestão e fermentação ruminal dos alimentos são importantes, pois fornecem subsídios aos sistemas de exigências nutricionais (CNCPS e NRC). De acordo com Van Soest (1994), esses sistemas necessitam de estimativas acuradas e precisas das taxas de degradação dos alimentos para balancear adequadamente dietas ou formular rações para ruminantes. Além disso, a cinética de degradação ruminal das frações de CNF e CF proporcionam diferenças significativas na produção de ácidos graxos voláteis e no crescimento microbiano, influenciando o suprimento de proteína microbiana no intestino delgado e, conseqüentemente, o desempenho animal.

Entretanto, estudos envolvendo o uso da silagem de girassol em nutrição de ruminantes são poucos e incompletos, verificando-se carência de informações sobre a cinética da degradação ruminal, a qual estima mais precisamente a quantidade e composição dos nutrientes digeridos e a subsequente eficiência de utilização pelos animais. Nesse contexto, objetivou-se estimar o valor nutritivo das silagens de híbridos de girassol semeados em diferentes épocas por meio da composição química, da digestibilidade e da cinética de degradação ruminal *in vitro*.

## Material e Métodos

O experimento foi realizado no Núcleo Integrado de Desenvolvimento em Análises Laboratoriais (NIDAL) do Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos (DTCA) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e no Laboratório de Nutrição Animal (LNA) do Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no período de julho de 2002 a setembro de 2004.

As amostras avaliadas foram obtidas de acordo com os procedimentos descritos por Mello et al. (2006). Os tratamentos foram compostos por quatro híbridos de girassol (Rumbosol-91, M-734, C-11 e BRS-191) e três épocas de semeadura: 3<sup>o</sup> decêndio de outubro (26/10/2001) - semeadura antecipada; 3<sup>o</sup> decêndio de novembro (21/11/2001) - semeadura normal; e 3<sup>o</sup> decêndio de dezembro (23/12/2001) - semeadura tardia em relação ao cultivo principal.

Imediatamente após o corte no estádio R-9 da cultura, a forragem fresca foi picada (1 a 1,5 cm), homogeneizada e ensilada em silos laboratoriais de PVC rígido (60 x 10 cm) dotados de válvula de *Bunsen*. Quarenta e dois dias após a ensilagem, os silos foram abertos e o conteúdo retirado e homogeneizado em balde plástico. Parte da silagem foi

amostrada, para determinação do potencial hidrogeniônico (pH), e congelada (-10°C) para posterior determinação do nitrogênio amoniacal, como porcentagem do nitrogênio total (N-NH<sub>3</sub>%/NT); outra porção foi seca em estufa de circulação forçada a 55±5°C até peso constante. As amostras pré-secas foram trituradas em moinho estacionário do tipo Wiley (peneira com malha de 1 mm) e, posteriormente, submetidas às análises laboratoriais, em duplicata, para determinação dos teores de MS, cinzas (CZ), PB, FDN, FDA, lignina em detergente ácido (LDA), NIDN, NIDA, EE, Ca, P, Mg, K e Na (em %), do nitrogênio amoniacal (em % do nitrogênio total - N-NH<sub>3</sub>%/NT), do pH, dos coeficientes de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS, %) e da cinética de degradação ruminal *in vitro* pela técnica gravimétrica e de produção de gases.

As concentrações de MS, CZ, pH, N-NH<sub>3</sub>%/NT, PB e EE foram determinadas conforme a AOAC (1995); as de FDN segundo Van Soest et al. (1991), sem a utilização de sulfito de sódio e com enzima alfa-amilase termo-estável Termamyl 120L® (Novozymes Latin America Limited); e as de FDA e LDA, de acordo com Goering & Van Soest (1970), realizando-se as análises de FDN, FDA e LDA em cadinhos filtrantes de vidro com porosidade n°. 2 Schott-Duran® (Schott Germany, Inc.). Os teores de NIDN e NIDA foram estimados conforme descrito por Licitra et al. (1996), com algumas modificações, e os de N, pelo método de micro-Kjeldahl. A DIVMS foi calculada pela técnica de Tilley & Terry (1963) e os macroelementos minerais (Ca, P, Mg, K e Na) foram estimados conforme descrito por Tedesco et al. (1995).

Estimaram-se os carboidratos totais (CT) e os não-fibrosos (CNF) conforme Weiss (1999) e os nutrientes digestíveis totais para manutenção (NDT<sub>1x</sub>) por meio das equações somativas do NRC (2001). A digestibilidade *in vitro* da FDN (DIVFDN) foi obtida utilizando-se os princípios de Tilley & Terry (1963), determinando-se a FDN no resíduo após 48 horas de incubação. Os teores de FDN também foram expressos como livre de cinzas e proteína (FDN<sub>cp</sub>) e os de LDA como porcentagem da FDN<sub>cp</sub> (LDA%/FDN).

A cinética ruminal foi estimada pela técnica de produção de gases *in vitro*, com algumas modificações no protocolo de Pell & Schofield (1993). Em frascos de vidro de 50 mL, foram incubados 50 mg de forragem índice (mistura de plantas forrageiras tropicais com baixo teor de gordura, EE < 3%) mais 50 mg das amostras experimentais, em triplicata, contendo 8 mL de solução tampão (McDougall, 1948) e 2 mL de inóculo ruminal, mantidos hermeticamente fechados em sala climatizada a 39±1°C sobre mesa de agitação orbital a 44 rpm. Adicionalmente, foram incubados ainda 100 mg de forragem índice. As leituras de pressão, em milivolts, foram

feitas nos tempos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60, 72, 84, 96, 120 e 144 horas após o início da incubação, em sistema semi-automático com transdutor de pressão acoplado a um voltímetro. A produção de gases das amostras foi obtida pela diferença em relação à forragem índice. A produção cumulativa dos gases foi ajustada empregando-se o modelo logístico bicompartimental (Schofield et al., 1994):

$$V(t) = \frac{Vf_1}{1 + e^{[2-4k_1(t-I)]}} + \frac{Vf_2}{1 + e^{[2-4k_2(t-I)]}}$$

em que  $V(t)$  = volume total de gases (mL/100 mg MS) acumulado no tempo  $t$ ;  $Vf_1$  = volume final de gases oriundo da degradação da fração solúvel de rápida digestão em  $t \rightarrow \infty$ ;  $Vf_2$  = volume final de gases proveniente da degradação da fração insolúvel de lenta digestão em  $t \rightarrow \infty$ ;  $k_1$  = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração solúvel de rápida digestão;  $k_2$  = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração insolúvel de lenta digestão;  $t$  = tempo de incubação (h);  $I$  = fase de latência.

Na cinética ruminal estimada pela técnica gravimétrica *in vitro*, mediu-se o desaparecimento da MS e da FDN. Foram incubados 150 mg da forragem índice mais 150 mg das amostras experimentais, em triplicata, em frascos de vidro de 50 mL contendo 25 mL de solução tampão (McDougall, 1948) e 5 mL de líquido ruminal, mantidos hermeticamente fechados em sala climatizada a 39±1°C sobre mesa de agitação orbital a 44 rpm. Adicionalmente, foram incubados 300 mg de forragem índice. Os tempos de incubação utilizados foram 0, 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72, 96 e 144 horas. Ao final de cada tempo de incubação, os frascos de vidro foram retirados da sala de incubação e armazenados sob refrigeração (4°C) com a finalidade de cessar o processo fermentativo. Esgotado o período de incubação das amostras, os frascos foram retirados da refrigeração e o conteúdo residual foi filtrado em cadinhos do tipo *Gooch* de vidro borossilicato com placa de vidro sinterizada de porosidade n°. 0 JS®. Sequencialmente, os frascos foram lavados abundantemente com água deionizada, sendo aquecidos e secos em estufa a 105±1°C por 12 horas. Os resíduos da degradação em cada tempo de incubação foram pesados e os resultados expressos como porcentagem da MS incubada, obtendo-se o desaparecimento da MS. Em seguida, os cadinhos de vidro contendo os resíduos de incubação foram colocados em frascos de 100 mL, com tampa, sendo adicionados de 50 mL de solução detergente neutro (SDN) e fervidos em autoclave entre 115 e 120°C durante 60 minutos (Pell & Schofield, 1993). Após fervura em autoclave, o conteúdo residual foi filtrado nos mesmos cadinhos de vidro com porosidade zero (0), lavado com água deionizada quente e

acetona e seco em estufa a  $105 \pm 1^\circ\text{C}$  por 12 horas. Os resíduos foram pesados e os resultados expressos como porcentagem da FDN incubada, obtendo-se assim o desaparecimento da FDN, por diferença em relação à forragem índice.

O desaparecimento da MS foi ajustado utilizando-se o modelo de crescimento exponencial assintótico de primeira ordem (Ørskov & McDonald, 1979):

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

em que  $Y$  = desaparecimento da MS (%) no tempo  $t$ ;  $a$  = fração solúvel (%);  $b$  = fração insolúvel potencialmente degradável (%);  $c$  = taxa de degradação ( $\text{h}^{-1}$ ) da fração  $b$ ;  $t$  = tempo de incubação (h).

O desaparecimento da FDN foi ajustado utilizando-se o modelo exponencial decrescente (Mertens & Loftén, 1980):

$$Y = B e^{(-k_d(t-L))} + I, \text{ para } t > L$$

$$Y = B + I, \text{ para } 0 \leq t \leq L$$

em que  $Y$  = resíduo de FDN indegradado (%) no tempo  $t$ ;  $B$  = fração insolúvel potencialmente degradável (%);  $k_d$  = taxa de degradação ( $\text{h}^{-1}$ ) da fração  $B$ ;  $I$  = fração indegradável (%);  $L$  = período de latência (h);  $t$  = tempo de incubação (h).

Após o ajuste das equações para desaparecimento da FDN, procedeu-se à padronização dos parâmetros segundo proposição de Waldo et al. (1972):

$$B_p = \frac{B}{B+I} \times 100 \quad I_p = \frac{I}{B+I} \times 100$$

em que  $B_p$  = fração insolúvel potencialmente degradável padronizada (%);  $I_p$  = fração indegradável padronizada (%);  $B, I$  = conforme supracitado.

Os modelos da cinética de degradação ruminal foram ajustados pelo método iterativo de Gauss-Newton modificado inserido no procedimento não-linear (PROC NLIN) do SAS (1999). Aplicou-se o 'Teste de Identidade de Modelos e Igualdade de Parâmetros de Regressão Não-Linear' (Regazzi, 2003) com a finalidade de verificar a igualdade de parâmetros dos modelos ajustados para as épocas de semeadura, os híbridos e suas interações.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com arranjo fatorial  $4 \times 3$  (quatro híbridos de girassol x três épocas de semeadura) e três repetições, conforme o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + \varepsilon_{ijk}$$

em que  $Y_{ijk}$  é o valor observado no  $i$ -ésimo híbrido na  $j$ -ésima época de semeadura no  $k$ -ésimo bloco;  $\mu$ , a média

geral da variável;  $\alpha_i$ , o efeito do  $i$ -ésimo híbrido;  $\beta_j$ , o efeito da  $j$ -ésima época de semeadura;  $(\alpha\beta)_{ij}$  o efeito da interação  $i$ -ésimo híbrido  $\times$   $j$ -ésima época de semeadura;  $\gamma_k$ , o efeito do  $k$ -ésimo bloco;  $\varepsilon_{ijk}$ , o efeito aleatório associado à observação pressuposto NID  $(0, \mathbf{s}^2)$ .

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo procedimento de Modelos Lineares Gerais (PROC GLM) e suas médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade utilizando-se o programa estatístico SAS (1999).

## Resultados e Discussão

Verificou-se interação significativa ( $P < 0,05$ ) para todas variáveis que indicam a qualidade do processo fermentativo (MS, pH e  $\text{N-NH}_3\%/\text{NT}$  - Tabela 1). O teor de MS foi menor ( $P < 0,05$ ) no híbrido M-734 semeado em dezembro e maior ( $P < 0,05$ ) no híbrido C-11 também semeado em dezembro. A diversidade de resultados encontrados para os teores de

Tabela 1 - Teores de MS, nitrogênio amoniacal como porcentagem do nitrogênio total ( $\text{N-NH}_3\%/\text{NT}$ ) e valores de pH das silagens de híbridos de girassol (*Helianthus annuus* L.) semeados em diferentes épocas

Table 1 - Contents of DM and ammonia nitrogen as percentage of the total nitrogen ( $\text{NH}_3\text{-N}/\text{TN}$ ) and pH values of silages from sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.) sowed in different dates

Híbrido Hybrid	Época de semeadura Seeding date			Média Mean
	Outubro (antecipada) October (early)	Novembro (normal) November (normal)	Dezembro (tardia) December (late)	
MS, % (DM, %)				
Rumbosol-91	30,4 <sup>Ac</sup>	24,9 <sup>Ab</sup>	32,2 <sup>Ab</sup>	29,2
M-734	34,5 <sup>Abc</sup>	28,6 <sup>ABb</sup>	23,2 <sup>Bb</sup>	28,8
C-11	36,0 <sup>Bab</sup>	26,8 <sup>Cb</sup>	43,0 <sup>Aa</sup>	35,3
BRS-191	39,2 <sup>Aa</sup>	33,1 <sup>Aa</sup>	25,3 <sup>Bb</sup>	32,5
Média (Mean)	35,0	28,3	30,9	CV <sup>1</sup> = 10,0
pH				
Rumbosol-91	4,0 <sup>Ab</sup>	4,2 <sup>Aa</sup>	4,3 <sup>Ac</sup>	4,2
M-734	4,2 <sup>Bab</sup>	4,3 <sup>ABa</sup>	4,8 <sup>Ab</sup>	4,4
C-11	4,3 <sup>Ba</sup>	4,2 <sup>Ba</sup>	5,1 <sup>Aa</sup>	4,5
BRS-191	4,3 <sup>Aa</sup>	4,4 <sup>Aa</sup>	4,5 <sup>Abc</sup>	4,4
Média (Mean)	4,2	4,3	4,7	CV <sup>1</sup> = 3,3
$\text{N-NH}_3\%/\text{NT}$ ( $\text{NH}_3\text{-N}/\text{TN}$ )				
Rumbosol-91	6,9 <sup>Bb</sup>	12,8 <sup>Ab</sup>	6,6 <sup>Ba</sup>	8,8
M-734	11,0 <sup>ABa</sup>	13,5 <sup>Aab</sup>	6,8 <sup>Ba</sup>	10,4
C-11	8,8 <sup>Bab</sup>	16,8 <sup>Aa</sup>	5,3 <sup>Ca</sup>	10,3
BRS-191	9,3 <sup>ABab</sup>	10,6 <sup>Ab</sup>	5,6 <sup>Ba</sup>	8,5
Média (Mean)	9,0	13,4	6,1	CV <sup>1</sup> = 15,6

<sup>1</sup> CV (%) = coeficiente de variação.

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma linha e por letras minúsculas distintas na mesma coluna diferem ( $P < 0,05$ ), respectivamente, entre épocas de semeadura e híbridos pelo teste Tukey.

<sup>1</sup> CV (%) = coefficient of variation.

Means followed by different capital letters in the same row and by different small letters in the same column differ ( $P < 0,05$ ), respectively, among seeding dates and hybrids by Tukey test.

MS, mesmo em estágio de maturidade fisiológica semelhante (fase R-9), indica que alguns genótipos possuem maior capacidade de retenção de umidade.

O híbrido Rumbosol-91 semeado em outubro e o C-11 semeado em dezembro apresentaram, respectivamente, menor ( $P < 0,05$ ) e maior ( $P < 0,05$ ) valor de pH. Os valores de pH desses híbridos foram superiores aos normalmente obtidos em silagens de milho e sorgo ( $pH < 4,0$ ), provavelmente em razão do baixo teor de carboidratos solúveis (5,7%) e do elevado poder tampão (44,7%) do girassol em comparação ao milho (15,7 e 22,6%, respectivamente; Tosi et al., 1975). Essa elevada capacidade de tamponamento do girassol é justificada pelo maior teor protéico (11,4%), pelas bases inorgânicas de cálcio (0,72%) e potássio (2,13%) e pela capacidade de produção de amônia (7,1%) em relação ao milho (5,7; 0,17; 1,02 e 3,2%, respectivamente) e ao sorgo (4,9; 0,14; 1,13 e 5,3%, respectivamente) (Mello et al., 2004). Além disso, em silagens com teor de MS superior a 35%, o pH torna-se uma característica de pouca importância, pois o desenvolvimento da acidez é inibido pela deficiência de água e pela elevada pressão osmótica (Van Soest, 1994), de modo que as silagens com pH elevado ( $> 4,4$ ) podem ter boa qualidade.

O híbrido C-11 semeado em novembro apresentou maior ( $P < 0,05$ ) teor de  $N-NH_3\%/NT$  e todos os híbridos semeados em dezembro, juntamente com o híbrido Rumbosol-91 semeado em outubro, apresentaram menores ( $P < 0,05$ ) teores de  $N-NH_3\%/NT$ . O maior valor de  $N-NH_3\%/NT$  (com pH adequado) do híbrido C-11 semeado em novembro e o menor valor de  $N-NH_3\%/NT$  (pH inadequado) de todos os híbridos semeados em dezembro parecem estar associados ao teor de PB desses híbridos (Tabela 3).

Dados da literatura apontam que os teores ideais para o adequado processo fermentativo das silagens de milho e de sorgo são 30 a 35% de MS (Paiva et al., 1978), pH inferior a 4,4 (Van Soest, 1994) e  $N-NH_3\%/NT$  menor que 15% (Borges et al., 1997). Neste estudo, esses valores oscilaram de 23,2 a 43% de MS; 4,0 a 5,1 de pH; e 5,3 a 16,8% de  $N-NH_3\%/NT$ . Tomich et al. (2004) obtiveram valores de 19,6 a 32,2% de MS; 4,1 a 5,5 de pH; 5,9 a 14,6% de  $N-NH_3\%/NT$  e mencionaram que, com vistas à melhor qualidade da forragem, o teor de MS para a ensilagem do girassol pode situar-se abaixo dos 30%. Evangelista & Lima (2001) relataram que resultados de pesquisas sobre a qualidade da silagem de girassol têm demonstrado divergências quando comparados aos valores indicados para o milho, o sorgo ou o capim-elefante e sugeriram o desenvolvimento de uma tabela específica com a finalidade de estabelecer os critérios para classificação da qualidade das silagens de girassol. Nesse caso, os resultados obtidos nesse estudo podem ser considerados satisfatórios para a cultura.

Os dados sobre a composição mineral das silagens produzidas são apresentados na Tabela 2. Houve efeito ( $P < 0,05$ ) de época de semeadura para os teores de CZ e Mg e de híbrido de girassol para os teores de Mg. A interação época  $\times$  híbrido foi significativa ( $P < 0,05$ ) para os teores de Ca, P, K e Na.

Tabela 2 - Composição mineral das silagens de híbridos de girassol (*Helianthus annuus* L.) semeados em diferentes épocas

Table 2 - Mineral composition of silages from sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.) sowed in different dates

Híbrido Hybrid	Época de semeadura Seeding date			Média Mean
	Outubro October	Novembro November	Dezembro December	
Cinzas, % (Ash, %)				
Rumbosol-91	6,8	8,1	7,7	7,5
M-734	7,3	7,3	8,7	7,8
C-11	7,0	7,5	8,8	7,8
BRS-191	7,1	7,9	8,1	7,7
Média (Mean)	7,0 <sup>C</sup>	7,7 <sup>B</sup>	8,3 <sup>A</sup>	CV <sup>1</sup> = 6,4
Cálcio, % (Calcium%)				
Rumbosol-91	0,81 <sup>Aa</sup>	0,88 <sup>Aa</sup>	0,61 <sup>Ab</sup>	0,77
M-734	0,91 <sup>Aa</sup>	0,81 <sup>Aa</sup>	0,84 <sup>Aab</sup>	0,85
C-11	0,77 <sup>Aa</sup>	0,81 <sup>Aa</sup>	0,68 <sup>Bab</sup>	0,76
BRS-191	0,85 <sup>Aa</sup>	0,86 <sup>Aa</sup>	0,93 <sup>Aa</sup>	0,88
Média (Mean)	0,84	0,84	0,76	CV <sup>1</sup> = 9,7
Fósforo, % (Phosphorus, %)				
Rumbosol-91	0,30 <sup>Ba</sup>	0,36 <sup>ABab</sup>	0,45 <sup>Aab</sup>	0,37
M-734	0,28 <sup>Ca</sup>	0,39 <sup>Ba</sup>	0,47 <sup>Aa</sup>	0,38
C-11	0,31 <sup>Ba</sup>	0,34 <sup>Bab</sup>	0,53 <sup>Aa</sup>	0,39
BRS-191	0,30 <sup>Ba</sup>	0,32 <sup>ABb</sup>	0,37 <sup>Ab</sup>	0,33
Média (Mean)	0,30	0,35	0,46	CV <sup>1</sup> = 7,6
Magnésio, % (Magnesium%)				
Rumbosol-91	0,64	0,74	0,70	0,69 <sup>a</sup>
M-734	0,66	0,76	0,76	0,73 <sup>a</sup>
C-11	0,52	0,66	0,69	0,62 <sup>b</sup>
BRS-191	0,60	0,75	0,73	0,69 <sup>a</sup>
Média (Mean)	0,60 <sup>B</sup>	0,73 <sup>A</sup>	0,72 <sup>A</sup>	CV <sup>1</sup> = 6,2
Potássio, % (Potassium, %)				
Rumbosol-91	1,37 <sup>Ba</sup>	1,91 <sup>ABa</sup>	2,32 <sup>Ab</sup>	1,87
M-734	1,49 <sup>Ba</sup>	2,02 <sup>Ba</sup>	2,78 <sup>Aab</sup>	2,10
C-11	1,76 <sup>Ba</sup>	2,10 <sup>Ba</sup>	3,16 <sup>Aa</sup>	2,34
BRS-191	1,42 <sup>Ba</sup>	2,23 <sup>Aa</sup>	2,35 <sup>Ab</sup>	2,00
Média (Mean)	1,51	2,06	2,65	CV <sup>1</sup> = 9,1
Sódio, % (Sodium, %)				
Rumbosol-91	0,013 <sup>Ba</sup>	0,010 <sup>Ba</sup>	0,023 <sup>Aa</sup>	0,015
M-734	0,013 <sup>Aa</sup>	0,033 <sup>Aa</sup>	0,023 <sup>Aa</sup>	0,023
C-11	0,010 <sup>Ba</sup>	0,010 <sup>Ba</sup>	0,030 <sup>Aa</sup>	0,017
BRS-191	0,020 <sup>Aa</sup>	0,027 <sup>Aa</sup>	0,023 <sup>Aa</sup>	0,023
Média (Mean)	0,014	0,020	0,025	CV <sup>1</sup> = 34,1

<sup>1</sup> CV (%) = coeficiente de variação.

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma linha e por letras minúsculas distintas na mesma coluna diferem ( $P < 0,05$ ), respectivamente, entre épocas de semeadura e híbridos pelo teste Tukey.

<sup>1</sup> CV (%) = Coefficient of variation.

Means followed by different capital letters in the same row and by different small letters in the same column differ ( $P < 0,05$ ), respectively, among seeding dates and hybrids by Tukey test.

Os teores de CZ aumentaram da semeadura em outubro para dezembro, principalmente em razão do aumento nas concentrações de K, P e Na, provavelmente, promovido pelo incremento da temperatura nesse período, a qual eleva a atividade dos microrganismos e, conseqüentemente, a mineralização da MO. Do mesmo modo, a menor temperatura em outubro pode ter reduzido os teores de Mg nessa época de semeadura. O híbrido C-11 também apresentou menor teor de Mg.

Os híbridos BRS-191 e Rumbosol-91 semeados em dezembro apresentaram, respectivamente, maior e menor teor de Ca. Os maiores teores de P foram verificados nos híbridos C-11 e M-734 semeados em dezembro e os menores, nos híbridos semeados em outubro. Os teores de Na aumentaram da semeadura em outubro para dezembro nos híbridos Rumbosol-91 e C-11, verificando-se o maior teor no M-734 semeado em novembro. O híbrido C-11 semeado em dezembro apresentou maior concentração de K, que aumentou da semeadura em outubro para dezembro em todos os híbridos.

Resultados de P (0,18 e 0,21%) e Mg (0,45 e 0,48%) inferiores e de Ca (0,93 e 0,72%) e K (1,95 e 2,13%) semelhantes aos encontrados neste trabalho foram relatados, respectivamente, por Fernandes et al. (2002) e Mello et al. (2004). De acordo com McDowell (2001), a deficiência de minerais provoca diversas doenças, a saber: hipocalcemia (Ca), hipomagnesemia (Mg), predisposição à hipomagnesemia (K), raquitismo e osteomalácia (Ca e P). O autor mencionou ainda que as necessidades de elementos minerais para vacas em lactação seriam de: 0,43 a 0,77% de Ca; 0,25 a 0,49% de P; 0,20 a 0,25% de Mg e 0,90 a 1,00% de K. Portanto, as silagens de girassol avaliadas, em todas as épocas de semeadura e híbridos, seriam eficientes no fornecimento desses minerais, prevenindo as doenças causadas pela sua carência.

Na planta, o Mg é um componente essencial da clorofila que atua nas taxas fotossintéticas e, conseqüentemente, interfere no desenvolvimento e na produtividade da cultura; o P é um elemento essencial nas rotas bioquímicas da fotossíntese e sua falta pode inibi-la; o K é um co-fator chave em muitas reações bioquímicas e constitui-se em um elemento essencial no processo osmótico, atuando na abertura dos estômatos. Logo, verifica-se a necessidade de adequada nutrição mineral da planta (adubação de base), especialmente de K, pois a deficiência em minerais pode acelerar o processo de senescência, afetar as rotas metabólicas, reduzir a taxa fotossintética e diminuir a produtividade de biomassa. Portanto, é importante o conhecimento da composição mineral de qualquer forragem, pois permite corrigir eventuais deficiências que possam limitar a produção

de MS das plantas ou comprometer o desempenho animal, prejudicando a eficiência do sistema produtivo.

Os resultados dos teores de EE, PB, NIDN, NIDA, CT e CNF das silagens de híbridos de girassol semeados em diferentes épocas são descritos na Tabela 3. Os teores de EE variaram de 14,7 a 22,5% e diferiram ( $P < 0,05$ ) apenas entre híbridos de girassol. O híbrido Rumbosol-91 apresentou menor teor de EE, provavelmente em razão de sua aptidão forrageira e das menores concentrações de EE nos aquênios. Teores semelhantes aos obtidos nesse estudo foram relatados por Mello et al. (2004), de 14,1 e 20,6% de EE.

O elevado teor de EE das silagens de girassol pode ser considerado fator positivo, haja vista sua maior densidade energética dos lipídios em relação a de carboidratos e sua melhor eficiência de utilização da energia, seja pela economia de energia na síntese de ácidos graxos seja pela menor produção de calor (incremento calórico). Palmquist (1984) mencionou que a gordura contém três vezes mais energia para lactação que o amido. Contudo, no EE há presença de substâncias solúveis em solventes orgânicos que não apresentam valor energético. Segundo Van Soest (1994), o teor de EE em forrageiras varia de 3 a 8%, dos quais 40 a 50% estão na forma de ácidos graxos, principalmente, galactolipídeos; os outros 50 a 60% estão presentes na forma de ceras cuticulares, fosfolipídeos, pigmentos como a clorofila e outros materiais insaponificáveis. Por outro lado, o nível total de gordura na dieta, em especial de ácidos graxos insaturados não protegidos da fermentação ruminal, como no caso da silagem de girassol, deve ser controlado, pois teores acima de 8% na dieta promovem diminuição na digestibilidade da fibra (Van Soest, 1994), seja pelo impedimento da aderência dos microrganismos às partículas dos alimentos (Devendra & Lewis, 1974) seja pelo efeito tóxico sobre organismos celulolíticos (Henderson, 1973).

Além disso, o excesso de gordura na dieta também pode causar redução na ingestão de MS e na taxa de passagem (NRC, 2001). Por isso, silagem de girassol não deve ser ofertada única e exclusivamente em dietas para ruminantes, pois pode comprometer os fenômenos assimilatórios (ingestão, digestão e absorção).

Observou-se efeito da interação ( $P < 0,05$ ) épocas de semeadura  $\times$  híbridos de girassol sobre concentração protéica, que oscilou entre 9,3 e 18,9%. O híbrido C-11 semeado em dezembro e todos os híbridos semeados em outubro apresentaram maior e menores teores de PB, respectivamente. A concentração protéica aumentou da semeadura em outubro para dezembro, provavelmente em razão do incremento da temperatura nesse período, a qual eleva a atividade dos microrganismos e, conseqüentemente, a mineralização do N livre no solo. Conforme Moos (1984),

Tabela 3 - Teores EE, PB, NIDN e NIDA e composição em CT e CNF das silagens de híbridos de girassol (*Helianthus annuus* L.) semeados em diferentes épocas

Table 3 - Contents of EE, CP, NDIN, and ADIN and chemical composition of TC and NFC of silages from sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.) sowed in different dates

Híbrido <i>Hybrid</i>	Época de semeadura <i>Seeding date</i>			Média <i>Mean</i>
	Outubro <i>October</i>	Novembro <i>November</i>	Dezembro <i>December</i>	
EE, % da MS ( <i>EE, % of DM</i> )				
Rumbosol-91	14,7	15,3	16,8	15,6 <sup>b</sup>
M-734	18,2	21,9	19,3	19,8 <sup>a</sup>
C-11	19,9	22,5	18,3	20,2 <sup>a</sup>
BRS-191	19,5	18,8	17,9	18,7 <sup>a</sup>
Média ( <i>Mean</i> )	18,1	19,6	18,1	CV <sup>1</sup> = 10,4
PB, % da MS ( <i>CP, % of DM</i> )				
Rumbosol-91	10,6 <sup>Ba</sup>	11,9 <sup>Aa</sup>	11,5 <sup>ABc</sup>	11,3
M-734	10,0 <sup>Ca</sup>	12,3 <sup>Ba</sup>	16,1 <sup>Ab</sup>	12,8
C-11	11,0 <sup>Ba</sup>	12,5 <sup>Ba</sup>	18,9 <sup>Aa</sup>	14,1
BRS-191	9,3 <sup>Ca</sup>	12,1 <sup>Ba</sup>	14,9 <sup>Ab</sup>	12,1
Média ( <i>Mean</i> )	10,2	12,2	15,3	CV <sup>1</sup> = 5,7
NIDN, % do NT ( <i>NDIN, % of TN</i> )				
Rumbosol-91	21,1	20,3	18,1	19,8 <sup>a</sup>
M-734	21,0	17,4	14,6	17,7 <sup>b</sup>
C-11	17,6	18,3	16,0	17,3 <sup>b</sup>
BRS-191	19,0	17,1	17,0	17,7 <sup>b</sup>
Média ( <i>Mean</i> )	19,7 <sup>A</sup>	18,3 <sup>A</sup>	16,4 <sup>B</sup>	CV <sup>1</sup> = 8,2
NIDA, % do NT ( <i>ADIN, % of TN</i> )				
Rumbosol-91	11,0 <sup>Aa</sup>	12,6 <sup>Aa</sup>	12,6 <sup>Aa</sup>	12,1
M-734	10,2 <sup>Aa</sup>	8,6 <sup>Ac</sup>	8,3 <sup>Ab</sup>	9,0
C-11	9,9 <sup>Aa</sup>	9,8 <sup>Abc</sup>	8,0 <sup>Ab</sup>	9,2
BRS-191	11,6 <sup>Aa</sup>	10,7 <sup>Aab</sup>	9,5 <sup>Ab</sup>	10,6
Média ( <i>Mean</i> )	10,7	10,4	9,6	CV <sup>1</sup> = 9,9
CT, % da MS ( <i>TC, % of DM</i> )				
Rumbosol-91	67,9	64,6	63,9	65,5 <sup>a</sup>
M-734	64,4	58,5	56,0	59,6 <sup>bc</sup>
C-11	62,1	57,5	53,9	57,8 <sup>c</sup>
BRS-191	64,2	61,3	59,2	61,6 <sup>b</sup>
Média ( <i>Mean</i> )	64,6 <sup>A</sup>	60,5 <sup>B</sup>	58,2 <sup>C</sup>	CV <sup>1</sup> = 3,2
CNF, % da MS ( <i>NFC, % of DM</i> )				
Rumbosol-91	28,2 <sup>Aa</sup>	28,7 <sup>Aa</sup>	22,6 <sup>Ba</sup>	26,5
M-734	24,8 <sup>Aab</sup>	24,7 <sup>Aa</sup>	20,1 <sup>Aab</sup>	23,2
C-11	25,5 <sup>Aab</sup>	25,0 <sup>Aa</sup>	17,9 <sup>Bb</sup>	22,8
BRS-191	20,0 <sup>Bb</sup>	25,7 <sup>Aa</sup>	19,6 <sup>Bab</sup>	21,8
Média ( <i>Mean</i> )	24,6	26,0	20,0	CV <sup>1</sup> = 7,7

<sup>1</sup> CV (%) = coeficiente de variação.

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma linha e por letras minúsculas distintas na mesma coluna diferem (P<0,05), respectivamente, entre épocas de semeadura e híbridos pelo teste Tukey.

<sup>1</sup> CV (%) = coefficient of variation.

Means followed by different capital letters in the same row and by different small letters in the same column differ (P<0.05), respectively, among seeding dates and hybrids by Tukey test.

o nitrogênio é requerido para a síntese de proteínas e, por isso, afeta a produção de clorofila e rubisco (ribulose 1,5 bifosfato carboxilase) do Ciclo de Calvin-Benson. Nesse caso, supõe-se que os menores teores de PB da semeadura em outubro tenham reduzido a produção de clorofila e a

atividade da rubisco, diminuindo as taxas fotossintéticas (carboxilação) e o rendimento de fitomassa.

Os teores de PB encontrados nesse estudo foram superiores aos obtidos por Tomich et al. (2004), de 7,2 a 9,8%, talvez pelo fato de a adubação nitrogenada ter sido inferior (45 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de uréia; Tomich et al., 2003) à realizada nesse estudo (60 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de sulfato de amônio; Mello et al., 2006). Todavia, os teores protéicos das silagens de girassol foram superiores ao nível mínimo (7% PB) recomendado por Van Soest (1994) para o adequado funcionamento da microbiota ruminal. Adicionalmente, os maiores teores de EE (17,3%) e PB (11,4%) das silagens de girassol, em relação às de milho (4,0% EE e 5,7% PB) e sorgo (3,6% EE e 4,9% PB), relatados por Mello et al. (2004) permitem redução na utilização de fontes energéticas e protéicas para o balanceamento de dietas, podendo melhorar a lucratividade do sistema produtivo.

Os teores de NIDN%/NT diminuíram (P<0,05) da semeadura em outubro para a de dezembro; provavelmente, a razão entre NIDN e nitrogênio total (NT = PB/6,25) tenha diluído o NIDN pelo aumento da PB no período (Tabela 3). Dessa forma, o incremento de PB pode ter sido na forma de nitrogênio não-protéico (fração A do Sistema de Cornell) ou proteína verdadeira de rápida (B<sub>1</sub>=albumina e globulina) e intermediária (B<sub>2</sub>= maioria das albuminas e glutelinas) degradação ruminal, pois a diferença entre os valores de NIDN e NIDA corresponde à fração B<sub>3</sub> do 'Sistema de Cornell', ou seja, proteína verdadeira de degradação lenta (Sniffen et al., 1992). Contudo, é mais provável que faça parte da fração 'A' como consequência do processo fermentativo. O híbrido Rumbosol-91 apresentou o maior (P<0,05) teor de NIDN%/NT, certamente por ser forrageiro e possuir maiores teores de NIDA%/NT. Houve interação (P<0,05) para os teores de NIDA%/NT, de modo que os maiores teores de N indisponível foram observados para o híbrido Rumbosol-91 semeados em novembro e dezembro. Os valores de NIDN%/NT variaram de 14,6 a 21,1% e os de NIDA%/NT de 8,0 a 12,6%. Resultados próximos ao desse estudo foram encontrados por Mello & Nörnberg (2004), com valores de 20,7 e 28,2% de NIDN%/NT e, 8,9 e 9,1% de NIDA%/NT para a silagem dos híbridos M-734 e Rumbosol-91, respectivamente. Destaca-se que os autores também obtiveram maior teor de nitrogênio na parede celular para o híbrido forrageiro Rumbosol-91.

Observou-se ainda que os teores de CT das silagens diminuíram (P<0,05) da semeadura em outubro para dezembro (Tabela 3), como resultado do aumento nas concentrações de PB no mesmo período. Os híbridos Rumbosol-91 e C-11 apresentaram o maior (P<0,05) e o menor (P<0,05) teor de CHOT, em razão do teor de EE e da aptidão (forrageiro

e duplo-propósito, respectivamente). Os teores de CT variaram de 53,9 a 67,9%, e estiveram em conformidade com os relatos de Van Soest (1994), constituindo 50 a 80% da MS das plantas forrageiras. Nas sementeiras de outubro e novembro, o híbrido Rumbosol-91 destacou-se com maior valor de CNF ( $P < 0,05$ ), enquanto o C-11 semeado em dezembro apresentou menor ( $P < 0,05$ ) valor, provavelmente em virtude das menores concentrações de EE e maiores de açúcares solúveis (glicose, frutose, sacarose), amido e frutanas do híbrido forrageiro. Mello & Nörnberg (2004) relataram valores semelhantes aos desse trabalho, de 60,8 e 66,7% de CT, 22 e 27,2% de CNF, respectivamente, para os híbridos M-734 e Rumbosol-91, também com maiores teores para o forrageiro.

Os teores de FDN e  $FDN_{cp}$  (Tabela 4) demonstraram o mesmo comportamento, entretanto, a significativa redução (2 a 3 pontos percentuais ou 5 a 10% da FDN) nos teores de  $FDN_{cp}$  em relação à FDN pode ser atribuída aos elevados teores de CZ e PB das silagens de girassol.

A sementeira em novembro e o híbrido C-11 apresentaram menores ( $P < 0,05$ ) teores de FDN,  $FDN_{cp}$  e FDA. Do mesmo modo, o híbrido C-11 semeado em novembro apresentou o menor ( $P < 0,05$ ) teor de LDA. Os valores de  $FDN_{cp}$ , FDA e LDA oscilaram entre 32,5 e 44,2%; 27,5 e 41,0% e 6,5 e 11,1%, sendo semelhantes aos obtidos por Tomich et al. (2004), de 37,7 a 52,8%; 28,9 a 40,1% e 5,2 a 7,3%, respectivamente. Destaca-se que a cultura é praticamente desprovida de hemicelulose, contém maiores teores de LIG que a silagem de milho e sorgo (Mello et al., 2004) e, segundo Jung (1989), como lignina é indigestível, pode limitar a extensão de digestão dos demais componentes da parede celular, dependendo de sua concentração e da composição estrutural. Além disso, as silagens de girassol apresentaram elevada proporção de lignina em relação à FDN (LDA%/FDN), de 20 a 27,8%, limitando a qualidade da fibra, com maior proporção para a sementeira em outubro e para o híbrido Rumbosol-91. Evangelista & Lima (2001) relataram valores de 10,5 e 21% de LDA%/FDN para silagem de milho e girassol, respectivamente. Dessa forma, as silagens de girassol caracterizam-se pela menor fração  $B_2$  (FDN potencialmente digestível) e pela maior fração C (indigerível) dos carboidratos em comparação às silagens de milho e sorgo (Mello & Nörnberg, 2004).

Na Tabela 5 são apresentados os resultados de DIVMS e DIVFDN e as estimativas do NDT em nível de manutenção. A interação épocas de sementeira  $\times$  híbridos de girassol foi significativa ( $P < 0,05$ ) para DIVMS e DIVFDN, enquanto, para o NDT, houve diferença ( $P < 0,05$ ) apenas entre épocas e híbridos. O híbrido Rumbosol-91 semeado em outubro e novembro apresentou, em comparação aos demais, maior DIVMS e DIVFDN provavelmente em razão de sua aptidão

Tabela 4 - Teores de FDN,  $FDN_{cp}$ , FDA, LDA e LDA como porcentagem da  $FDN_{cp}$  (LDA%/FDN) das silagens de híbridos de girassol (*Helianthus annuus* L.) semeados em diferentes épocas

Table 4 - Contents of NDF, NDF corrected for ash and CP ( $NDF_{cp}$ ), ADF, acid detergent lignin (ADL) and ADL as percentage of  $NDF_{cp}$  (ADL%/NDF) of silages from sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.) sowed in different dates

Híbrido Hybrid	Época de sementeira Seeding date			Média Mean
	Outubro October	Novembro November	Dezembro December	
FDN, % (NDF, %)				
Rumbosol-91	42,5	39,6	44,4	42,2 <sup>a</sup>
M-734	42,9	37,2	39,7	39,9 <sup>ab</sup>
C-11	40,7	36,0	39,3	38,7 <sup>b</sup>
BRS-191	46,0	38,9	42,5	42,5 <sup>a</sup>
Média (Mean)	43,0 <sup>A</sup>	37,9 <sup>B</sup>	41,5 <sup>A</sup>	CV <sup>1</sup> = 5,0
FDN <sub>cp</sub> , % (NDF <sub>cp</sub> , %)				
Rumbosol-91	39,7	35,9	41,3	39,0 <sup>ab</sup>
M-734	39,6	33,8	35,9	36,4 <sup>bc</sup>
C-11	36,6	32,5	36,1	35,1 <sup>c</sup>
BRS-191	44,2	35,6	39,6	39,8 <sup>a</sup>
Média (Mean)	40,0 <sup>A</sup>	34,4 <sup>B</sup>	38,2 <sup>A</sup>	CV <sup>1</sup> = 6,2
FDA, % (ADF, %)				
Rumbosol-91	39,3	33,2	39,6	37,4 <sup>a</sup>
M-734	37,8	32,0	34,3	34,7 <sup>bc</sup>
C-11	36,6	27,5	32,9	32,3 <sup>c</sup>
BRS-191	41,0	33,3	36,1	36,8 <sup>ab</sup>
Média (Mean)	38,7 <sup>A</sup>	31,5 <sup>C</sup>	35,7 <sup>B</sup>	CV <sup>1</sup> = 5,3
LDA, % (ADL, %)				
Rumbosol-91	11,0 <sup>Aa</sup>	9,2 <sup>Aa</sup>	11,1 <sup>Aa</sup>	10,4
M-734	10,4 <sup>Aab</sup>	7,9 <sup>Bab</sup>	7,7 <sup>Bb</sup>	8,7
C-11	8,4 <sup>Ab</sup>	6,5 <sup>Bb</sup>	8,0 <sup>Ab</sup>	7,6
BRS-191	11,1 <sup>Aa</sup>	7,6 <sup>Bab</sup>	7,9 <sup>Bb</sup>	8,9
Média (Mean)	10,2	7,8	8,7	CV <sup>1</sup> = 9,1
LDA%/FDN (ADL%/NDF)				
Rumbosol-91	27,8	25,6	27,0	26,8 <sup>a</sup>
M-734	26,7	23,4	21,5	23,9 <sup>ab</sup>
C-11	22,9	20,0	22,0	21,6 <sup>b</sup>
BRS-191	25,2	21,4	20,0	22,2 <sup>b</sup>
Média (Mean)	25,6 <sup>A</sup>	22,6 <sup>B</sup>	22,6 <sup>B</sup>	CV <sup>1</sup> = 10,9

<sup>1</sup> CV (%) = coeficiente de variação.

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma linha e por letras minúsculas distintas na mesma coluna diferem ( $P < 0,05$ ), respectivamente, entre épocas de sementeira e híbridos pelo teste Tukey.

<sup>1</sup> CV (%) = coefficient of variation.

Means followed by different capital letters in the same row and by different small letters in the same column differ ( $P < 0,05$ ), respectively, among seeding dates and hybrids by Tukey test.

(forrageiro) e das menores concentrações de EE e maiores de CT e CNF (Tabela 3).

A DIVMS variou de 43,7 a 50,4% e a DIVFDN, de 26,9 a 38,9%, sendo a DIVMS semelhante e a DIVFDN inferior aos resultados encontrados na literatura, com valores de 39,4 a 56,7% de DIVMS (Evangelista & Lima, 2001; Mello et al., 2004; Tomich et al., 2004) e 54% de DIVFDN (Valdez et al., 1988). A digestibilidade da silagem de girassol é baixa (McDonald et al., 1991), típica das silagens de gramíneas tropicais (Evangelista & Lima, 2001), e pode ser atribuída



Tabela 5 - Coeficientes de DIVMS e DIVFDN e estimativas do NDT em nível de manutenção ( $NDT_{1x}$ ) das silagens de híbridos de girassol (*Helianthus annuus* L.) semeados em diferentes épocas

Table 5 - *In vitro* digestibilities of DM (IVDMD) and NDF (IVNDFD) and level of TDN at maintenance level ( $TDN_{1x}$ ) of silages from sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.) sowed in different dates

Híbrido <i>Hybrid</i>	Época de semeadura <i>Seeding date</i>			Média <i>Mean</i>
	Outubro <i>October</i>	Novembro <i>November</i>	Dezembro <i>December</i>	
DIVMS, % (IVDMD, %)				
Rumbosol-91	49,8 <sup>Aa</sup>	50,4 <sup>Aa</sup>	44,2 <sup>Ba</sup>	48,1
M-734	46,1 <sup>Aab</sup>	44,9 <sup>Aa</sup>	47,1 <sup>Aa</sup>	46,0
C-11	46,8 <sup>Aab</sup>	48,0 <sup>Aa</sup>	46,6 <sup>Aa</sup>	47,1
BRS-191	43,7 <sup>Ab</sup>	46,0 <sup>Aa</sup>	44,1 <sup>Aa</sup>	44,6
Média ( <i>Mean</i> )	46,6	47,3	45,5	CV <sup>1</sup> = 4,6
DIVFDN, % (IVNDFD, %)				
Rumbosol-91	37,0 <sup>Aa</sup>	38,9 <sup>Aa</sup>	29,4 <sup>Ba</sup>	35,1
M-734	34,6 <sup>Aab</sup>	26,9 <sup>Ab</sup>	32,5 <sup>Aa</sup>	31,3
C-11	34,8 <sup>Aab</sup>	31,4 <sup>Ab</sup>	28,2 <sup>Aa</sup>	31,5
BRS-191	33,1 <sup>Ab</sup>	30,1 <sup>Ab</sup>	35,3 <sup>Aa</sup>	32,8
Média ( <i>Mean</i> )	34,9	31,8	31,3	CV <sup>1</sup> = 9,7
NDT <sub>1x</sub> , % ( $TDN_{1x}$ , %)				
Rumbosol-91	73,1	75,5	73,9	74,2 <sup>c</sup>
M-734	78,0	87,4	82,0	82,5 <sup>ab</sup>
C-11	83,5	89,8	80,0	84,4 <sup>a</sup>
BRS-191	77,1	82,2	79,0	79,4 <sup>b</sup>
Média ( <i>Mean</i> )	77,9 <sup>B</sup>	83,7 <sup>A</sup>	78,7 <sup>B</sup>	CV <sup>1</sup> = 4,1

<sup>1</sup> CV (%) = coeficiente de variação.

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma linha e por letras minúsculas distintas na mesma coluna diferem ( $P < 0,05$ ), respectivamente, entre épocas de semeadura e híbridos pelo teste Tukey.

<sup>1</sup> CV (%) = coefficient of variation.

Means followed by different capital letters in the same row and by different small letters in the same column differ ( $P < 0,05$ ), respectively, among seeding dates and hybrids by Tukey test.

aos maiores teores de EE e LIG e menores de CT e CNF em comparação às silagens de milho e sorgo (Mello et al., 2004). A elevada relação LDA%/FDN também pode ser considerada fator limitante da digestibilidade das silagens de girassol. Neste estudo, os teores de EE foram negativamente correlacionados aos valores de DIVMS ( $r = -0,41$ ;  $P = 0,012$ ) e DIVFDN ( $r = -0,51$ ;  $P = 0,001$ ), confirmando o efeito redutor da gordura sobre a digestibilidade e contrariando os resultados encontrados por Tomich et al. (2004), que obtiveram correlação positiva entre EE e DIVMS ( $r = 0,33$ ;  $P = 0,02$ ). Investigando o efeito do teor de gordura sobre a digestibilidade, Valdez et al. (1988) relataram incrementos na DIVMS e DIVFDN quando as amostras das silagens de girassol foram pré-desengorduradas, passando de 47,9 e 54,0% para 54,1 e 79,7%, respectivamente. Embora a técnica de digestibilidade de dois estágios proposta por Tilley & Terry (1963) seja amplamente empregada na avaliação da digestibilidade em alimentos e muito precisa em predizer o valor energético (Minson, 1990), foi desenvolvida para

plantas forrageiras com baixo teor de gordura ( $EE < 3\%$ ). Assim, no caso de amostras que não foram pré-desengorduradas ou quando não for utilizada uma forragem índice, esta técnica pode não ser adequada para estimar o valor energético das silagens de girassol.

Os teores de NDT variaram de 73,1 a 89,8% (Tabela 5), com maior valor ( $P < 0,05$ ) para a semeadura em novembro, em virtude dos teores maiores de EE e CNF e menores de LDA. Do mesmo modo, os híbridos duplo-propósito C-11 e M-734 apresentaram maiores teores de NDT, como consequência de suas maiores concentrações de EE e PB e menores de LDA e NIDA. Henrique et al. (1998) verificaram valores semelhantes ao desse trabalho (71 e 75% de NDT) em ensaio *in vivo* com ovinos. Embora as silagens de girassol apresentem DIVMS semelhantes às silagens de gramíneas tropicais, seu valor nutritivo é superior, com teores de NDT superiores aos do milho (68 a 73%) e sorgo (63 a 67%).

As estimativas dos parâmetros da cinética de degradação ruminal pela produção de gases (PG) e do desaparecimento da MS (DesMS) e da FDN (DesFDN) podem ser visualizadas na Tabela 6. O tempo de hidratação, aderência e colonização microbiana ou, simplesmente, a fase de latência ( $I$  ou  $L = lag\ time$ ) não foi significativo ( $P > 0,05$ ) para a PG, DesMS e DesFDN. Logo, optou-se por utilizar o modelo Ørskov & McDonald (1979) para DesMS, por não considerar o  $L$ . Para o DesFDN e PG, os modelos foram reparametrizados de forma que  $DesFDN = Be^{-kt} + I$  e  $PG = \{Vf_1/[1+e(2-4k_1t)]\} + \{Vf_2/[1+e(2-4k_2t)]\}$ .

Os resultados do teste de igualdade de parâmetros dos modelos são apresentados na Tabela 7. Não houve diferença ( $P > 0,05$ ) entre épocas de semeadura, híbridos de girassol e interação de ambos para todos os parâmetros do DesMS. Nesse caso, o DesMS das silagens de híbridos de girassol semeados em diferentes épocas pode ser representado por um único perfil de degradação ruminal, em que a fração solúvel ( $a$ ) equivale a 24,45% da MS; a fração insolúvel potencialmente degradável ( $b$ ) corresponde a 42,35% da MS com taxa de degradação ( $c$ ) de  $0,1207\ h^{-1}$  e a fração indegradável ( $I = 100 - (a + b)$ ) igual a 33,2% da MS (Tabela 6).

Da mesma forma, não se observou diferença ( $P > 0,05$ ) entre épocas de semeadura, híbridos de girassol e interação de ambos para os parâmetros B (FDN potencialmente degradável) e  $k_d$  (taxa de degradação de B) do DesFDN (Tabela 7), de modo que os valores de B variaram entre 39,73 e 65,58% da FDN e  $k_d$ , entre  $0,0900$  e  $0,1572\ h^{-1}$  (Tabela 6).

Contudo, a interação épocas de semeadura  $\times$  híbridos de girassol foi significativa ( $P < 0,05$ ) para o parâmetro  $I$  (FDN indegradável) do DesFDN (Tabela 7), de modo que

Tabela 6 - Estimativa dos parâmetros da cinética pela produção de gases (PG), DesMS e DesFDN e os respectivos valores de desvio-padrão assintótico (DPA) obtidos em silagens de híbridos de girassol semeados em diferentes épocas

Table 6 - Estimate of kinetics parameters from gas production (GP) and disappearance of DM (DMDis) and NDF (NDFDis) and the respective asymptotic standard deviation values (ASD) obtained in silages from sunflower hybrids sowed in different dates

Híbrido Hybrid	Parâmetro <sup>1</sup> Parameter												
	PG GP					DesMS DMDis				DesFDN NDFDis			
	Vf <sub>1</sub> (mL)	Vf <sub>2</sub> (mL)	k <sub>1</sub> (h <sup>-1</sup> )	k <sub>2</sub> (h <sup>-1</sup> )	DPA ASD	a (%)	b (%)	c (h <sup>-1</sup> )	DPA ASD	B (%)	k <sub>d</sub> (h <sup>-1</sup> )	I (%)	DPA ASD
Semeadura antecipada - 3º decêndio de outubro Early seeding - 3 <sup>rd</sup> decennial of October													
Rumbosol-91	14,51	4,48	0,1051	0,0139	0,24	20,48	48,48	0,1240	6,78	61,77	0,1080	38,23	9,16
M-734	13,41	5,26	0,0993	0,0128	0,23	18,01	48,67	0,1125	6,51	56,99	0,0972	43,01	8,31
C-11	13,66	5,04	0,0940	0,0123	0,20	18,80	55,60	0,1007	7,73	65,58	0,0946	34,42	11,76
BRS-191	12,10	5,69	0,0955	0,0119	0,22	21,56	46,14	0,1013	6,19	55,12	0,1083	44,88	7,43
Semeadura normal - 3º decêndio de novembro Normal seeding - 3 <sup>rd</sup> decennial of November													
Rumbosol-91	13,25	5,01	0,0949	0,0122	0,23	26,05	46,59	0,1399	7,28	56,55	0,1572	43,45	9,55
M-734	12,99	5,72	0,0895	0,0118	0,27	27,44	34,34	0,1387	5,98	46,89	0,1449	53,11	11,44
C-11	12,62	5,70	0,0900	0,0119	0,25	26,38	45,96	0,1149	6,75	52,18	0,1213	47,82	10,44
BRS-191	12,33	5,63	0,0866	0,0118	0,30	25,46	29,93	0,1340	4,87	44,13	0,1118	55,87	7,71
Semeadura tardia - 3º decêndio de dezembro Delayed seeding - 3 <sup>rd</sup> decennial of December													
Rumbosol-91	12,75	5,66	0,0888	0,0119	0,34	36,13	33,34	0,1317	5,51	45,50	0,1274	54,50	7,87
M-734	11,98	5,73	0,0788	0,0121	0,48	22,66	38,13	0,1013	5,53	47,19	0,1058	52,81	7,37
C-11	11,79	6,45	0,0803	0,0127	0,35	28,74	43,63	0,0954	7,04	61,66	0,0900	38,34	8,82
BRS-191	10,74	6,50	0,0795	0,0123	0,46	21,74	37,40	0,1522	7,37	39,73	0,1311	60,27	6,87
Média (Mean)	12,68	5,57	0,0902	0,0123		24,45	42,35	0,1207		52,77	0,1165	47,23	

<sup>1</sup> Vf<sub>1</sub> = extensão de degradação da fração solúvel de digestão rápida; Vf<sub>2</sub> = extensão de degradação da fração insolúvel de digestão lenta; k<sub>1</sub> = taxa de degradação de 'Vf<sub>1</sub>'; k<sub>2</sub> taxa de degradação de 'Vf<sub>2</sub>'; a = fração solúvel; b = fração insolúvel potencialmente degradável; c = taxa de degradação de 'b'; B = FDN potencialmente degradável; k<sub>d</sub> = taxa de degradação de 'B'; I = FDN indegradável.

<sup>1</sup> Vf<sub>1</sub> = extent of degradation of the soluble fraction of rapid digestion; Vf<sub>2</sub> = extent of degradation of the insoluble fraction of slow digestion; k<sub>1</sub> = rate of degradation of 'Vf<sub>1</sub>'; k<sub>2</sub> = rate of degradation of 'Vf<sub>2</sub>'; a = soluble fraction; b = insoluble fraction potentially degradable; c = rate of degradation of 'b'; B = NDF potentially degradable; k<sub>d</sub> = rate of degradation of 'B'; I = undegradable NDF.

o híbrido C-11 semeado em outubro apresentou menor *I* (34,42% da FDN) e o BRS-191 semeado em dezembro, o maior *I* (60,27% da FDN). Os maiores valores de *I* resultam em redução do consumo, decorrente do efeito de enchimento. Além disso, o consumo de forragem é limitado pela taxa de desaparecimento ruminal (Mertens, 1992), relacionada à taxa de degradação e à digestibilidade dos nutrientes (McDonald et al., 1991).

Do mesmo modo que as frações insolúveis potencialmente degradáveis (*b* e B) e suas respectivas taxas de degradação (*c* e k<sub>d</sub>) da MS e FDN não diferiam, também não foram encontradas diferenças (*P*>0,05) entre épocas de semeadura, híbridos de girassol e sua interação para os parâmetros Vf<sub>2</sub> (extensão de degradação da fração insolúvel potencialmente degradável) e k<sub>2</sub> (taxa de degradação de Vf<sub>2</sub>) da PG (Tabela 7), com valores de Vf<sub>2</sub> oscilando entre 4,48 e 6,50 mL/100 mg de MS e k<sub>2</sub> entre 0,0118 e 0,0139 h<sup>-1</sup> (Tabela 6).

Todavia, a técnica de PG foi mais eficiente em detectar diferenças na fração solúvel, pois a interação épocas de

semeadura × híbridos de girassol foi significativa (*P*<0,05) para os parâmetros Vf<sub>1</sub> (extensão de degradação da fração solúvel) e k<sub>1</sub> (taxa de degradação Vf<sub>1</sub>) da PG (Tabela 7), de modo que o híbrido Rumbosol-91 semeado em outubro apresentou maior extensão (Vf<sub>1</sub>) e taxa (k<sub>1</sub>) de degradação da fração solúvel, enquanto o BRS-191 semeado em dezembro apresentou menor extensão (Vf<sub>1</sub>) e o M-734 semeado em dezembro menor taxa (k<sub>1</sub>) de degradação da fração solúvel (Tabela 6). Em todas as épocas de semeadura, o híbrido forrageiro Rumbosol-91 apresentou maior Vf<sub>1</sub> que o híbrido granífero BRS-191, certamente em razão do maior teor de CNF e menor de EE do Rumbosol-91 (Tabela 3). Nota-se, ainda, que Vf<sub>1</sub> e k<sub>1</sub> diminuíram da semeadura em outubro para dezembro, talvez em virtude do incremento da PB no período (Tabela 3), pois a fermentação microbiana da proteína do alimento produz amônia, a qual reage com o CO<sub>2</sub> e precipita na forma de carbonato de amônia (Fondevila & Barrios, 2001), diminuindo a extensão de degradação ruminal e, de forma indireta, a taxa de degradação.

Tabela 7 - Teste para verificar a igualdade de parâmetros aplicado aos modelos utilizados no ajuste da PG e o desaparecimento da MS e DesFDN para épocas de semeadura, híbridos e suas interações

Table 7 - Test to verify the significance of parameters of the gas production model, dry matter and neutral detergent fiber disappearance for seeding dates, hybrid and interaction date x hybrid

Hipótese (Ho): Hypothesis (Ho):	GL <sup>1</sup> DF <sup>1</sup> (n)	Época Date		Híbrido Hybrid		Interação Interaction	
		c <sup>2</sup> calc. <sup>2</sup>	Val-P <sup>3</sup>	c <sup>2</sup> calc. <sup>2</sup>	Val-P <sup>3</sup>	c <sup>2</sup> calc. <sup>2</sup>	Val-P <sup>3</sup>
Produção de gases (Gas production)							
Ho <sub>1</sub> : Vf <sub>11</sub> = ... = Vf <sub>1n</sub> = Vf <sub>1</sub>	1	5,07	0,0243	5,65	0,0174	7,06	0,0079
Ho <sub>2</sub> : Vf <sub>21</sub> = ... = Vf <sub>2n</sub> = Vf <sub>2</sub>	1	1,82	0,1773	1,58	0,2088	2,79	0,0948
Ho <sub>3</sub> : k <sub>11</sub> = ... = k <sub>1n</sub> = k <sub>1</sub>	1	5,94	0,0148	2,29	0,1302	6,49	0,0108
Ho <sub>4</sub> : k <sub>21</sub> = ... = k <sub>2n</sub> = k <sub>2</sub>	1	0,07	0,7913	0,03	0,8625	0,18	0,6714
Desaparecimento da MS (DM disappearance)							
Ho <sub>1</sub> : a <sub>1</sub> = ... = a <sub>n</sub> = a	1	0,60	0,4386	0,19	0,6629	0,89	0,3455
Ho <sub>2</sub> : b <sub>1</sub> = ... = b <sub>n</sub> = b	1	1,12	0,2899	0,63	0,4274	1,75	0,1859
Ho <sub>3</sub> : c <sub>1</sub> = ... = c <sub>n</sub> = c	1	0,12	0,7290	0,20	0,6547	0,40	0,5271
Desaparecimento da FDN (NDF disappearance)							
Ho <sub>1</sub> : B <sub>1</sub> = ... = B <sub>n</sub> = B	1	0,81	0,3681	0,73	0,3929	1,49	0,2222
Ho <sub>2</sub> : k <sub>d1</sub> = ... = k <sub>dn</sub> = k <sub>d</sub>	1	0,27	0,6033	0,17	0,6801	0,46	0,4976
Ho <sub>3</sub> : I <sub>1</sub> = ... = I <sub>n</sub> = I	1	2,21	0,1371	2,43	0,1190	3,98	0,0460

<sup>1</sup> Número de graus de liberdade; <sup>2</sup> Qui-quadrado calculado =  $-n \ln \left( \frac{nS_a^2}{nS_w^2} \right)$ ; <sup>3</sup> Valor de probabilidade, P:  $c_n^2 \geq c^2_{calculado}$ .

<sup>1</sup> Number of degrees of freedom; <sup>2</sup> Calculated Chi-square; <sup>3</sup> Value of probability.

Os resultados da extensão de degradação ruminal da MS total, obtidos pela soma dos parâmetros Vf<sub>1</sub> e Vf<sub>2</sub> da PG nesse estudo foram superiores aos encontrados por Pereira et al. (2001), com valor médio de 12,2 mL/100 mg de MS para silagem de quatro cultivares de girassol (V-2000; DK-180; M-734 e Rumbosol-91) em quatro estádios de maturidade (30, 37, 44 e 51 dias após florescimento) e 96 horas de incubação. No entanto, o autor não utilizou um padrão externo, como neste estudo. O autor verificou ainda taxas de degradação da MS total que variaram de 0,015 a 0,027 h<sup>-1</sup>, sendo semelhantes às obtidas nesse trabalho para o parâmetro k<sub>2</sub>. Da mesma forma, avaliando a degradação da silagem de girassol, Leite (2002) reportou extensão total de degradação inferior, com valor de 16,2 mL/100 mg de MS e taxa de degradação da MS semelhante, com valor de 0,045 h<sup>-1</sup>.

## Conclusões

Os teores relativamente elevados de gordura e a reduzida qualidade da fração fibrosa restringiram o valor nutritivo das silagens de girassol, todavia, os elevados teores protéicos e minerais ampliaram o valor nutritivo das silagens de girassol.

A semeadura em dezembro (tardia) propiciou silagens com maiores teores protéicos e minerais, porém, com

menor qualidade de fibra que a semeadura em outubro (antecipada).

Os híbridos duplo-propósito M-734 e C-11 semeados em novembro apresentaram melhor relação entre a composição química, a digestibilidade, os nutrientes digestíveis totais e a cinética de degradação ruminal.

## Literatura Citada

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 16.ed. Washington, D.C.: AOAC, 1995. 2000p.
- BORGES, A.L.C.C.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S. et al. Qualidade de silagens de híbridos de sorgo de porte alto, com diferentes teores de tanino, de umidade no colmo e seus padrões de fermentação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.49, n.4, p.441-452, 1997.
- DEVENDRA, C.; LEWIS, D. The interaction between dietary lipids and fiber in the sheep. **Animal Production**, v.19, n.1, p.67-76, 1974.
- EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A. Utilização de silagens de girassol na alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 1., 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2001. p.177-217.
- FERNANDES, F.D.; VELOSO, R.; AMABILE, R.F. et al. Avaliação do valor nutritivo de silagens de girassol, milho e suas misturas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002 (CD-ROM).
- FONDEVILA, M.; BARRIOS, A. The gas production technique and its application to the study of the nutritive value of forages. **Cuban Journal of Agricultural Science**, v.35, n.3, p.187-196, 2001.

- GOERING, H.K.; Van SOEST, P.J. **Forage fiber analysis**: apparatus, reagents, procedures and some applications. Washington, D.C.: United States Department of Agriculture, 1970. 20p. (Agricultural Handbook, 379).
- HENDERSON, C. The effects of fatty acid on pure cultures of rumen bacteria. **The Journal Agricultural Science**, v.81, n.1, p.107-112, 1973.
- HENRIQUE, W.; ANDRADE, J.B.; SAMPAIO, A.A.M. Silagem de milho, sorgo, girassol e suas consorciações. III - coeficientes de digestibilidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais... Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 1998. CD-ROM.
- JUNG, H.G. Forage lignin and their effects on fiber digestibility. **Agronomy Journal**, v.81, n.1, p.33-38, 1989.
- LEITE, L.A. **Silagem de girassol e de milho em dietas de vacas leiteiras**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2002. 47p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2002.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; Van SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.347-358, 1996.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S. **The biochemistry of silage**. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.
- McDOUGALL, E.I. Studies on ruminant saliva. 1. the composition and output of sheep's saliva. **Biochemical Journal**, v.43, p.99-109, 1948.
- McDOWELL, L.R. Recent advances in minerals and vitamins on nutrition of lactating cows. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOCULTURA DE LEITE: NOVOS CONCEITOS EM NUTRIÇÃO, Lavras. **Anais... Lavras: Universidade Federal de Lavras**, 2001. v.2, p.51-76.
- MELLO, R.; NÖRNBERG, J.L. Fracionamento dos carboidratos e proteínas de silagens de milho, sorgo e girassol. **Ciência Rural**, v.34, n.5, p.1537-1542, 2004.
- MELLO, R.; NÖRNBERG, J.L.; ROCHA, M.G. Potencial produtivo e qualitativo de híbridos de milho, sorgo e girassol para ensilagem. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.10, n.1, p.87-95, 2004.
- MELLO, R.; NÖRNBERG, J.L.; RESTLE, J. et al. Características fenológicas, produtivas e qualitativas de híbridos de girassol em diferentes épocas de semeadura para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.672-682, 2006.
- MERTENS, D.R. Analysis of fiber in feeds and its use in feed evaluation and ration formulation. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1992, Lavras. **Anais... Lavras: Universidade Federal de Lavras**, 1992. p.1-32.
- MERTENS, D.R.; LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v.63, p.1437-1446, 1980.
- MINSON, D.J. **Forage in ruminant nutrition**. San Diego: Academic Press, 1990. 483p.
- MOOS, D.N. Photosynthesis, respiration and photorespiration in higher plants. In: TESAR, M.B. (Ed.). **Physiological basis of crop growth and development**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, 1984. p.131-152.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed.rev. Washington: National Academy Press, 2001. 381p.
- ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, p.499-503, 1979.
- PAIVA, J.A.J.; PIZARRO, E.A.; RODRÍGUEZ, N.M. et al. Qualidade da silagem da região metalúrgica de Minas Gerais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.30, p.81-88, 1978.
- PALMQUIST, D.L. Calcium soaps of fatty acids with varying unsaturation of fat supplements for lactating cows. **Canadian Journal Animal Science**, v.64, p.240-241, 1984 (suppl. 1).
- PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.4, p.1063-1073, 1993.
- PEREIRA, L.G.R.; MAURÍCIO, R.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Avaliação das silagens de quatro genótipos de girassol ensilados em quatro diferentes épocas pela técnica *in vitro* de produção de gás. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais... Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz**, 2001. p.1340-1341.
- REGAZZI, A.J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. **Revista Ceres**, v.50, n.287, p.9-26, 2003.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS System for Windows**. v.8.0 Cary: 1999.
- SCHOFIELD, P.; PITT, R.E.; PELL, A.N. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas production. **Journal of Animal Science**, v.72, n.11, p.2980-2991, 1994.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; Van SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).
- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal of the British Grassland Society**, v.18, n.2, p.104-111, 1963.
- TOMICH, T.R.; RODRIGUES, J.A.S.; GONÇALVES, L.C. et al. Potencial forrageiro de cultivares de girassol produzidos na safrinha para ensilagem. **Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, n.6, p.756-762, 2003.
- TOMICH, T.R.; GONÇALVES, L.C.; TOMICH, R.G.P. et al. Características químicas e digestibilidade *in vitro* de silagens de girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1672-1682, 2004 (supl. 1).
- TOSI, H.; SILVEIRA, A.C.; FARIA, V.P. et al. Avaliação do girassol (*Helianthus annuus*) como planta para a ensilagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.4, n.1, p.39-48, 1975.
- VALDEZ, F.R.; HARRISONS, J.H.; FRAZEN, S.C. Effect of feeding sunflower silage on milk production, milk composition, and rumen fermentation of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.9, p.2462-2469, 1988.
- Van SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- Van SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
- WALDO, D.R.; SMITH, L.W.; COX, E.L. Model of cellulose disappearance from the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.55, n.1, p.125-129, 1972.
- WEISS, W. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 61., 1999, Ithaca. **Proceedings... Ithaca: Cornell University**, 1999. p.176-185.