

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

JULIANE RIBEIRO DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DA ADIÇÃO DE NÍVEIS DE GLICEROL NA SILAGEM DE  
MILHO**

CASTRO

2011

JULIANE RIBEIRO DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DA ADIÇÃO DE NÍVEIS DE GLICEROL NA SILAGEM DE  
MILHO**

Trabalho de Conclusão de  
Curso,

apresentado para a obtenção  
do título

de graduação de bacharel em  
Zootecnia da

Universidade Estadual de  
Ponta Grossa.

CASTRO

**2011**

## 1. INTRODUÇÃO

Em decorrência do ciclo estacional das pastagens, nos períodos de estiagem (seco), as forrageiras tropicais não fornecem quantidade suficiente de nutrientes para atender a demanda de forragem pelos animais. Desta forma, são necessárias alternativas que atendam à demanda de volumosos nesse período, como a produção de forragens conservadas na forma de silagem (CABRAL *et al.*, 2002).

As regiões de clima tropical caracterizam-se pelo elevado número de espécies forrageiras com grande potencial para serem utilizadas na ensilagem, como alimento para animais ruminantes. Como opções, têm-se o milho (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum bicolor*) e mais recentemente o girassol (*Helianthus annuus*). O milho é cada vez mais recomendado como a cultura de maior expressão para ensilagem no Brasil (Oliveira *et al.* 2007) devido às suas características qualitativas e quantitativas. Possui alto rendimento de massa verde por hectare e boa aceitação pelos ruminantes, tanto para a produção de leite como ganho de peso satisfatórios de animais em confinamento (GOMES *et al.* 2002).

A silagem de milho é considerada padrão, por apresentar teores adequados de carboidratos solúveis na planta, que levam à fermentação láctica, promovendo a conservação de um alimento de alto valor nutritivo e de grande aceitação pelos animais (Caetano, 2001).

O alto valor nutritivo da planta de milho, caracterizado pela alta digestibilidade e densidade energética, qualifica a silagem desta forrageira como ótima opção aos sistemas de produção animal (ZOPOLLATTO E SARTURI, 2009).

Uma das formas de melhorar o valor nutritivo da silagem é por meio do uso de aditivos ou de produtos com alto teor energético/protéico. O glicerol, também conhecido como glicerina bruta, é um co-produto da produção de biodiesel, resultante da reação de transesterificação de diferentes tipos de óleos, que reagem quimicamente com um álcool (metanol ou etanol) para obtenção do biocombustível (MARCHETTI *et al.*, 2007).

Como já se tem conhecimento, os combustíveis fósseis estão se esgotando dia após dia, tornando-se necessário encontrar um combustível alternativo para suprir a demanda energética mundial (BASHA *et al.*, 2008). O uso de biocombustíveis geralmente apresenta inúmeros benefícios, incluindo sustentabilidade, redução dos gases estufa, desenvolvimento regional, social e agrícola (DEMIRBAS, 2007).

O glicerol é um líquido oleoso, incolor, viscoso, sabor doce, solúvel em água e álcool e pouco solúvel em éter, (LÓPES, 1999), de alto valor energético, podendo ser utilizado como eventual substituto do milho e outros concentrados energéticos na alimentação animal (DEFRAIN *et al.*, 2004; SELLER, 2008; DONKIN *et al.*, 2009).

Além do potencial promissor como fonte energética na dieta dos animais, o glicerol, sendo um co-produto do biodiesel, apresenta correlação harmoniosa com o desenvolvimento sustentável, com a conservação de energia, eficiência e preservação ambiental (AGARWAL, 2007), uma vez que dentro deste contexto, os biocombustíveis estão em evidência.

A utilização do glicerol na alimentação animal tem despertado interesse por se constituir em um produto rico em energia e com alta eficiência de utilização pelos animais. Schröder & Südekum (1999) verificaram que a glicerina usada em dietas para ruminantes promove aumento no desempenho animal, mesmo quando incluída na forma impura. Na alimentação de ruminantes, o glicerol é um substrato fermentável no rúmen (REMOND *et al.*, 1993; BERGNER *et al.*, 1995) e um precursor gliconeogênico via metabolismo hepático (LIN, 1977).

Em função dos benefícios relatados em relação ao uso do glicerol na alimentação animal, o objetivo deste trabalho foi o de avaliar o efeito de diferentes níveis de inclusão de glicerol na qualidade da silagem de milho, sendo incluído na silagem devido a dificuldade da mistura na ração.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental da Fazenda Modelo do Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR, Ponta Grossa (PR).

O milho utilizado no experimento foi o cultivar IPR 114, semeado em uma área de aproximadamente 12 ha. O plantio foi realizado no dia 26/10/10, com um espaçamento entre linhas de 80 cm. Aplicou-se o adubo formulado 10:30:10 (NPK), num total de 316 kg/ha. A aplicação de uréia foi realizada no dia 30/11/10, utilizando 129 kg/ha. O milho foi colhido no dia 15/02/11, quando apresentava o ponto ideal para ensilagem, baseando-se que estivesse com aproximadamente 35% de MS ou 50% da linha do leite.

A altura de corte do milho foi de 20 cm do solo, sendo colhidas 75 plantas de milho para o experimento.

Para a confecção da silagem, foram utilizados mini-silos de tubos de PVC, com 30 cm de altura e 11 cm de diâmetro, com dispositivo para saída dos gases durante a fermentação.

Foram avaliados os seguintes níveis de inclusão de glicerol na silagem: 0; 15; 30 e 45%, com base na MS, sendo utilizados um total de vinte mini-silos, sendo cinco repetições por tratamento. Antes de introduzir a silagem nos mini-silos, foi adicionada uma quantidade de areia no fundo de cada silo, com o propósito de verificar possíveis perdas por escoamento do glicerol durante o processo de fermentação da silagem. Após a adição de areia, colocou-se feltro para evitar a contaminação da silagem com a areia. A areia e o feltro foram pesados antes e após a ensilagem para quantificar as perdas por efluentes. A silagem ficou armazenada por 36 dias. Após o período de armazenamento, os mini-silos foram abertos para realização das análises laboratoriais.

Foi realizada a determinação do pH e da acidez titulável, segundo a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002). As amostras de silagem foram secas em estufa com ventilação forçada, a 60°C por 72 horas. As amostras foram moídas em peneiras com crivos de 1mm e então submetidas as análises para determinação da matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em

detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), hemicelulose (hemicel) e matéria mineral (MM) de acordo com SILVA e QUEIROZ (2002). O NDT (nutrientes digestíveis totais) da silagem foi obtido segundo Chandler (1990), utilizando a fórmula:

$$\text{NDT (\%)} = 105,2 - 0,68 \times \% \text{FDN}$$

O glicerol utilizado no experimento foi analisado no laboratório da TECPAR, apresentando a seguinte composição: 95,40% de MS; 0,40% de EE e 82% de NDT, teor de cinzas de 4,761%, e a composição em minerais foi de 35,8 mg/kg de cálcio; 239,8 mg/kg de fósforo; 16,3 mg/kg de magnésio; 79,1 mg/kg de potássio e 11634,4 mg/kg de sódio.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (níveis de glicerol) e cinco repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância, com derivação dos polinômios (análise de regressão) a 5% de significância, utilizando-se o programa *Statistical Analysis System* (SAS, 2000).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra o peso médio da areia e do feltro (g) em função dos níveis de inclusão de glicerol e os valores médios de pH e acidez titulável da silagem de milho.

**Tabela 1.** Peso médio da areia (g) e do feltro (g) nos mini-silos em função dos níveis de glicerol e valores médios de pH e acidez titulável da silagem de milho

Parâmetro	Níveis de Glicerol				Signif.	Equação de regressão
	0%	15%	30%	45%		
Areia <sup>1</sup> (g)	30,5±3,2	39,0±2,9	40,2±2,9	51,17±2,9	*	Y = 31,5530 + 0,2846.X
Feltro <sup>1</sup> (g)	2,5±1,5	5,0±1,5	5,2±1,5	10,4±1,5	*	Y = 2,8840 + 0,0239.X
pH	3,9±0,01	3,9±0,01	4,0±0,01	4,0±0,01	NS	Y = 3,9225
Acidez Titulável	15,2±0,95	13,8±0,95	14,1±0,95	12,6±0,95	NS	Y = 14,7314

\*Linear (5% de significância). \*\*Quadrático (5% de significância). NS: não significativo. <sup>1</sup>Diferença de peso da areia e do feltro antes e depois da ensilagem.

Quanto a diferença de peso da areia e do feltro, que foram utilizados para quantificar as perdas por efluentes durante a fermentação da silagem, observou-se que ambos tiveram aumento em função da inclusão dos níveis de glicerol na silagem, havendo o comportamento linear crescente destas variáveis (P<0,05). O nível de inclusão de 45% de glicerol foi o que proporcionou maiores perdas, refletindo na lixiviação do material de dentro do silo.

Segundo Vilela *et al.* (2008), a quantidade de efluentes produzida depende de vários fatores como tipo de silo, grau de compactação e processamento físico da forragem, além do teor de umidade no material ensilado. Para uma quantificação mais precisa quanto às perdas de glicerol no silo, é necessário uma análise bromatológica da areia, principalmente quanto aos níveis de NDT, pois uma vez que a areia constitui um material inerte, a presença deste nutriente indicará perdas por lixiviação.

O pH não variou com a inclusão de glicerol (P>0,05) na silagem de milho. Os valores de pH

da silagem variaram entre 3,9 a 4,0. Segundo Ferreira (2001) e Muck & Shinnors (2001), silagens com fermentação adequada apresentam pH de 3,8 a 4,2. Uma silagem é considerada de boa qualidade quando apresenta pH inferior a 4,2 (CHERNEY *et al.*, 2004). Com esses resultados, conclui-se que a fermentação da silagem ocorreu de forma satisfatória e que, portanto, a inclusão do glicerol não prejudicou o processo fermentativo da silagem de milho, garantindo sua conservação dentro do silo.

Os níveis de inclusão de glicerol não alteraram os valores de acidez titulável ( $P > 0,05$ ). A análise de acidez titulável indica o aspecto geral da qualidade fermentativa do material ensilado, que influencia sabor, odor, cor e estabilidade por estar diretamente relacionada com os ácidos que determinam o pH, especialmente ao ácido láctico (SILVA & QUEIROZ, 2002; Nussio, *et al.* 2001).

A importância de se determinar a acidez titulável baseia-se no fato do pH, em algumas situações, não ter perfeita correlação com o teor de ácido láctico da silagem, uma vez que o ácido láctico é o principal ácido encontrado na silagem e que contribui para baixar o pH. Entretanto, outros íons podem ser encontrados na silagem, os quais podem ser provenientes de outros ácidos, além da possível interferência de ingredientes adicionados, neste caso o glicerol, que podem interferir nos valores de pH (SILVA & QUEIROZ, 2002). Os exemplos de valores citados por Silva & Queiroz (2002) para titulação com NaOH até pH 7,0 foram de 16mL para silagem com pH 4,3 e de 18mL para silagem com pH 3,5, estando próximos aos observados neste trabalho.

A Tabela 2 mostra os valores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (hemicel), matéria mineral (MM) e nutrientes digestíveis totais (NDT) da silagem de milho, em função da adição dos níveis de glicerol.



**Tabela 2.** Valores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (hemicel), matéria mineral (MM) e nutrientes digestíveis totais (NDT) da silagem de milho em função dos níveis de glicerol.

Parâmetro	Níveis de Glicerol				Signif.	Equação de regressão
	0%	15%	30%	45%		
MS	28,68±0,37	29,14±0,37	32,66±0,37	34,66±0,37	*	Y = 28,4529 + 0,0655.X
PB	9,04±0,25	7,72±0,25	6,71±0,25	5,58±0,25	*	Y = 9,0179 - 0,0854.X
EE	2,45±0,08	2,04±0,08	2,79±0,08	1,58±0,08	**	Y= 2,2949 + 0,0274 - 0,0008.X <sup>2</sup>
FDN	48,59±0,91	41,13±0,91	32,82±0,91	25,31±0,91	*	Y = 48,6742 - 0,5185.X
FDA	24,24±0,88	18,31±0,88	8,47±0,88	4,33±0,88	*	Y = 24,7211 - 0,5531.X
Hemicel	24,35±0,65	22,82±0,65	24,34±0,65	20,97±0,65	*	Y = 24,4136 - 0,0574.X
MM	3,57±0,12	4,32±0,12	4,25±0,12	4,68±0,12	*	Y = 3,716 + 0,0217.X
NDT	72,15±0,61	77,23±0,61	82,88±0,61	87,99±0,61	*	Y= 71,0360+0,4312.X

\*Linear (5% de significância). \*\*Quadrático (5% de significância). NS: não significativo.

O teor de MS da silagem aumentou com a inclusão dos níveis de glicerol, apresentando efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ). Os teores médios de MS foram de 28,68% para silagem sem inclusão de glicerol e de 34,66% para o nível de inclusão de 45%. Isto ocorreu devido ao elevado teor de MS do glicerol (94%) em relação à silagem de milho.

Quanto ao ponto de colheita do milho para ensilagem, muitos autores recomendam que a planta deva ser colhida com teores de matéria seca entre 30 a 35 % (PAIVA, 1976; FARIA, 1986; HENRIQUE *et al.*, 1998; NUSSIO *et al.*, 2001), pois a porcentagem de matéria seca e de grãos na silagem de milho é afetada substancialmente pelo estágio de desenvolvimento em que a planta de milho é colhida, além do cultivar utilizado. Segundo Lauer (1999), teores de MS abaixo de 30 % estariam relacionados com menor produção de MS, baixa qualidade da silagem e redução no consumo por animais.

Os teores de MS observados em todos os tratamentos foram acima de 25%, preconizados por McDonald *et al.* (1991) como condição necessária para que as perdas de efluentes dentro do silo sejam

minimizadas e, conseqüentemente, ocorra a manutenção dos nutrientes do material ensilado.

A ensilagem de gramíneas com alta umidade favorece a ocorrência de perdas durante o processo fermentativo. Identificar as fontes de perda e sua magnitude é importante para maximizar a utilização dessas forrageiras. Segundo McDonald (1981), silagens confeccionadas a partir de forrageiras com baixo teor de matéria seca podem propiciar o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, que produzem ácido butírico, provocando a degradação de proteína e ácido láctico. Desta forma, o aumento do teor de MS da silagem com a inclusão de glicerol poderia prevenir a ocorrência destes microrganismos, diminuindo os riscos de uma fermentação butírica que é indesejável.

Uma silagem mal fermentada causa redução na qualidade e diminui a ingestão pelos animais. Quando ocorre atuação de microrganismos indesejáveis poderá haver alta concentração de produtos como álcool, ácido acético, ácido butírico e aminas, que afetam a palatabilidade das silagens e em conseqüência a ingestão, prejudicando a resposta animal (GAI et al., 2002).

O teor de PB da silagem sem adição de glicerol foi de 9%. Em revisão da literatura, Zopollatto e Sarturi (2009) verificaram teores de PB da silagem de milho variando entre 6,6 e 8,4%. Segundo Valadares Filho *et al.* (2002), a concentração média de proteína bruta na silagem de milho é de 7,26%, portanto, a silagem de milho do presente trabalho apresenta teores de proteína mais elevados.

Observou-se efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ) sobre a proteína, com os níveis de inclusão do glicerol, havendo redução do teor de PB. Uma das causas pode ser em função da concentração, devido ao aumento da proporção de glicerol (energia), diluindo o teor de PB da silagem. De acordo com os valores de PB verificados para a silagem pode-se concluir que até o nível de 30% de glicerol na silagem de milho, o teor de PB está dentro da média esperada para esta forrageira, sendo considerado bom teor de proteína.

Os valores de EE da silagem apresentou efeito quadrático com a inclusão do glicerol, o valor médio da silagem sem adição de glicerol foi de 2,45% de EE. Os teores de EE estão abaixo da média em relação aos encontrados por Mello *et al.* (2004), que encontraram valores de 3,90 a 4,18% para o milho e aos obtidos por Valadares Filho *et al.* (2006), que foi de 3,16% de EE. Por outro lado, de acordo com Campos *et al.* (2000) os teores de EE encontrados foram de 2,2% em silagens de milho com 29,3% de MS, semelhante ao verificado neste trabalho.

Quanto aos valores de FDN, observou-se diminuição em função da inclusão do glicerol,

apresentando comportamento linear decrescente ( $P < 0,05$ ). A redução do teor de FDN com a inclusão de glicerol pode ter ocorrido devido ao aumento da proporção de glicerol (energia) na silagem, havendo diminuição proporcional na concentração de FDN. A silagem sem glicerol apresentou valor médio de 48,59% de FDN. Zopollatto e Sarturi (2009) verificaram teores de FDN entre 39,0 e 48,6% para silagens de milho, semelhante ao verificado neste trabalho, com a silagem sem inclusão de glicerol. O consumo de silagem está inversamente relacionado ao conteúdo de FDN. Essa fibra indigestível ocupa espaço no trato gastrointestinal, diminuindo a taxa de passagem e o consumo (ZANINE *et al.*, 2006). Segundo Cruz *et al.* (2001), valores de FDN inferiores a 50% nas silagens, são mais desejáveis.

Da mesma forma que o FDN, o FDA apresentou comportamento linear decrescente ( $P < 0,05$ ) com a inclusão do glicerol na silagem, havendo redução dos teores de FDA com aumento dos níveis de glicerol, sendo este efeito explicado também em função do efeito de concentração de nutrientes. A silagem de milho sem glicerol apresentou teor médio de 24,24% de FDA. Mello *et al.* (2004) relataram valores médios de 27,38% de FDA para silagem de milho. Segundo Rezende (2001) os valores de FDA variam de 22,66% a 31,06% na cultura do milho. A alta porcentagem de FDA é uma característica indesejável, pois indica a diminuição na digestibilidade do material, havendo redução do consumo de MS. Portanto, na escolha de cultivares para produção de silagem, deve-se dar prioridade àqueles com menor porcentagem de FDA, o que proporciona maior digestibilidade (VON PINHO *et al.*, 2007).

Os valores de hemicelulose apresentaram efeito linear decrescente. Segundo Bueno *et al.* (2001), o valor médio de hemicelulose da silagem de milho é 30,29%, superior aos encontrados neste trabalho. Já de acordo com Henrique *et al.* (1998 a,b), o valor médio de hemicelulose é de 25,17%, o qual se aproxima mais dos observados neste trabalho. Segundo Noguera (2002), somente as análises químicas dos alimentos não podem explicar todos os aspectos da digestão dos alimentos em animais ruminantes, pois mesmo sabendo dos teores de celulose, hemicelulose, pectina e lignina nas forrageiras, também seria necessário conhecer a distribuição destes na parede celular. Muck (1996) enfatizou a necessidade de manutenção das silagens sob baixos valores de pH para que a hemicelulose possa ser quebrada pelas enzimas da planta durante o processo fermentativo.

Os valores de MM apresentaram efeito linear crescente. A silagem controle foi a que apresentou menor valor, com média de 3,57% de MM, se comparada com as silagens com adição de glicerol, que

apresentaram valores médios de 4,32; 4,25 e 4,68% de MM para os níveis de inclusão de glicerol 15, 30 e 45%, respectivamente. Segundo Bueno *et al.* (2001), o valor médio de MM na silagem de milho é de 5,81%, valor superior aos observados neste trabalho. O aumento nos teores de MM em relação ao tratamento controle pode ter ocorrido em função da adição de glicerol devido aos diferentes graus de pureza do glicerol (glicerina bruta), em função dos minerais presentes em sua composição. Podendo ser classificado como de média pureza. De acordo com Schröder & Südekum (1999), o glicerol pode ser classificado em três graus de pureza (baixa, média e alta), podendo ocorrer variações em relação às concentrações de água, glicerol, fósforo e metanol.

Com a adição de glicerol, os valores de NDT aumentaram, apresentando efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ), sendo o valor médio da silagem controle (sem glicerol) de 72,15%. Ribeiro *et al.* (2002), relataram valores de 72,16% de NDT para a silagem de milho, semelhante ao encontrado neste trabalho para a silagem controle. Segundo Keplin (1992), uma silagem para ser considerada de boa qualidade, deve apresentar teores de NDT de 64 a 70%. Já de acordo com Cappelle *et al.* (2001), revisando os teores de NDT de silagem de milho na literatura brasileira, verificaram valores mínimos de 55,47% e máximo de 63,87%, que são inferiores aos verificados neste trabalho. O aumento dos valores de NDT com a inclusão do glicerol justifica-se pelo alto valor energético do glicerol, apresentando em sua composição 82% de NDT.

#### **4. CONCLUSÕES**

A inclusão de níveis de glicerol não alterou o processo fermentativo da silagem, mantendo os valores de pH e acidez titulável satisfatórios. A adição do glicerol contribuiu para uma redução proporcional da fração fibrosa e um aumento nos valores de NDT, melhorando seu valor nutritivo. O glicerol pode ser fornecido na alimentação de ruminantes, podendo ser adicionado na silagem como uma forma alternativa de fornecimento aos animais.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGARWAL, A.K., 2007. Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines. In: **Progress in Energy and Combustion Science**, 33, 233-271.

BASHA, S.A.; Gopal, K.R.; JEBARAJ, S., 2008. A review on biodiesel production, combustion, emissions and performance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.

BERGNER R, H.; KIJORA, C.; CERESNAKOVA, Z.; SZAKACS, J. In vitro studies on glycerol transformation by rumen microorganisms. **Archives Tierernahrung**, Berlin, v.48, n.3, p. 245-256, 1995.

BUENO, M. S., FERRARI JUNIOR, E., LEINZ, F. F. et al. Silagens de milho e girassol com diferentes proporções da ração concentrada na dieta de ovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. Anais... Piracicaba: SBZ, 2001. p. 1296-1297.

CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. et al. Cinética ruminal das frações de carboidratos, produção de gases, digestibilidade *in vitro* da matéria seca e NDT estimado da silagem de milho com diferentes proporções de grãos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2332-2339, 2002.

CAETANO, H. *Avaliação de onze cultivares de milho colhidos em duas alturas de corte para produção de silagem*. 2001. 178p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2001.

CAMPOS, F.P.; BOSE, M.L.V.; BOIN, C. et al. Comparação do sistema de monitoramento computadorizado de digestão *in vitro* com os métodos *in vivo* e *in situ*. 2. Uso de resíduo da matéria seca de forragens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.2, p.531-536, 2000.

CAPPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1837-1856, 2001.

CHANDLER, P. Energy prediction of feeds by forage testing explorer. **Feedstuffs**, v.62, n.36, p.12, 1990.

CHERNEY, D.J.R.; CHERNEY, J.H.; COX, W.J. **Fermentation Characteristics of Corn Forage Ensiled in Mini-Silos**. *Journal of Dairy Science*, v. 87, p. 4238-4246, 2004.

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.S. et al. Produção e utilização de silagem de milho e sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001, p.11-37.

DEFRAIN, J. M.; HIPPEN, A. R.; KALSCHUR, K. F.; JARDON, P. W. Feeding glycerol to transition dairy cows: effects on blood metabolites and lactation performance. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 87, n. 12, p. 4195-4206, Dec. 2004.

DEMIRBAS, A., 2007. Importance of biodiesel as transportation fuel. *Energy Policy*. 35, 4661-4670.

DONKIN, S. S.; KOSER, S. L.; WHITE, H. M.; DOANE, P. H.; CECAVA, M. J. Feeding value of glycerol as a replacement for corn grain in rations fed to lactating dairy cow. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 92, n. 10, p. 5111-5119, Oct. 2009.

FARIA, V. P. *Técnicas de produção de silagens*. Editado por Peixoto, A. M., Moura, J. C., Faria, V. P. Pastagens: fundamentos da exploração racional. Piracicaba: FEALQ, 1: p.323-348, 1986.

FERREIRA, J.J. Estágio de maturação ideal para ensilagem do milho e do sorgo. In: CRUZ, J.C. et al. (Eds). **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p.405-428.

GAI, V. F.; JOBIM, C. C. ; BRANCO, A. F. Qualidade de Forragens Conservadas Versus Produção e Qualidade do Leite de Vacas. In: Geraldo Tadeu dos Santos., Antônio Ferriani Branco., Ulysses Cecato., Elir de Oliveira., Maria Lúcia Valenga Parizotto. (Org.). **II Sul-leite simpósio sobre sustentabilidade da pecuária leiteira na região sul do Brasil**. Maringá: Geraldo Tadeu dos Santos., Antônio Ferriani Branco., Ulysses Cecato., Elir de Oliveira., Maria Lúcia, 2002, v. , p. 98-122.

GOMES, M. S., VON PINHO, R. G., OLIVEIRA, J. S., VIANA, A. C. Avaliação de cultivares de milho para a produção de silagem: parâmetros genéticos e interação genótipos por ambientes. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, Goiânia-GO. Anais... Goiânia, Embrapa Arroz e Feijão, Documentos 113, 2002. CD-ROM.

HENRIQUE, W., ANDRADE, J. B., SAMPAIO, A. A. M. Silagem de milho, sorgo, girassol e suas comparações. II. Composição Bromatológica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. Anais... Botucatu: SBZ, 1998 a. p.379-381.

HENRIQUE, W., ANDRADE, J. B., SAMPAIO, A. A. M. Silagem de milho, sorgo, girassol e suas consorciações. III. Coeficiente de digestibilidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. Anais... Botucatu: SBZ, 1998 b. p. 382-384.

HENRIQUE, W. et al. Silagem de milho, sorgo, girassol e suas consorciações. II. Composição bromatológica. In: XXXV Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Botucatu-SP. **Anais...** Botucatu, SBZ, Forragicultura, p.379–381, 1998.

KEPLIN, L.A.S. Recomendação de sorgo e milho (silagem) safra 1992/93. **Encarte Técnico da Revista Batavo**. CCLPL, Ano I, n.8, p.16-19, 1992.

LAUER, J. *Kernel Milkline: how should we use it for harvesting silage?* Agronomy Advice. 1999. Disponível em: <<http://corn.agronomy.wisc.edu>> Acesso em: 18 dez. 2000.

LIN, E. C.C. Glycerol utilization and its regulation in mammals. **Annual Review of Biochemistry**, Palo Alto, v. 46, p. 765-766, 1977.

LÓPES, FD; REVILLA, JLG; MUNILLA, MH. *Glicerol*. In: **Manual dos Derivados da Cana-de-Açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço do melaço, outros derivados, resíduos, energia**. Brasília: ABIPTI, cap. 5.4, pp. 393-397, 1999.

MARCHETTI, J.M., MIGUEL, V.U., ERRAZU, A.F., 2007. Possible methods for biodiesel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 11, 1300-1311.

- McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. New York: John Wiley & Sons, 1981. 207p.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe Pub, 1991. 340p.
- 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.
- MUCK, R.E. Inoculation of silage and its effects on silage quality. In: INFORMATIONAL CONFERENCE WITH DAIRY AND FORAGE INDUSTRIES, 1996, Madison. **Proceedings...** Madison: USDFRC, 1996. p.43-51.
- MUCK, R.E.; SHINNERS, K.J. Conserved forage (silage and hay): progress and priorities. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: Brazilian Society of Animal Husbandry. p.753-762. 2001.
- NOGUERA, J.R.R. **Estudo químico *in situ*, *in vitro* e microscópico da parede celular de cinco genótipos de sorgo colhidos em três épocas de corte**. Belo Horizonte: UFMG, 2002. 177f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.
- NUSSIO, L. G., CAMPOS, F.P., DIAS, F. N. Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. In: Simpósio Sobre Produção e Utilização de Forragens Conservadas. Maringá-PR. 2001. *Anais...* UEM/CCA/DZO, Maringá, 2001, vol.1, p.127-145.
- NUSSIO, L. G.; SIMAS, J. E. C.; LIMA, M. L. M. Determinação do ponto de maturidade ideal para colheita do milho para silagem. In: NUSSIO, L. G.; ZOPOLLATO, M.; MOURA, J. C (Ed). **Milho para a silagem**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 11-26.
- OLIVEIRA, J. S.; SOBRINHO, F. S.; REIS, F. A. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho destinados à silagem em bacias leiteiras do estado de Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 2007, vol. 1, p. 45-50.
- PAIVA, J. A. J. *Qualidade da silagem da região metalúrgica de Minas Gerais*. Belo Horizonte-MG, Universidade Federal de Minas Gerais- UFMG, 1976. 85p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte, MG, 1976.
- RÉMOND, B.; SOUDAY, E.; JOUANY, J. P. In vitro and in vivo fermentation of glycerol by rumen microbes. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 41, n. 2, p. 121-132, Apr. 1993.
- REZENDE, J. A. Características agronômicas, químicas e degradabilidade ruminal da silagem de sorgo. 2001. 53 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- RIBEIRO, E.L.A.; ROCHA, M.A.; MIZUBUTI, I.Y. et al. Silagem de girassol (*Helianthus annuus* L.), milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para ovelhas em confinamento. **Ciência Rural**, v.32, n.2, p.299-302, 2002.



- SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide**: Statistics, 4 ed. Version 8.1, v.2. Cary: SAS Institute, 943p., 2000.
- SCHRÖDER, A.; SÜDEKUM, K-H. (1999). Glycerol as a by-product of biodiesel production in Diets for ruminants. Paper presented at the 10th International Rapeseed Conference, Canberra Australia.
- SELLER, R. S. Glycerin as a feed ingredient, official definition (s) and approvals. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 91, n. 1, p. 392, Jan. 2008. Abstract.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, C. **Análise de alimentos** (Métodos químicos e biológicos). Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.
- VALADARES FILHO, S. C.; ROCHA JR., V. R.; CAPPELLE, E. R. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa/DZO, 2002. 279p.
- VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA JÚNIOR, V.R. et al. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. 2 ed. Viçosa: UFV, DZO, 2006. 329p.
- VILELA, H.H. et al. **Valor nutritivo de silagens de milho colhido em diversos estádios de maturação**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.37, n.7, p.1192-1199, 2008.
- VON PINHO, R. G. et al. Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. *Bragantia*, Campinas, v. 66, n. 2, p. 235-245, 2007.
- ZANINE, A.M.; MACEDO, J.G.L. Importância do consumo da fibra para nutrição de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v.7, n.4, p.1-12, 2006.
- ZOPOLLATO, M.; SARTURI, J.O. Optimization of the animal production system based on the selection of corn cultivars for silage. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION, 1., São Pedro, 2009. Proceedings... Piracicaba: FEALQ, 2009. p.73-90.