



Efeito do Tempo de Ensilagem sobre a composição química, perfil Fermentativo e Estabilidade Aeróbia de Silagens de Milho (*Zea mays*)¹

Effect of silage time on chemical composition, fermentative profile and aerobic stability of corn silages (*Zea mays*)¹

Página | 547

Cleyton de Almeida Araújo²; Ana Paula Maia dos Santos³;
Carolina Corrêa de Figueiredo Monteiro³, Deneson Oliveira Lima²,
André Marques Torres⁴; Caio Vinícios Silva dos Santos⁴;
Samylle Evelyn dos Santos Monteiro⁴; Juliana Jesus da Silva⁴

(1)Trabalho de Conclusão de Curso do primeiro autor;

(²)Zootecnista, Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens, Universidade Federal Rural de Pernambuco - PPGCAP/UFRPE/UAG;

(³)Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Alagoas –UNEAL;

(⁴)Acadêmico em Zootecnia, Universidade Estadual de Alagoas.

Recebido em: 22 de setembro de 2019; Aceito em: 05 de janeiro de 2020; publicado em 10 de 01 de 2020. Copyright© Autor, 2020.

RESUMO: A silagem de milho é amplamente utilizada, devido a sua qualidade nutricional, produção de matéria seca por ha⁻¹ e bom padrão fermentativo. Objetivou-se avaliar o efeito do tempo de ensilagem sobre o padrão fermentativo, qualidade nutricional, perdas e estabilidade aeróbia de silagens de milho (*Zea mays*). Empregou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (0; 12; 24 e 48h para ensilagem após o corte da forrageira) e cinco repetições. Após 30 dias de fermentação foram determinadas as perdas por efluentes, perdas por gases e recuperação de matéria seca. Para o ensaio de estabilidade, foram retiradas aproximadamente 2kg de silagem de cada unidade experimental e adicionadas em recipientes plásticos com capacidade de 4 litros, foram aferidas a temperatura (intervalo de 2 horas), pH e condutividade elétrica (intervalo de 6 horas) Realizou-se a determinação de nitrogênio amoniacal, capacidade tamponante e dióxido de carbono. A composição química-bromatológica, avaliou-se os teores de matéria seca, matéria mineral, extrato etéreo, proteína bruta, matéria orgânica, fibra em detergente neutro e ácido, carboidratos totais, carboidratos não fibrosos, proteína insolúvel em detergente neutro e ácido e hemicelulose. Todos os resultados foram submetidos a teste de regressão a 5% de probabilidade. O período de ensilagem não influenciou as perdas fermentativas para as perdas por gases e recuperação de matéria seca. O padrão químico da silagem não teve alteração para o teor de proteína bruta com médias de 84,60g; 78,26g; 82,58g e 74,22g, respectivamente para os tratamentos 0h; 12h; 24h e 48h. O tempo de ensilagem após o corte altera a dinâmica de produção de carbono, aumenta o teor de nitrogênio amoniacal, reduz a capacidade tamponante e diminui a estabilidade da silagem. Contudo a bromatologia mantém os teores de proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral e carboidratos não fibrosos, como também, não influenciam as perdas por gases e recuperação de matéria seca.

PALAVRAS-CHAVE: Fermentação, nutrientes, perdas fermentativas.

ABSTRACT: Corn silage is widely used due to its nutritional quality, dry matter production per ha⁻¹ and good fermentative standard. The objective of this study was to evaluate the effect of silage time on fermentation pattern, nutritional quality, losses and aerobic stability of corn (*Zea mays*) silages. A completely randomized experimental design was used, with four treatments (0; 12; 24 and 48h for ensilage after forage cutting) and five replications. After 30 days of fermentation, losses by effluents, losses by gases and recovery of dry matter were determined. For the stability test, approximately 2kg of silage was removed from each experimental unit and added in 4 liter plastic containers, measured at temperature (2 hours interval), pH and electrical conductivity (6 hours interval). the determination of ammonia nitrogen, buffering capacity and carbon dioxide. Chemical composition was evaluated for dry matter, mineral matter, ether extract, crude protein, organic matter, neutral detergent fiber and acid, total carbohydrates, non-fibrous carbohydrates, neutral detergent insoluble protein and hemicellulose. All results underwent regression testing at 5% probability. The ensiling period did not influence the fermentative losses for gas losses and dry matter recovery. The chemical standard of silage had no change for crude protein content with averages of 84.60g; 78.26g; 82.58g and 74.22g, respectively for treatments 0h; 12pm; 24h and 48h. Silage time after cutting alters carbon production dynamics, increases ammonia nitrogen content, reduces buffering capacity and decreases silage stability. However bromatology maintains the contents of crude protein, ether extract, mineral matter and non-fibrous carbohydrates, as well as do not influence gas losses and dry matter recovery.

KEYWORDS: Fermentation, nutrients, fermentative losses.

INTRODUÇÃO

A silagem mais antiga é datada de 1842, cuja autoria é de Grieswald (McDONALD, 1991). Após este marco histórico, até os dias atuais, a silagem e seu processo de produção é amplamente estudado, conferindo avanços tecnológicos no uso de aditivos, diminuição de perdas fermentativas e melhorias no perfil fermentativo, possibilitando maiores produções e maior qualidade (MATTOS et al., 1976; NEIVA et al., 1998; SILVA et al., 2009; SANTOS et al., 2018).

Como fonte primária de volumoso, a silagem representa 67,7% das escolhas dos nutricionistas de animais (MILLEN et al., 2009). Com isso, pesquisas vêm sendo direcionadas para a redução de perdas de nutrientes no processo fermentativo. Para a obtenção de uma silagem com bons padrões fermentativos e nutricionais, faz-se necessário o conhecimento dos fatores que alteram a dinâmica da matéria seca e perdas de nutrientes. Da mesma forma, o cuidado sobre a qualidade microbiológica e estabilidade aeróbica, é fundamental para alcançar a eficiência produtiva de uma silagem (BORREANI et al., 2018).

Atualmente diversos avanços tecnológicos encontram-se à disposição dos pecuaristas, avanços no perfil nutricional, rendimento produtivo e técnicas que permitem a ensilagem de vários vegetais (FERRARETTO, SHAVER e LUCK, 2018).

A silagem de milho é a mais utilizada no mundo e sua fermentação é considerada ponto de referência (FERRARETTO, SHAVER e LUCK, 2018), em virtude dos adequados teores de carboidratos solúveis encontrados na planta e elevada produção de matéria seca ha⁻¹, o que favorece uma boa fermentação quando a mesma é ensilada de maneira adequada, que levam à fermentação láctica, promovendo a conservação de um alimento de alto valor nutritivo, de fácil preparo e de grande aceitação pelos animais, com rendimento elevado (FERRARETTO, SHAVER e LUCK, 2018). Embora o sistema de produção de silagem possa parecer bem difundida nas unidades de produção, ainda é comum ocorrerem erros no processo de ensilagem, o que teoricamente afetaria a qualidade nutricional da forragem ensilada. Princípios básicos da técnica de ensilagem devem ser atendidos. Entretanto, na realidade de algumas propriedades rurais, o corte e a compactação da forrageira no processo de ensilagem ultrapassa períodos de 24 e 48 horas, ocorrendo o vedamento do silo dias após o início do processo.

O período entre o corte da forrageira e o da ensilagem promove uma redução da umidade da forragem, o que proporciona aumento da matéria seca, acarretando em dificuldades de compactação e conseqüentemente fermentação indesejável. Ainda, durante esse período, pode ocorrer maior processo respiratório de microrganismos indesejáveis. Para tanto, torna-se indispensável estudos sobre o intervalo do corte e tempo limite para a ensilagem da forrageira, a fim de determinar o período máximo para realizar a ensilagem e quantificar as perdas que este procedimento pode ocasionar no valor nutricional do alimento.

É evidente que no processo fermentativo das silagens a agilidade no procedimento de colheita, corte, compactação e vedação determina uma boa silagem. Quando a forragem é cortada/picada, permanece ainda o processo de respiração devido à existência de células vivas, e esta respiração confere o consumo de carboidratos, até que todas as células morram ou até que todo o meio fique em anaerobiose, contudo durante o consumo ocorre a liberação de CO₂, produção de calor e amônia livre (MCALLISTER e HRISTOV, 2000) conferindo em perda de MS de alta digestibilidade.

Com isso, objetivou-se avaliar o perfil fermentativo, composição nutricional, perdas e estabilidade aeróbia de silagens de milho confeccionadas em diferentes períodos de ensilagem após a colheita.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental e Laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição Animal da Universidade Estadual de Alagoas (UNEAL/CAMPUS II).

A cultivar de milho utilizada foi 1051, cultivada em sistema convencional, colhido manualmente, quando o grão atingiu estágio pastoso/farináceo, com teor de MS entre 32 a 35 %. Foram avaliados quatro períodos de tempos de ensilagem após a colheita do milho (0h; 12h; 24h e 48h) com 5 repetições, em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC). Antes da ensilagem, para cada período de tempo, foram amostradas 300g de cada massa triturada para a realização das análises bromatológicas (Tabela 1) e determinação do pH.

Tabela 1. Composição nutricional da forragem in natura, matéria seca (MS) (g/kg); extrato etéreo (EE) (g/kg/MS); proteína bruta (PB) (g/kg/MS); fibra insolúvel em detergente neutro e ácido (FDN); fibra em detergente ácido (FDA) (g/kg/MS); hemicelulose (HEM) (g/kg/MS); proteína indigestível em detergente neutro (PIDN), proteína indigestível em detergente ácido (PIDA).

Variáveis	Tempo para ensilagem			
	0h	12h	24h	48h
MS	328,215	335,355	360,696	358,556
EE	23,473	21,819	25,972	25,146
PB	67,546	70,009	54,715	58,512
FDN	405,381	397,339	408,648	390,120
FDA	267,366	267,458	272,727	340,077
HEM	138,015	129,881	135,921	50,042
PIDN	224,745	220,486	151,627	100,968
PIDA	85,268	45,793	45,647	27,881

Para confecção das silagens, foram utilizados silos laboratoriais de PVC com 100 mm de diâmetro por 550 mm de comprimento, sendo que 150 mm do compartimento na parte basal foi destinado a 500g de areia esterilizada, separada por saco de náilon da área útil (400 mm) para o material ensilado segundo metodologia de Pereira et al. (2005). Após 30 dias de armazenamento, realizou-se a abertura dos silos e determinação de perdas por efluentes, gases e a recuperação de matéria seca conforme Zanine et al. (2010), para estimativa utilizaram-se as equações:

Determinação de perdas por gases:

$$G = (PCf - PCa) / (MFf \times MSf) \times 10000$$

Onde:

G = perdas por gases (%MS)

PCf = Peso do silo cheio vedado no fechamento (kg)

PCa = Peso do silo aberto (kg)

MFf = Massa de forragem (kg)

MSf = Concentração de MS da forragem (%)

Para a determinação de perdas por efluentes:

$$E = [(PVf - Tb) - (PVi - Tb)] / MFi \times 1000$$

Onde:

E = perdas por efluentes (kg/t MF)

PVi = Peso do balde vazio + peso da areia na vedação (kg)

PVf = Peso do balde vazio + peso da areia na abertura (kg)

Tb = Peso do balde vazio (kg)

MFi = Massa de forragem na vedação (kg)

Determinação da recuperação de matéria seca:

$$RMS = (MFa \times MSa) / (MFf \times MSf) \times 100$$

Onde:

RMS = Taxa de recuperação de matéria seca (%)

MFa = Massa de forragem na abertura do silo (kg)

MSa = Concentração de matéria seca da forragem na abertura do silo (%)

MFf = Massa de forragem na vedação do silo (kg)

MSf = Concentração de matéria seca da forragem na vedação do silo (%)

Em seguida, foram amostrados 200g de silagem de cada unidade experimental e levada a estufa de ventilação forçada a uma temperatura entre 50-55°C por 72 horas. Posteriormente foi processado em um moinho de facas Willey, em peneiras de 1 mm, depois, acondicionado em recipientes de plásticos hermeticamente fechados e identificados. Foram determinadas os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB) matéria orgânica (MO) e fibra em detergente neutro e ácido (FDN e FDA) segundo metodologia descrita por Detmann et al., (2012); Carboidratos totais (CT) foi obtida pela equação de Sniffen et al., (1992): $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$ e Carboidratos não fibrosos (CNF) conforme Sniffen et al., (1982): $CNF = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM + FDN)$; Os teores dos compostos Proteína insolúveis em detergente neutro (PIDN) e ácido (PIDA) a partir dos

procedimentos descritos por Silva e Queiroz (2002); hemicelulose mediante a equação determinada pela AOAC (1995): $HEM = FDN - FDA$.

A capacidade tampão foi determinada mediante metodologia de Mizubuti et al., (2009), através da titulação com HCl e NaOH à uma concentração de 0,1 N para liberação de bicarbonatos como dióxido de carbono.

Para a determinação da capacidade tampão empregou-se a equação descrita por Mizubuti et al., (2009):

$$CT = \frac{0,1 * (Va - Vb) * 100}{PA}$$

Em que:

CT = capacidade tampão em e.mg NaOH/100 g MS;

0,1 = Normalidade do NaOH;

Va = volume de NaOH gasto para mudar o pH da amostra de 4,0 para 6,0;

Vb = volume de NaOH gasto para mudar o pH do branco de 4,0 para 6,0;

PA = peso da amostra seca = $[(\text{peso da amostra} * MS) / 100]$.

Na abertura do silo realizou-se a aferição da temperatura do painel do silo seguindo a metodologia de Santos (2014) e na estabilidade aeróbia em um intervalo de duas horas, durante um período de 96 horas. Para a determinação da estabilidade em aerobiose empregou-se a metodologia adaptada de Kung Jr. et al., (2000), cada unidade experimental foi composta por um recipiente plástico com capacidade para 4 L, contendo aproximadamente 2 kg de forragem, mantido em sala fechada, sob temperatura controlada a 24°C.

As determinações de pH (BOLSEN et al., 1992) e CE (KRAUS et al., 1997) foram realizadas no momento da abertura e na estabilidade aeróbia com um intervalo de 6 horas de exposição ao ar.

Para a determinação de dióxido de carbono (CO₂) foi adicionada 300g da silagem em sistemas constituídos por garrafas de polietileno (PET) adaptado ao descrito por Ashbell et al., (1991), usado para expor a silagem durante 24, 48 e 96 horas.

A parte inferior do sistema foi adicionado 100 mL de hidróxido de potássio (KOH) a 20% de concentração. Para quantificar o CO₂, foi coletado 10mL do hidróxido de potássio e realizou-se a aferição do pH, que estava em torno de 12 à 14, após a aferição iniciou-se a titulação com HCl à uma concentração de 1N, até atingir o pH por volta de 3. Registrando o volume de HCl utilizado para a sua aplicação na equação.

$$\text{CO}_2 \text{ (g kg}^{-1} \text{ de MS)} = (0,044 * T * V) / (A * S * MS)$$

Em que:

T = Volume de HCl gasto na titulação (mL);

V = Volume total de KOH 20% (100 mL);

A = Volume de KOH 20% usado na determinação (10 mL);

S = Quantidade de silagem fresca (kg) colocada nas garrafas;

MS = Matéria Seca da silagem do sistema.

A análise de nitrogênio amoniacal das silagens ocorreu seguindo a metodologia Bolsen et al., (1992) e Detmann et al., (2012).

Os resultados obtidos foram analisados usando-se o PROC GLM do Software SAS 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC) e submetidos à análise de variância e regressão. Adotou-se como critério para escolha dos modelos de regressão, a significância dos parâmetros estimados pelos modelos e os valores dos coeficientes de determinação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve ajuste de modelo ($P < 0,05$) do período de tempo entre a colheita e o processo de ensilagem sobre o pH e condutividade elétrica das silagens, entretanto a capacidade tamponante (CT) e teor de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) tiveram ajuste de modelo linear decrescente e quadrático, respectivamente ($P < 0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2. Perfil fermentativo de silagens de milho ensiladas em diferentes períodos de tempo.

Variáveis	Tempo para ensilagem				Média	CV (%)
	0h	12h	24h	48h		
pH	3,92	3,90	3,84	3,90	3,89	1,82
N-NH ₃	4,29	4,01	4,29	4,94	4,38	5,83
CE	43,40	57,62	43,00	56,20	50,05	5,59
CT	55,16	52,37	51,78	51,63	52,74	5,76
Equação						R ²
N-NH ₃	$\hat{y} = 4,250061 - 0,018419x + 0,000692x^2$					0,9513
CT	$\hat{y} = 54,080406 - 0,063722x$					0,6287

pH = potencial hidrogeniônico; N-NH₃ = nitrogênio amoniacal (% do N Total); CE = condutividade elétrica (ms/cm); CT = capacidade tamponante (E.mgNaOH/100g MS).

Observou-se a maior concentração de N-NH₃ nas silagens confeccionadas 48 horas após a colheita. Isso pode ser justificado a partir das reações de proteólise e processos microbianos que alteram a dinâmica dos compostos nitrogenados em silagens (KUNG Jr. et al., 2018). Os teores de nitrogênio amoniacal verificados nas silagens estudadas estão próximos aos descritos por Kung Jr e Shaver (2001), que relataram teor médio de N-NH₃ de 5% a 7% para valores adequados de silagens de milho.

A capacidade tamponante apresentou ajuste de modelo linear decrescente (P<0,05), a cada hora de exposição diminui 0,063 E.mg NaOH/100g/MS, isso se justifica devido a CT ser fortemente influenciada com a presença de ortorfosfatos, sulfatos, nitratos e sais de ácidos orgânicos (ânions) (McDonald et al., 1991). Ainda, o aumento do teor de matéria seca da forragem nos diferentes tempos de ensilagem, promoveu menor potencial de água no processo fermentativo, o que reflete indiretamente na capacidade tamponante das forragens.

Caetano et al., (2011) estudando onze cultivares de milho, evidenciou uma capacidade entre 19,24 a 14,48 mEq/100g MS, valores estes que se distancia dos encontrados neste estudo.

Não houve efeito do tempo entre a colheita e o processo de ensilagem sobre as Perdas por gases e recuperação de matéria seca (P>0,05), contudo, houve ajuste de modelo quadrático para perdas por efluentes (P<0,05) (Tabela 3).

Com o aumento do tempo para ensilagem, elevou-se a produção de efluentes. Isto pode ser justificado devido ao processo de respiração e oxidação das células da forragem

(WOOLFORD, 1984), antes do processo de trituração, fator este que pode ter interferido na produção de efluentes. Rotz e Muck (1994) confirma que o processo de respiração ocorre desde o corte da forragem até o vedamento dos silo.

Tabela 3. Perdas fermentativas e recuperação de matéria seca de silagens de milho ensiladas em diferentes períodos de tempo

Variáveis	Tempo para ensilagem				Média	CV(%)
	0h	12h	24h	48h		
PG (%MS)	0,20	0,12	0,16	0,17	0,16	25,21
PE (kg/t MF)	2,65	2,68	2,90	2,81	2,76	5,67
RMS (%MS)	95,40	95,94	95,21	95,44	95,50	0,51
Equação						R ²
PE	$\hat{y} = 2,621794 + 0,014441x - 0,000211x^2$					0,7369

PG = perdas por gases; PE = perdas por efluentes; RMS = recuperação de matéria seca.

Houve efeito quadrático ($P < 0,05$) do tempo entre a colheita e processo de ensilagem sob os teores médios de matéria seca das silagens de milho. A perda de umidade após a colheita do milho era esperada, uma vez que há troca de umidade com o ambiente, desidratando-se assim a forragem. Quanto maior o tempo para se realizar o processo de ensilagem, maior será o teor de matéria seca dessa silagem. Os valores encontrados estão próximos àqueles verificados por Seglar (2003), que propõe intervalo de MS de silagem de boa qualidade entre 300 a 350 g/kg de silagem.

Houve efeito quadrático ($P < 0,05$) para os teores de matéria mineral e matéria orgânica das silagens, evidenciando que as silagens avaliadas demonstraram conteúdo de MM dentro dos padrões descritos na literatura como média nacional com 47.9g (VALADARES FILHO et al., 2006).

Não houve ajuste de modelo para os valores de proteína bruta, extrato etéreo, Carboidratos não fibrosos, e proteína indigestível em detergente neutro e ácido das silagens estudadas ($P > 0,05$).

Os teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) tiveram ajuste de modelo linear crescente ($P < 0,05$). À medida que aumenta o tempo entre a colheita e ensilagem houve um acréscimo de 0,075 e 0,169 gramas de FDN e FDA respectivamente para cada 1 hora de exposição da forragem. O

Aumento da fração fibrosa da silagem quando comparado ao material original pode ser resultado da fermentação de açúcares em CO₂ (SANTOS et al., 2016).

Houve ajuste de modelo linear decrescente (P<0,05) para os teores de hemicelulose das silagens em 0.094 gramas a cada hora de exposição. A redução da concentração de hemicelulose nas silagens é justificado devido o rompimento das células da planta possibilitar a ação de enzimas como amilase e hemicelulase (PEDROSO, 1998). A hemicelulose pode ser reduzida no processo fermentativo devido a mesma passar por processo de hidrolise ácida para liberar componentes solúveis para a fermentação (ÁVILA et al., 2003).

Tabela 4. Composição bromatológica de silagens de milho com diferentes períodos de ensilagem após a colheita.

Variáveis	Tempo para ensilagem				Média	CV(%)
	0h	12h	24h	48h		
MS	318,141	319,058	317,767	360,032	328,75	3,54
MM	63,620	56,700	44,100	47,920	53,085	10,98
MO	936,380	943,300	955,900	952,080	946,915	0,62
PB	84,600	78,263	82,586	74,222	79,918	7,39
EE	25,60	21,64	28,32	27,40	25,74	22,61
FDN	445,608	477,676	472,152	488,626	471,015	7,89
FDA	351,86	386,34	391,260	438,140	391,900	10,73
HEM	93,760	91,340	80,880	50,480	79,115	51,3
CNF	380,540	365,700	372,840	361,820	370,225	9,68
CHOT	901,93	914,08	920,33	918,98	913,83	0,77
PIDN	1,77	1,66	1,44	1,29	1,54	14,15
PIDA	0,88	0,75	0,72	0,56	0,73	20,75
Equação						R ²
MS	$\hat{y} = 319,545685 - 0,747950x + 0,032952x^2$					0,9816
MM	$\hat{y} = 648,7618 - 0,116001x + 0,001663x^2$					0,9167
MO	$\hat{y} = 93,512382 + 0,116001x - 0,001663x^2$					0,9167
FDN	$\hat{y} = 455,14000 + 0,075598x$					0,7190
FDA	$\hat{y} = 356,25680 + 0,169689x$					0,9619
HEM	$\hat{y} = 9,88640 - 0,094102x$					0,9984
CHOT	$\hat{y} = 90,203604 + 0,118978x - 0,001745x^2$					0,9336

MS = matéria seca (g/kg); MM = matéria mineral (g/kg); MO = Matéria Orgânica (g/kg); PB= Proteína Bruta (g/kg); EE= Extrato Etéreo (g/kg); FDN= Fibra Insolúvel em Detergente Neutro (g/kg); FDA= Fibra Insolúvel em Detergente Ácido (g/kg); HEM= Hemicelulose (g/kg); CNF= Carboidratos não fibrosos (g/kg); CHOT= Carboidratos Totais (g/kg).

Houve efeito quadrático (P<0,05) para a produção de dióxido de carbono no período de exposição de 24 e 48 horas (Tabela 05).

Quanto a produção de CO² observou-se menores produções para a silagem confeccionada a 0h para elaboração da silagem. Evidenciando menores perdas de MS e nutrientes durante a exposição da silagem ao oxigênio, para McDonald, Henderson e Heron (1992) a oxidação de nutrientes promove a geração de calor, elevação do pH, produção de água e CO². Contudo, não foi observado alteração do pH da silagem durante a estabilidade aeróbia.

Tabela 5. Produção de dióxido de carbono (g/kg) de silagens de milho confeccionadas em diferentes tempos de ensilagem após a colheita.

Período de Exposição	Tempo para ensilagem				Média	CV(%)
	0h	12h	24h	48h		
24h	6,98	18,54	18,15	19,01	15,67	5,12
48h	18,56	20,52	21,69	21,18	20,49	8,21
96 h	77,91	62,51	83,53	64,77	72,18	14,79
	Equação					R ²
24h	$\hat{y} = 8,002091 + 0,793913x - 0,011907x^2$					0,8737
48h	$\hat{y} = 18,554667 + 0,204361x - 0,003113x^2$					0,9997

No ensaio de estabilidade aeróbia, as variáveis observadas não apresentaram ajuste de modelo linear e quadrático (P>0,05).

O pH final das silagens manteve-se abaixo de 4,0 mesmo após 96 horas de exposição ao ar (Tabela 6). Esses resultados podem indicar que a concentração de ácido láctico manteve-se elevada mesmo após a exposição ao ar. Após a exposição das silagens ao oxigênio, microrganismos indesejáveis presentes na massa ensilada podem voltar a se desenvolverem a partir do consumo de carboidratos solúveis residuais e até mesmo ácido láctico, afetando assim o pH das silagens. Entretanto, essa alteração do pH final não foi verificada nas silagens estudadas.

Contudo, o pH final isoladamente não constitui informações suficientes para se determinar se houve deterioração aeróbia nas silagens.

Tabela 6. Valores médios de pH final, temperatura máxima e estabilidade aeróbia de silagens de milho confeccionadas em diferentes períodos de tempo após a colheita

	Tempo para ensilagem				Média	CV(%)
	0h	12h	24h	48h		
pH Final	3,6	3,5	3,7	3,6	3,6	1,47
TM	24,5	25,5	28,5	25,5	25,5	8,66
EA	62	58	46	58	58	35,10

TM = temperatura média (°C); EA = estabilidade aeróbia (h)

A média de temperatura máxima das silagens em aerobiose apresentou elevação maior nas silagens que foram confeccionadas 24 horas após a colheita, atingindo-se a média de temperatura máxima de 28,5°C, quatro graus acima da média de temperatura máxima de silagens confeccionadas logo após o corte da forragem. O aumento da temperatura está associada ao conteúdo de MS da silagem, visto que a medida que aumenta a concentração de matéria seca tende a ser maior a temperatura, devido a necessidade de produzir mais calor para alterar a temperatura de silagens com menores teores de matéria seca (MCDONALD et al., 1991; WILKINSON e DAVIES, 2012)

O aumento da temperatura reflete as reações exotérmicas que ocorrem na massa ensilada quando na presença de oxigênio, como a respiração e multiplicação de microrganismos deletérios à qualidade da silagem. Sá Neto (2013) verificou em sua pesquisa que a temperatura média da silagem de milho oscilou entre 36,2°C e 37,9°C para silagens de milho.

A perda da estabilidade aeróbia ocorreu às 46 horas após o início do ensaio para o tratamento com 24 horas para ensilagem, resultado este que pode ser justificado segundo Pitt (1990) por diversos fatores, dentre eles, temperatura do ambiente, crescimento de microrganismos, umidade da forragem, concentração de CO₂ e O₂, como também teor de carboidratos solúveis e concentração de ácidos orgânicos.

A estabilidade aeróbia durou até 62 horas para as silagens que foram confeccionadas logo após a colheita, evidenciando que o maior tempo do processo de ensilagem pode acarretar em menor estabilidade aeróbia das silagens.

CONCLUSÕES

Os diferentes tempos de ensilagem da forrageira influenciaram o perfil fermentativo das silagens, elevando-se o teor de nitrogênio amoniacal e reduzindo-se a capacidade tamponante. Aumenta as perdas por efluentes, diminui a estabilidade aeróbia e aumenta a produção de dióxido de carbono.

A composição química da silagem comprova aumento da matéria seca, em relação ao tempo para ensilagem, porém não altera os teores de proteína bruta, extrato etéreo e carboidratos não fibrosos. Entretanto, evidencia aumento da fibra em detergente neutro e ácido de forma linear, sendo antagônico ao teor de hemicelulose.

A partir dos resultados obtidos, recomenda-se a confecção da silagem no momento da colheita, afim de preservar sua composição química e perfil fermentativo.

REFERÊNCIAS

1. AHSBELL, G.; WEIBERG, Z.G.; AZRIELI, A. A simple system to study the aerobic determination of silages. *Canadian Agricultural Engineering*, v.34, p.171-175, 1991.
2. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 16.ed. ashington, D.C.: 1995. 1094p.
3. ÁVILA, C. L. S.; PINTO, J. C.; EVANGELISTA, A. R.; MORAIS, A. R.; FIGUEIREDO, H. C. P.; TAVARES, V. B. Perfil de fermentação das silagens de capim-Tanzânia com aditivos – teores de nitrogênio amoniacal e pH. *Ciência e Agrotecnologia*, v.27, n.5, p.1144-1151, 2003.
4. BOLSEN, K.K.; LIN, C.; BRENT, C.R. et al. Effects of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfafa and corn silages. *Journal of Dairy Science*, v. 75, p. 3066-3083, 1992.
5. BORREANI, G.; TABACCO, E.; SCHMIDT, R. J.; HOLMES, B. J., MUCK, R. E. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *Journal of Dairy Science*, v. 101, n. 5, p. 3952-3979, 2018.
6. CAETANO, H.; OLIVEIRA, M. D. S. D.; FREITAS JÚNIOR, J. E. D.; RÉGO, A. C. D.; RENNÓ, F. P.; CARVALHO, M. V. D. Evaluation of corn cultivars harvested at two cutting heights for ensilage. *Revista Brasileira Zootecnia*, v. 40, n. 1, p. 12-19, 2011.
7. DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C. Métodos para análise de alimentos. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2012. 214p.

8. FERRARETTO, L. F.; SHAVER, R. D.; LUCK, B. D. Silage review: Recent advances and future technologies for whole-plant and fractionated corn silage harvesting. *Journal of Dairy Science*, v. 101, n. 5, p. 3937-3951, 2018. Página | 560
9. KRAUS, T.J.; KOEGER, R.G.; STRAUB, R.J. et al. Leachate conductivity as an index for quantifying level of forage conditioning. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 1997, Minneapolis: ASAE, 1997. 12p.
10. KUNG Jr, L.; SHAVER, R. D.; GRANT, R. J.; SCHMIDT, R. J. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of dairy science*, v. 101, n. 5, p. 4020-4033, 2018.
11. KUNG JR, L.; SHAVER, R. Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. *Focus on forage*, v. 3, n. 13, p. 1-5, 2001.
12. KUNG, L. Jr. Microbial and chemical additives for silage: effect on fermentation and animal response. In: WORKSHOP SOBRE MILHO PARA SILAGEM, 2., 2000, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 2000. p.1-53.
13. MATTOS, H. B.; OLIVEIRA, P. R. P.; PEDREIRA, J. V. S. Estudo de produção de milho para silagem. *Boletim Indústria animal*, v 33, n 1, p. 101-105, 1996.
14. MCALLISTER, T. A.; HRISTOV, A. N. The fundamentals of making good quality silage. *Adv. Dairy Technol*, v. 12, p. 318-399, 2000.
15. McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. Biochemistry of silage. 2.ed. Marlow: Chalcombe Publication, 1991. 340p.
16. McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. Biochemistry of silage. 2.ed. Marlow: Chalcombe Publication, 1991. 340p.
17. MILLEN, D. D.; PACHECO, R. D. L.; ARRIGONI, M. D. B.; GALYEAN, M. L. VASCONCELOS, J. T. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. *Journal of Animal Science*, v.87, n.10, p.3427-3439, 2009.
18. MIZUBUTI, I. Y.; PINTO, A. P.; PEREIRA, E. S.; RAMOS, B. M. O. (2009). Métodos laboratoriais de avaliação de alimentos para animais. Londrina: Eduel, 1.
19. NEIVA, J. N. M.; GARCIA, R.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, F. C.; PIRES, A. J. V.; PEREIRA, O. G. Características fermentativas das silagens de milho amonizadas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 27, n. 3, p. 474-480, 1998.
20. PEDROSO, A. D. F. (1998). Silagem-princípios básicos-produção-manejo. In Embrapa Pecuária Sudeste-Resumo em anais de congresso (ALICE). In: CRUZ, GM da; MONTEIRO NOVO, AL Curso: produção e manejo de silagem. Resumo... Sao Carlos: EMBRAPA-CPPSE, 1998. p. 11-40.
21. PEREIRA, L. G.; GONÇALVES, L. C.; TOMICH, T. R.; BORGES, I.; RODRIGUEZ, N. M. Silos experimentais para avaliação da silagem de três genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L). *Arquivos brasileiros de medicina veterinária e zootecnia*, v. 57, n. 5, p. 690-696, 2005.

22. PITT, R.E. Silage and hay preservation. Ithaca: Northeast Regional Agricultural Engineering Service, 1990. 53p. (NRAES-5).
23. ROTZ, C. A.; MUCK, R. Changes in forage quality during harvest and storage. In: FAHEY, D.C.; COLLINS, M.; MERTENS, D.R.; MOSER, L.E. (Ed.). Forage quality, evaluation and utilization. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society, Soil Science Society, 1994, p.828-868.
24. SÁ NETO, A.; NUSSIO, L. G.; ZOPOLLATTO, M.; JUNGES, D.; BISPO, Á. W. Silagem de milho ou de cana-de-açúcar com *Lactobacillus buchneri* exclusivamente ou em associação com *L. plantarum*. Pesquisa agropecuária brasileira, v. 48, n. 5, p. 528-535, 2013.
25. SANTOS, A. O.; ÁVILA, C. L. S.; PINTO, J. C.; CARVALHO, B. F.; DIAS, D. R.; SCHWAN, R. F. Fermentative profile and bacterial diversity of corn silages inoculated with new tropical lactic acid bacteria. *Journal of applied microbiology*, v. 120, n. 2, p. 266-279, 2016.
26. SANTOS, A. P. M.; SANTOS, E. M.; OLIVEIRA, J. S. D.; RIBEIRO, O. L.; PERAZZO, A. F.; PINHO, R. M. A.; PEREIRA, G. A. *African Journal of Range & Forage Science*, v. 35, n. 1, p. 55-62, 2018.
27. SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.
28. SILVA, E. J. A.; BORGATTIL, L. M. O.; MEYER, P. M.; RODRIGUES, P. H. M. Efeitos da aeração sobre as características da silagem de cana-de-açúcar. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.31, n.2, p.247-253, 2009.
29. SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, D.J.; Van SOEST, P.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.
30. VALADARES FILHO, S. C.; MAGALHÃES, K. A. ROCHA JUNIOR, V.R.; CAPELLE, E. R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. Viçosa, MG: UFV, 2006. 329p.
31. WILKINSON, J. M.; DAVIES, D. R. The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. *Grass and Forage Science*, v. 68, n. 1, p. 1-19, 2012.
32. WOOLFORD, M. K. The silage fermentation. New York: Marcel Dekker, 1984. 322p.
33. ZANINE, A. D. M.; SANTOS, E. M.; DÓREA, J. R. R.; DANTAS, P. A. D. S.; SILVA, T. C. D.; PEREIRA, O. G. Evaluation of elephant grass with addition of cassava scrapings. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.12, p.2611-2616, 2010.