

Composição bromatológica e perdas de nutrientes na ensilagem de cana-de-açúcar com aditivos químicos e microbianos

A. Ludovico¹, E. Hideaki Hoshi, L. C. Da Silva, F. C. De Almeida Rego Grecco,
L. F. Coelho Da Cunha Filho, M. Rodrigues Baran

Faculdade de Medicina Veterinária - Universidade Norte do Paraná, Araçongas, Brasil
Recibido Septiembre 11, 2012. Aceptado Diciembre 14, 2013.

Chemical composition and losses of nutrients involved in sugarcane ensiling with microbial and chemical additives

Abstract. There is increasing interest in sugarcane silage as an alternative supplemental feed for cattle, but high losses during the fermentation can affect the viability of this option. The present study evaluated the effects of additives on the composition and nutrient losses in sugarcane ensiling by applying the following six treatments: without additive (CON), with 2×10^6 cfu/g of *Lactobacillus buchneri* alone (LB) or associated with 2×10^6 cfu/g of *Lactobacillus plantarum* (LB/PLA), 1.0% urea (LB/URE), 0.5% virgin lime (LB/CAL), and only 0.5% virgin lime (CAL) on an as fed basis. Silos with 18 L capacity were used and the fermentation lasted 104 days. After opening the silos, the dry matter (DM) content of the silage was found to have decreased by 3.9 percentage units on average compared to the initial value. Crude protein (CP) content was higher and neutral detergent fiber (NDF) lower in the (LB/URE) treatment. In the treatments with virgin lime the pH value was higher and the recovery of MS was lower, but equal to that of the treatment LB, in which the effluent losses were greater. The gaseous losses were lower in treatments with only microbial additives. It was concluded that none of the additives evaluated reduce dry matter losses, but the microbial additives reduce gas losses and the virgin lime reduces effluent losses.

Key words: Additives, Composition, Losses, Silage, Sugarcane

Resumo. A ensilagem da cana-de-açúcar é alternativa de interesse crescente para suplementação de bovinos, porém elevadas perdas durante a fermentação, podem afetar a viabilidade desta opção. O presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de aditivos sobre a composição e perdas na ensilagem de cana-de-açúcar, através dos seguintes seis tratamentos: sem aditivos (CON), com 2×10^6 ufc/g de *Lactobacillus buchneri* apenas (LB) ou associado à *Lactobacillus plantarum* (LB/PLA), 1.0% de uréia (LB/URE), 0.5% de cal virgem (LB/CAL) e apenas 0.5% cal virgem (CAL) na matéria verde. Foram utilizados silos com capacidade de 18 L e período de 104 dias de fermentação. Após a abertura dos silos, os teores matéria seca (MS) diminuíram, em média, 3,9 unidades percentuais, em relação à antes do fechamento. O teor de proteína bruta foi maior e o de fibra em detergente neutro menor no tratamento LB/URE. Nos tratamentos com cal virgem o pH foi superior e a recuperação de MS foi menor, porém igual ao tratamento LB, onde as perdas com efluentes foram maiores. As perdas com gases foram menores nos tratamentos apenas com aditivos microbianos. Concluiu-se que os aditivos utilizados não diminuem as perdas de matéria seca, porém os aditivos microbianos diminuem perdas com gases e a cal virgem diminui perdas por efluentes.

Palavras-chave: Aditivos, Cana-de-açúcar, Composição, Perdas, Silagem

¹ Autor para la correspondencia, e-mail: agostinho@rocketmail.com

Introdução

Devido ao seu alto teor de sacarose e elevada população de leveduras epifitas, a ensilagem de cana-de-açúcar pode resultar em elevadas perdas durante a fermentação com a produção de álcool e gases, principalmente (Pedroso *et al.*, 2005; Schmidt *et al.*, 2011). Em revisão de literatura, Zopollato *et al.* (2009) observaram perdas médias de 24.6% da matéria seca (MS) total, 17.9 e 7.8% com gases e etanol, respectivamente.

As bactérias homoláticas, fermentam hexoses até ácido láctico, o qual propicia eficiente redução do pH, porém, não diminuem as perdas na fermentação, pois as leveduras crescem em pH até 2.0 e utilizam este ácido como substrato para seu crescimento. Entretanto, as bactérias heteroláticas, além de hexoses, fermentam também pentoses e ácido láctico até ácido acético, ácido propiônico e CO₂, principalmente (McDonald *et al.*, 1991; Oude *et al.*, 2001). Os ácidos acético e propiônico tem

efeitos fungicida e este fato tem levado a um grande interesse da utilização destas bactérias como aditivo para silagens de cana-de-açúcar.

A uréia e o óxido de cálcio, contido na cal virgem, são substâncias alcalinizantes com ação hidrolítica sobre os constituintes da parede celular, o que possibilita a redução do consumo de carboidratos não fibrosos durante a fermentação com conseqüente aumento da digestibilidade da silagem de cana-de-açúcar (Reis *et al.*, 1990; Kung *et al.*, 2000; Balieiro Neto *et al.*, 2007).

Os efeitos do uso de aditivos na ensilagem resultam da interação de vários fatores (Kung Junior, 2009), os quais podem afetar a viabilidade do seu uso. O presente trabalho teve como objetivo estudar os efeitos da adição isolada ou em combinação de *Lactobacillus plantarum*, uréia e cal virgem sobre a composição bromatológica e as perdas de nutrientes associadas à fermentação em silagem de cana-de-açúcar.

Material e Métodos

O presente experimento foi realizado no Campus da Universidade Norte do Paraná, UNOPAR, em Araçongas-PR, no período de dezembro a maio. Foi utilizado cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), 12 meses após seu primeiro corte, colhida manualmente, rente ao solo, e processada em picador estacionário de facas regulada para corte de partículas de 2 a 3 cm, sem a retirada de palhas. Após a picagem e transporte para o Campus da UNOPAR, o material foi colocado sobre uma lona plástica e separado em quantidades suficientes para encher quatro silos de cada um dos seis tratamentos constituídos por silagem de cana-de-açúcar sem aditivos (CON); com *Lactobacillus buchneri* (LB); e este associado com *Lactobacillus plantarum* (LB/PLA); uréia (LB/URE) ou cal virgem (LB/CAL); e unicamente cal virgem (CAL). O *L. buchneri* (cepa NCIMB 40788) e o *L. plantarum* foram adicionados na dose de 2×10^6 ufc/g de matéria verde (MV) em todos os tratamentos que os continham, através de borrifação manual de solução aquosa (2 L/t de MV) sobre uma camada de cana-de-açúcar picada distribuída sobre lona plástica. A uréia foi adicionada na dose de 1.0% da MV, na forma granulada, e a cal virgem, contendo mínimo de 90% de óxido de cálcio, na dose de 0.5% da MV, diluído na proporção de 1 kg/4 L de água.

Após a homogeneização da cana-de-açúcar com os aditivos, a mesma foi acondicionada em sacos plásticos dentro de silos de papelão espesso e rígido, providos de fundo e tampa de plástico rígido, com capacidade para 18 L e compactados até densidade média de 414 ± 29

kg/m³. No fundo dos silos, dentro do saco plástico, foi colocado, em média, 1.9 kg de areia seca para absorver efluentes. Sobre a areia foi colocada tela plástica e tecido de algodão (fralda) para evitar contato entre forragem e areia. Na tampa foi colocada válvula tipo Bunsen para possibilitar eliminação de gases. Antes do enchimento, todos os componentes do silo foram pesados separadamente e, também, pesado o silo após o seu enchimento e vedação da tampa com fita auto-adesiva. Os silos foram mantidos em sala com temperatura ambiente durante 104 d, até a sua abertura.

Para avaliação da cinética de perdas com gases, semanalmente, os silos foram pesados e as perdas determinadas através da diferença de peso, em relação ao peso inicial. As perdas com efluentes foram determinadas através da diferença de peso do conjunto silo vazio, areia, tecido e tela plástica antes do enchimento e após a sua abertura, conforme Jobim *et al.* (2007).

Antes do enchimento dos silos de cada tratamento foi coletada uma amostra representativa do tratamento. Após a abertura dos mesmos, foram coletadas amostras de cada repetição (24 silos), as quais foram conservadas em -20°C até realização das análises laboratoriais. As amostras foram pré-secadas em estufa à 55°C durante 72 h, moídas em moinho de facas tipo Willey com peneira de 1 mm, seguido de secagem em estufa à 110°C durante 24 h. Foram determinados os teores de MS, proteína bruta

(PB), extrato etéreo (EE) e cinzas (MM), conforme procedimentos descritos por Silva e Queiroz (2002). As determinações de FDN e FDA foram realizadas de conforme Van Soest *et al.* (1991), utilizando amilase e sulfito de sódio nas determinações de FDN.

As perdas totais ocorridas durante a ensilagem foram determinadas considerando o peso e a concentração das diferentes frações bromatológicas no material, no enchimento e após a abertura dos silos, conforme Jobim *et al.* (2007).

O pH da silagem foi determinado através da metodologia descrita por Kung Junior (1996), através da

trituração de 50 g de amostra colhida e analisada imediatamente após abertura do silo, com umidade natural, adicionada de 450 mL de água deionizada, em liquidificador, durante um minuto, utilizando potenciômetro.

Os dados foram analisados estatisticamente em delineamento inteiramente ao acaso, considerando seis tratamentos com quatro repetições, através de análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey com 5% de significância, utilizando-se o pacote estatístico Statistica for Windows 8.0 (Statsoft, 2007).

Resultados e Discussão

A composição químico-bromatológica do material antes de ser ensilado e após a abertura dos silos experimentais é demonstrada na Tabela 1. O teor médio de MS da cana-de-açúcar antes da ensilagem foi de 23.30%, o qual é abaixo dos teores ideais de 25 a 35%, recomendados por McDonald *et al.* (1991) e Cheeke (1999). Estes autores afirmam que teores de MS abaixo 25%

aumentam a extensão da fermentação de carboidratos solúveis, a contagem de bactérias lácticas e favorecem, também o desenvolvimento de *Clostridium*, que são produtoras de ácido butírico, além de favorecer as perdas com efluentes. Após a abertura dos silos, os teores de MS diminuíram ($P < 0.01$), em média 3.94 unidades percentuais em relação aos valores antes do fechamento. As perdas de 3.73% da MV, em média, com

Tabela 1. Composição químico-bromatológica da cana-de-açúcar com aditivos antes do fechamento e após abertura dos silos nos diferentes tratamentos

Tratamentos ¹	Frações químico-bromatológicas (% da MS) ²					
	MS	PB	EE	FDN	FDA	MM
Antes do fechamento						
CON	21.88	3.80	2.67	63.45	39.61	3.93
CAL	23.38	4.17	1.07	60.57	39.61	10.01
LB/CAL	24.69	3.78	2.41	57.04	37.85	12.11
LB/PLA	22.93	4.15	1.62	62.88	40.39	3.61
LB/URE	22.35	14.02	4.41	65.90	41.95	3.69
LB	24.57	3.89	2.68	63.72	41.30	4.35
Média	23.30	5.63	2.48	62.26	40.12	6.28
Após abertura dos silos ³						
CON	18.95	4.75b	1.64a	75.11a	52.32d	4.63c
CAL	18.93	3.93e	0.93c	74.42a	59.20a	10.77b
LB/CAL	19.60	4.60bc	0.93c	74.38a	57.17b	12.62a
LB/PLA	19.67	4.37d	1.49ab	73.80a	52.38d	4.22d
LB/URE	19.67	17.37a	1.33b	72.13b	56.31c	4.44cd
LB	19.76	4.51cd	1.62a	74.42a	51.75e	4.61c
Média	19.36	6.59	1.33	74.04	54.85	6.88
DP ⁴	0.55	4.93	0.32	1.10	2.91	3.53

¹CON: cana-de-açúcar sem aditivos; CAL: cana-de-açúcar com 0,5% de cal virgem; LB/CAL: cana-de-açúcar com *Lactobacillus buchneri* e 0,5% de cal virgem; LB/PLA: cana-de-açúcar com 2×10^6 ufc/g de *Lactobacillus buchneri* e *Lactobacillus plantarum*; LB/URE: cana-de-açúcar com 2×10^6 ufc/g de *Lactobacillus buchneri* e 1% de uréia; LB: cana-de-açúcar com 2×10^6 ufc/g de *Lactobacillus buchneri* na matéria natural de cana-de-açúcar;

²MS: matéria seca, % da matéria natural; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; MM: cinzas;

³a, b, c, d: médias com letras diferentes nas colunas diferem ($p < 0,05$) no teste de Tukey;

⁴DP: desvio padrão.

efluentes (Tabela 2) não foram suficientes para elevar o teor de MS após abertura dos silos.

Muraro *et al.* (2009) observaram aumento do teor de MS de 16.31 para 25.31%, redução do teor de FDN de 75.61 para 60.38%, FDA de 43.59 para 36.22% e MM de 7.16 para 4.58% da MS com o avanço da idade de 180 a 420 d de desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar e atribuíram estas variações ao acúmulo de sacarose promovido pela maturidade da planta, o qual tem efeito diluente do teor de outras frações. Estes autores também observaram redução média de 5.74 e 6.24 unidades percentuais dos teores de MS durante a ensilagem das cana-de-açúcar de 240 e 420 dias de idade, respectivamente.

A cana-de-açúcar se caracteriza por ter uma elevada população de leveduras epifíticas que podem alcançar até 107 ufc/g de MV (Pedroso *et al.* 2005; Cabral Junior *et al.*, 2009), as quais, em altas concentrações de glicose ou sob anaerobiose, degradam intensamente ácidos orgânicos e carboidratos solúveis até dióxido de carbono, etanol e água (Chapman e Bartley, 1968; McDonald *et al.*, 1991; Pahlow *et al.*, 2003). Este fato pode contribuir para explicar o aumento do teor de água durante o período de fermentação no presente trabalho.

O baixo teor de PB na cana-de-açúcar é um dos fatores limitantes de sua utilização na alimentação de ruminantes (Pereira *et al.*, 2001). No presente trabalho, os teores de PB das silagens sem adição de uréia foram similares ao encontrado por Zopolatto *et al.* (2009) que, em revisão de literatura, observaram variação de 1.7 a 5.1 e média de 3.2%. A adição de 1.0% de uréia resultou em elevação do teor de PB e, conseqüentemente, aumento do desvio padrão desta variável.

O teores médios de 62.25 % de FDN e 40.12% de FDA encontrados na cana-de-açúcar antes da ensilagem, foram superiores aos teores médios de 57.68±4.58% (n = 38) e 34.02 ± 2.88% (n = 39), respectivamente, encontrados na Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos (Valadares *et al.*, 2006). Carvalho *et al.* (2010), pesquisando em nove genótipos de cana-de-açúcar encontraram teores médios de FDN no colmo e folhas de 38.2 e 68.7%, respectivamente, e nas plantas inteiras colhidas em maio e setembro observaram 53.0 e 44.4% de FDN na MS, respectivamente. Rodrigues *et al.* (1997) avaliando 11 variedades de cana-de-açúcar colhidas aos 15 meses pós-plantio, observaram teores de FDN variando de 45.19 a 56.47% na planta inteira e 76.6 a 80.8% nas folhas. Considerando estes resultados, uma possível causa do maior teor de parede celular na cana-de-açúcar do presente trabalho pode ser uma maior proporção de folhas, além de menor acumulação de sacarose devido seu corte ter sido em período pós-maturação ou rebrota (dezembro).

Após a abertura dos silos, os teores de FDN do material ensilado se elevaram 11.78 unidades percentuais, em média, comparativamente a antes do fechamento, resultando em média de 72%, o qual é superior a média de 65.1% (n = 26) encontrado por Zopolatto *et al.* (2009). A elevação do teor de FDN durante a ensilagem resulta da degradação de carboidratos solúveis, principalmente sacarose, durante a fermentação com conseqüente aumento nas proporções das frações menos solúveis, tal como a FDN, na MS total (Castro Neto *et al.*, 2003; Evangelista *et al.*, 2003; Balieiro *et al.* 2009).

A adição de uréia associada ao *Lactobacillus buchneri* (LB/URE) na ensilagem, resultou em perdas com gases e efluentes, e recuperação de MS semelhantes ao tratamento CON, mas o teor e a recuperação de FDN foram inferiores ao mesmo tratamento. A uréia, ao ser

Tabela 2. Valores de pH, recuperação de MS (%), FDN (%), perdas por efluentes (kg/t MV) e gases (% da MS) em silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e microbianos

Tratamentos ¹	pH	Recuperação ^{2,3}		Perdas	
		MS	FDN	Efluentes	Gases
CON	3.53b	80.20a	94.94ab	40.30ab	15.37ab
CAL	5.20a	75.22bc	92.42abc	30.23bc	17.46a
LB/CAL	4.89a	73.91c	96.38a	23.80c	18.41a
LB/PLA	3.54b	79.77ab	93.62ab	38.31b	13.96b
LB/URE	3.83b	79.50ab	87.02c	38.95ab	17.38a
LB	3.61b	73.79c	86.18c	52.50a	12.14b
Média	4.10	77.06	91.76	37.3	15.79
DP ⁴	0.71	3.46	4.65	10.6	2.60

¹Tratamentos: CON = sem aditivos; CAL: com 0,5% cal vagem; LB/CAL: com 2x10⁶ ufc/g de *Lactobacillus buchneri* e 0.5% de cal vagem; LB/PLA: 2x10⁶ ufc/g de *Lactobacillus buchneri* e 2x10⁶ ufc/g de *Lactobacillus plantarum*; LB/URE: 2x10⁶ ufc/g de *Lactobacillus buchneri* e 1.0% de uréia; LB: 2x10⁶ ufc/g de *Lactobacillus buchneri* na matéria natural de cana-de-açúcar;

²a, b, c: Letras diferentes na mesma coluna diferem (p<0.05) no teste de Tukey;

³MS: matéria seca; FDN: fibra em detergente neutro;

⁴DP: Desvio padrão.

adicionado na silagem, sofre a ação de urease secretada pela população microbiana com liberação de amoníaco, a qual inibe o crescimento de fungos e leveduras (Alli *et al.*, 1983; Depasquale e Montville, 1990; Kung *et al.*, 2000). Ao se ligar à água, o amoníaco forma o hidróxido de amônio, capaz de solubilizar os componentes da parede celular, principalmente a hemicelulose, reduzindo a FDN do material (Reis *et al.*, 1990), possibilitando melhoria na digestibilidade dos constituintes celulares (Sundstøl *et al.*, 1982). Pedroso *et al.* (2007), adicionando 1.0% de uréia na MV de cana-de-açúcar durante a ensilagem encontraram redução de 10% dos teores de FDN e FDA, além de diminuição de 58% das perdas de MS. Siqueira *et al.* (2007), observaram aumento do pH (4.6 vs 3.7), redução do teor de FDN (67.5 vs 75.3%) e aumento da digestibilidade *in vitro* (45.8 vs 35.1%) de cana-de-açúcar ensilada com 1.5% de uréia na MS associada *L. buchneri*, comparado ao tratamento sem aditivos.

A diminuição do teor de FDN é desejável na nutrição de ruminantes, pois esta fração possui baixa digestibilidade. Carvalho *et al.* (2010) observaram digestibilidade de FDN *in vitro* variando de 14.5 a 23.8% em cana-de-açúcar fresca de nove genótipos colhidos com idade de corte de 11 e 15 meses. Estes autores também observaram correlação negativa de 0.99 do teor de FDN com a digestibilidade *in vitro* da MS da cana-de-açúcar fresca. Rodrigues *et al.* (1997) recomendam valores abaixo de 52% de FDN, considerando possibilidade de limitação do consumo de silagem e o desempenho de bovinos.

A adição de cal virgem na ensilagem resultou em maiores valores de pH, menores recuperações de MS e perdas com efluentes. Embora o pH tenha pouco significado para o crescimento de leveduras, pois estes microorganismos podem sobreviver em pH até inferior a 2.0, valores finais de pH acima de 3.8 a 4.2, ou o atraso no seu abaixamento, podem propiciar o crescimento de outros microorganismos indesejáveis dentro do silo, resultando em elevadas perdas fermentativas (McDonald *et al.*, 1991). As menores recuperações de MS quando foi adicionada cal virgem, resultam de maiores perdas de conteúdo celular, tal como sacarose, na fermentação, pois os teores e a recuperação de FDN não diferiram do tratamento CON.

O óxido de cálcio, contido na cal virgem, é um aditivo alcalinizante cuja ação se baseia na formação de hidróxido de cálcio na presença de

água, que, segundo Berger *et al.* (1994), é um agente alcalino com moderado poder de hidrólise da fibra. Contrário ao presente estudo, Santos *et al.* (2008), pesquisando efeitos da adição de 1.0 e 1.5% de óxido de cálcio na MS de silagem de cana-de-açúcar, observaram redução das perdas de totais de 34.31 para 16.90% e perdas gasosas de 32.11 para 15.12% da MS quando utilizaram 1.0% de óxido de cálcio, comparado ao tratamento sem aditivos, e afirmam que a possível explicação para esse efeito foi a redução da atividade de água, com conseqüente inibição do crescimento de leveduras. Balieiro Neto *et al.* (2007) concluíram que a adição de 0.5 e 1.0% de óxido de cálcio não foi eficiente para reduzir o consumo de carboidratos não-fibrosos durante a fermentação, enquanto a adição de 1.0% de óxido de cálcio foi capaz de reduzir o teor de FDN (63.34 vs 58.53), além de melhorar a digestibilidade (62.11 vs 70.70) após a abertura dos silos.

A média obtida de perdas com gases (Tabela 2) foi semelhante a 17.9% (n = 9) verificada por Zopollato *et al.* (2009) em revisão de literatura, porém os aditivos utilizados não foram eficientes para diminuir estas perdas comparativamente ao tratamento CON.

Os efeitos da adição de apenas *L. buchneri* na ensilagem de cana-de-açúcar divergem entre os diferentes estudos. Pedroso *et al.* (2007) encontraram no tratamento com *L. buchneri* uma redução de 56% da perda total de MS, 13% na produção de gases e produção de efluentes 51% maior que no tratamento sem aditivos. Mais recentemente, Schmidt *et al.* (2011) encontraram aumento das perdas de MS (14.4 vs 21.3%) e, ao contrário do presente estudo, as perdas com gases também foram maiores (13.9 vs 20.8%) quando inocularam a cana-de-açúcar com *L. buchneri*, comparado com o tratamento sem aditivos. Uma possível explicação para esses resultados divergentes são as condições experimentais em que os trabalhos foram realizados. Kung Junior (2009) afirma que a efetividade dos inoculantes microbianos pode ser afetada pelo tipo de cepa, a viabilidade e número de ufc/g inoculada, teor de água, carboidratos solúveis, temperatura e grau de compactação da forragem, número e a distribuição da população epifítica na forragem ensilada, além de possíveis efeitos de fagos e bacteriocinas da população epifítica.

Na Figura 1 é demonstrada a cinética de perdas com gases durante o período de fermentação. Embora as maiores taxas de perdas tenham ocorrido nos 15 dias iniciais, estas ainda não haviam se estabilizado após 104 dias de ensilagem. Pedroso *et al.* (2005), pesquisando silagem de cana-de-açúcar sem aditivos, ensilada em densidade de 450 kg/m³, observaram estabilização das perdas gasosas (16%) e de MS (29%) após 45 dias de fermentação.

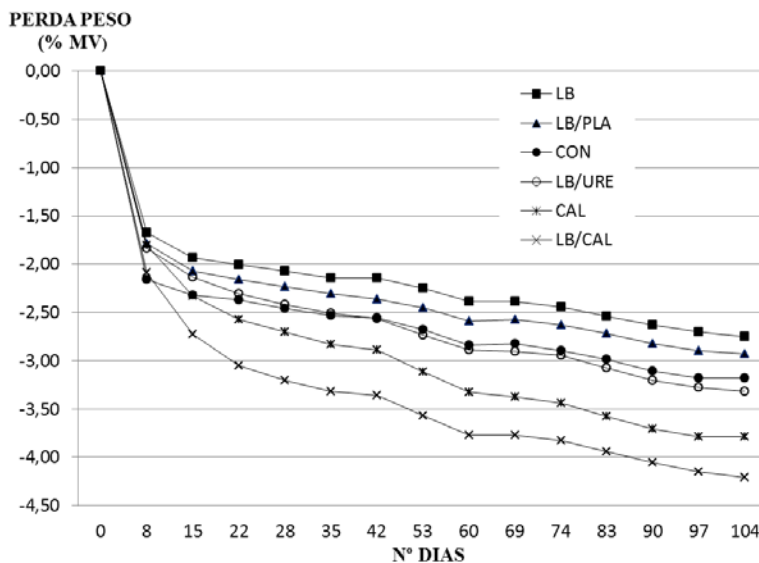


Figura 1. Cinética das perdas gasosas (% da matéria verde) durante a fermentação da silagem da cana-de-açúcar sem aditivos (CON) ou com adição de *Lactobacillus buchmeri* (LB) na dose de 2×10^6 ufc/g de matéria verde, este associado a *Lactobacillus plantarum* (LB/PLA) na dose 2×10^6 ufc/g de matéria verde, uréia (LB/URE) na dose de 1% da matéria verde e 0,5% da matéria verde de cal virgem isoladamente (CAL) ou associado com de *Lactobacillus buchmeri* (LB/CAL) na dose de 2×10^6 ufc/g de matéria verde.

Conclusão

Durante a fermentação na ensilagem de cana-de-açúcar ocorre aumento dos teores de água e fibras, mas a adição de *Lactobacillus buchmeri* associado à 1% de uréia na MV resulta em menor elevação do teor e recuperação de FDN.

Os aditivos utilizados não foram eficientes para a redução das perdas de MS, FDN e com produção de gases. A adição de 0,5% de cal virgem na MV, isoladamente ou associado a *L. buchmeri*, diminui as perdas com efluentes na ensilagem de cana-de-açúcar.

Literatura Citada

- Alli, I., R. Fairbairn, B. E. Baker, and G. Garcia. 1983. The effects of ammonia on the fermentation of chopped sugarcane. *Anim. Feed Sci. Technol.* 9:291-299.
- Balheiro Neto, G., G. R. Siqueira, R. A. Reis, J. R. Nogueira, M. T. P. Roth, e A. P. T. P. Roth. 2007. Óxido de cálcio como aditivo na ensilagem de cana-de-açúcar. *Rev. Bras. Zoot.* 36:1231-1239.
- Balheiro Neto, G., G. R. Siqueira, J. R. Nogueira, R. A. Reis, A. P. T. P. Roth e M. T. P. Roth. 2009. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar aditivadas com cal virgem. *Rev. Bras. Saúde e Prod. Anim.* 10:24-33.
- Berger, L. L., G. C. Fahey Jr., L. O. Bourquim, and E. C. Titgemeyer. 1994. Modification of forage quality after harvest. In: Fahey Jr., G. C. (Ed). *Forage quality, evaluation and utilization*. Amer. Soc. Agron., 1:922-966.
- Cabral Junior, C., D. Silva, E. Amorim, W. Esfrain, E. Miranda, D. Pinheiro e J. Carnauba. 2009. Análise multivariada da microflora epifítica em *S. officinarum* ensilada com *G. sepium*. *Arch. Zoot.* 58:395-404.
- Castro Neto, A. G., D. Ferreira, L. Molina, L. C. Gonçalves, I. Borges e W.M. Nunes. 2003. Avaliação de silagens de cana-de-açúcar submetidas a diferentes tratamentos: II. Proteína bruta, frações fibrosas e digestibilidade «*in vitro*» da matéria seca. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 40. Anais. Santa Maria, CD-ROM. (Resumo).
- Carvalho, M. V., P. H. M. Rodrigues, M. I. P. Lima, I. A. dos Anjos, M. G. A. Landell, M. V. dos Santos e L. F. P. Silva. 2010. Composição bromatológica e digestibilidade de cana-de-açúcar colhida em duas épocas do ano. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.* 47:298-306.
- Chapman, C. and W. Bartley. 1968. The kinetics of enzymes changes in yeast under conditions that cause the loss of mitochondria. *Biochem. J.* 107:455-465.
- Cheeke, P. R. 1999. *Applied Animal Nutrition: Feeds and Feeding* (2nd. Ed.). Prentice-Hall, New Jersey. 525 p.
- Depasquale, D. A. and T. J. Montville. 1990. Mechanism by which ammonium bicarbonate and ammonium sulfate inhibit mycotoxigenic fungi. *Appl. Environ. Microbiol.* 56:3711-3717.

- Evangelista, A. R., J. A. Lima, G. R. Siqueira, R. V. Santos, R. A. V. Santana e J. Lopes. 2003. Perfil de fermentação da silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum spp* L.). Em: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 40. Anais. Santa Maria, CD-ROM. (Resumo).
- Jobim, C. C., L. G. Nussio, R. A. Reis e P. Schmidt. 2007. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Rev. Bras. Zoot.* 36 (Suppl.):101-119.
- Kung Junior, L. 1996. Preparation of silage water extracts for chemical analyses. Standard operating procedure-001 2.03.96. Ed. University of Delaware. Ruminant Nutrition Laboratory. Newark, Delaware. 309 p.
- Kung Junior, L., J. R. Robinson, N. K. Ranjit, J. H. Chen, C. M. Gold, and J. D. Pesek. 2000. Microbial populations, fermentation end-products, and aerobic stability of corn silage treated with ammonia or a propionic acid-based preservative. *J. Dairy Sci.* 83:1479-1486.
- Kung Junior, L. 2009. Potential factors that may limit the effectiveness of silage additives. In: Broderick, G. A., Adesogan A. T., Bocher, L. W., Bolsen, K. K., Contreras-Govea F. E., Harrison J. H., and Muck R. E. (Eds). XV International Silage Conference. Proceedings. Madison, Wisconsin. p. 37-45.
- McDonald, P., A. R. Henderson, and S. J. E. Heron. 1991. *The Biochemistry of Silage* (2nd Ed.). Chalcomb Publications, Marlow, Bucks, UK. 340 p.
- Muraro, G. B., P. Rossi Junior, V. C. Oliveira, P. M. C. Granzotto, e A. L. B. Schogor. 2009. Efeito da idade de corte sobre a composição bromatológica e as características da silagem de cana-de-açúcar plantada em dois espaçamentos e três idades de corte. *Rev. Bras. Zoot.* 38:1525-1531.
- Oude Elferink, S. J. H. W., J. Krooneman, J. C. Gottschal, S. Spoelstra, F. Faber, and F. Driehuis. 2001. Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanediol by *Lactobacillus buchneri*. *Appl. Environ. Microbiol.* 67(1):125-132.
- Pahlow, G., R. E. Muck, F. Driehuis, S. J. W. H. Oude Elferink, and S. F. Spoelstra. 2003. Microbiology of ensiling. In: D. R. Buxton, R. E. Muck, and J. H. Harrison (Eds.) *Silage science and technology*. American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America. Madison. p. 31-93.
- Pedroso, A. F., L. G. Nussio, D. R. S. Loures, S. F. Paziani, M. S. Igarasi, R. M. Coelho, J. Horii e A. A. Rodrigues. 2007. Efeito do tratamento com aditivos químicos e inoculantes bacterianos nas perdas e na qualidade de silagens de cana-de-açúcar. *Rev. Bras. Zoot.* 36:558-564.
- Pedroso, A. F., L. G. Nussio, S. F. Paziani, D. R. S. Loures, M. S. Igarasi, R. M. Coelho, I. H. Packer, J. Horii e L. H. Gomes. 2005. Dinâmica da fermentação e da microflora epífita em silagem de cana-de-açúcar. *Scientia Agrícola* 62:427-432.
- Pereira, E. S., A. C. Queiroz, M. Paulino, P. R. Cecon, S. C. Valadares Filho, L. F. Miranda, A. M.V. Arruda, A. M. Fernandes e L. S. Cabral. 2001. Fontes nitrogenadas e uso de *Sacharomyces cerevisiae* em dietas à base de cana-de-açúcar para novilhos: consumo, digestibilidade, balanço nitrogenado e parâmetros ruminais. *Rev. Bras. Zoot.* 30:563-572.
- Reis, R. A., R. Garcia e D. Silva. 1990. Efeito da aplicação de amônia anidra sobre a composição química e digestibilidade *in vitro* de fenos de três gramíneas tropicais. *Rev. Bras. Zoot.* 19:219-224.
- Rodrigues, A. A., O. Primavesi e S. N. Esteves. 1997. Efeito da qualidade de variedades de cana-de-açúcar sobre seu valor como alimento para bovinos. *Pesq. Agropec. Bras.* 32:1333-1338.
- Santos, M. C., L. G. Nussio, G. B. Mourão, P. Schmidt, L. J. Mari, e J. L. Ribeiro. 2008. Influência da utilização de aditivos químicos no perfil da fermentação, no valor nutritivo e nas perdas de silagens de cana-de-açúcar. *Rev. Bras. Zoot.* 37:1555-1563.
- Schmidt, P., P. Rossi Junior, D. Junges, L. T. Dias, R. Almeida e L. J. Mari. 2011. Novos aditivos microbianos na ensilagem da cana-de-açúcar: composição bromatológica, perdas fermentativas, componentes voláteis e estabilidade aeróbia. *Rev. Bras. Zoot.* 40:543-549.
- Siqueira, G. R., R. A. Reis, R. P. Schocken-Iturrino, T. F. Bernardes, A. J. V. Pires, M. T. P. Roth e A. P. T. P. Roth. 2007. Associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. *Rev. Bras. Zoot.* 36:789-798.
- Silva, D. J. e A. C. Queiroz. 2002. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos* (3. Ed). Editora UFV. Viçosa, Minas Gerais. 235 p.
- Statsoft. 2007. *Statistica for Windows* (Data Analysis Software System). Version 8.0. Statsoft, Inc., Tulsa, Oklahoma.
- Sundstøl, F., E. Coxworth, and D. N. Month. 1982. Improving the nutritive value of straw and other low quality forages by treatment with ammonia. *World Anim. Rev.* 26:13-21.
- Valadares Filho, S. C., K. A. Magalhães, V. R. Rocha Júnior e E. R. Capelle. 2006. Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. CQBAL 2.0 (2nd Ed.). Universidade Federal de Viçosa. Suprema Gráfica Ltda, Viçosa, Minas Gerais. 329 p.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.
- Zopollatto, M., J. L. P. Daniel, e L. G. Nussio. 2009. Aditivos microbiológicos em silagens no Brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de animais. *Rev. Bras. Zoot.* 38:170-189.