

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CANA-DE-AÇÚCAR HIDROLISADA PARA VACAS EM
LACTAÇÃO**

Mariana Paula Rossi Sforcini

Zootecnista

2014

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CANA-DE-AÇÚCAR HIDROLISADA PARA VACAS EM
LACTAÇÃO**

Mariana Paula Rossi Sforcini

Orientador: Prof. Dr. Mauro Dal Secco de Oliveira

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

2014

S523c Sforcini, Mariana Paula Rossi
Cana-de-açúcar hidrolisada para vacas em lactação / Mariana
Paula Rossi Sforcini. – – Jaboticabal, 2014
viii, 66 f. : il. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014
Orientador: Mauro Dal Secco de Oliveira
Banca examinadora: Flávia Fernanda Simili, Luiz Carlos Roma
Júnior, Atushi Sugohara, Paulo de Figueiredo Vieira
Bibliografia

1. Bovino-produção de leite. 2. Bovino-agentes hidrolisantes. 3.
Bovino-consumo de nutrientes. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.2:636.085



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: CANA-DE-AÇÚCAR HIDROLISADA PARA VACAS EM LACTAÇÃO

AUTORA: MARIANA PAULA ROSSI SFORCINI

ORIENTADOR: Prof. Dr. MAURO DAL SECCO DE OLIVEIRA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MAURO DAL SECCO DE OLIVEIRA

Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Profa. Dra. FLÁVIA FERNANDA SIMILI

Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios / Ribeirão Preto/SP

Prof. Dr. LUIZ CARLOS ROMA JÚNIOR

Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios / Ribeirão Preto/SP

Prof. Dr. ATUSHI SUGOHARA

Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. PAULO DE FIGUEIREDO VIEIRA

Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 22 de janeiro de 2014.

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

MARIANA PAULA ROSSI SFORCINI – Nascida na cidade de São Paulo – SP, no dia 13 de Março de 1981, filha de Luiz Dante Sforcini e Maria Abadia Rossi Sforcini. Ingressou no curso de Zootecnia na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal em Março de 2001, onde em Dezembro de 2005 obteve o título de Zootecnista. Em Março de 2007, ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia defendendo sua dissertação intitulada “SILAGEM DE MILHO, CANA-DE-AÇÚCAR *in natura* E HIDROLISADA, PARA VACAS EM LACTAÇÃO.” em 26 de Junho de 2009, onde foi bolsista CNPq orientação do Prof. Dr. Mauro Dal Secco de Oliveira. Em março de 2010, iniciou o Curso de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp - Campus de Jaboticabal, onde foi bolsista do CAPES, com orientação do Prof. Dr. Mauro Dal Secco de Oliveira, defendendo tese em janeiro de 2014.

*“De tudo, ficaram três coisas:
a certeza de que estamos começando...
a certeza de que precisamos continuar...
a certeza de que seremos interrompidos antes de terminar.
Portanto devemos:
fazer da interrupção, um caminho novo...
da queda, um passo de dança...
do medo uma escada...
do sonho uma ponte...
da procura um encontro...”*
Fernando Sabino

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais volta ao seu tamanho original” Albert einstein

DEDICO

A Deus

Por iluminar meu caminho.

Aos meus pais, Luiz Dante Sforcini e

Maria Abadia Rossi Sforcini

*Por todo o amor, carinho, amizade, apoio, incentivo e por toda
confiança que têm e sempre tiveram em
mim.*

A minha irmã Luiza Paula

*Por ser um grande exemplo de vida e pelo
amor incondicional que nos une.*

AMO VOCÊS !!!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me iluminado e estar sempre guiando meus passos.

À Capes, pela concessão da bolsa de estudos.

À **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)**, pela auxílio financeiro à pesquisa concedido (Processo nº 2010/ 05721-0).

À **FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS – FCAV/UNESP - Câmpus de Jaboticabal**, pela oportunidade de realização do curso de doutorado.

Ao **Prof. Dr. Mauro Dal Secco de Oliveira**, pela oportunidade, orientação, ensinamentos, amizade, respeito, apoio e confiança durante todas as etapas deste trabalho.

Aos Professores. Dr. Atushi Sugohara, Dra. Maria Regina Barbieri de Carvalho, Dra. Jane Maria Bertocco Ezequiel e Dr. Paulo de Figueiredo Vieira pelos ensinamentos e participação na banca do projeto e qualificação.

À **Prof. Dr. Telma Teresinha Berchielli**, por disponibilizar o animal canulado para realização da digestibilidade *in vitro*.

Ao **Prof. José Carlos Barbosa**, pelo auxílio nas análises estatísticas.

S. Orlando e Ana Paula (LANA) pelo auxílio nas análises laboratoriais.

Aos **Meus Pais**, pela educação que me ofereceram e por nunca terem me deixado fraquejar.

Aos membros da comissão examinadora, **Dra. Flávia Fernanda Simili, Dr. Luiz Carlos Roma Júnior, Dr. Atushi Sugohara e Dr. Paulo de Figueiredo Vieira** por terem aceitado meu convite e ter feito correções e sugestões que contribuíram para a melhoria da qualidade deste trabalho.

Aos **funcionários da Granja Leiteira (Marrom, Biro, Debonis, Alberto, Gazeta e Cristiane “in memorian”)**, obrigada por toda ajuda, compreensão, amizade e apoio.

À Prof. Sandra Possebon Gatti e os alunos do colégio técnico agrícola, em especial ao Edson Coltri, pelo auxílio durante o experimento.

Aos estagiários que passaram pelo setor durante o experimento, Natália Cesaretto, Rafael “Topera” e Thais Paixão.

Aos amigos de pós-graduação Marcela Magalhães, Juliana Ferraz, Maria Fernanda, Leonardo Pascoal, Alessandro, Viviane Corrêa, Fabiana Almeida e Josimari Paschoaloto (Raxinha) pelo convívio, ajuda e troca de idéias.

Aos colegas de orientação Anibal, José Esler, Guilherme Abud, Vanessa Amaro, Viviane Endo e Viviane Borba , em especial ao Regis que me auxiliou neste trabalho, me ensinou muito na parte academica e me concedeu enorme amizade.

À minha amiga-irmã **Mysea** (*in memorian*), pelos anos de amizade, carinho, desabafos, por me ensinar o quão valioso é uma verdadeira amizade e “...qualquer dia amiga a gente vai se encontrar”.

A todos que não foram citados, mas que colaboraram de alguma forma, muito obrigado.

SUMÁRIO

	Página
CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS.....	iii
LISTA DE TABELAS.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	v
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	5
2.1 Cana-de-açúcar como volumoso.....	5
2.2 O processo de hidrólise.....	7
2.3 As cales e sua origem.....	10
2.4 Cana-de-açúcar hidrolisada.....	13
2.5 Silagem de milho na alimentação de vacas leiteiras.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1 Local.....	20
3.2 Animais.....	20
3.3 Alimentos e alimentação.....	21
3.4 Composição dos alimentos.....	24
3.5 Digestibilidade <i>in vitro</i>	25
3.6 Produção e composição do leite.....	26
3.7 Parâmetros sanguíneos.....	28
3.8 Análise parcial de custo.....	29
3.9 Análise estatística.....	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.1 Consumo de nutrientes e digestibilidade <i>in vitro</i>	31
4.2 Produção e composição do leite.....	35
4.3 Parâmetros sanguíneos.....	39
4.4 Análise de custos.....	42
5. CONCLUSÕES.....	46
6. REFERÊNCIAS.....	47

7. IMPLICAÇÕES	64
----------------------	----



"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal



CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo nº 029856/09 do trabalho de pesquisa intitulado **"Efeitos de dietas contendo diferentes volumosos sobre o desempenho de vacas leiteiras"**, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Mauro Dal Secco de Oliveira está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal, adotado pelo Colégio Brasileiro de Experimentação (COBEA) e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), em reunião ordinária de 26 de janeiro de 2010.

Jaboticabal, 26 de janeiro de 2010.

Prof. Dr. Jeffrey Frederico Lui
Presidente - CEUA

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Composição química parcial das cales virgem e hidratada micropulverizada	12
Tabela 2. Médias das temperaturas máxima, mínima, média, precipitação e umidade relativa do ar (UR) de agosto a outubro de 2010.....	20
Tabela 3. Composição bromatológica, em porcentagem na matéria seca, dos volumosos e dos ingredientes do concentrado.....	24
Tabela 4. Composição bromatológica média, em porcentagem na matéria seca, das dietas.....	25
Tabela 5. Consumo e digestibilidade <i>in vitro</i> dos nutrientes em função dos níveis de cana-de-açúcar hidrolisada na dieta.	32
Tabela 6. Médias de produção de leite (PL), produção de leite corrigida para 3,5% de gordura (PL3,5G), gordura, densidade, extrato seco total (EST), extrato seco desengordurado (ESD) e eficiência produtiva (EP) em função dos níveis de cana-de-açúcar hidrolisada na dieta.....	37
Tabela 7. Metabolitos plasmáticos em função dos níveis de cana-de-açúcar na dieta.....	39
Tabela 8. Médias de consumo de concentrado (CC), de volumoso (VC), produção de leite (PL), preço de venda do leite, custo com concentrado (CCon), volumoso (CVol), custo com alimentação (CA), receita, margem bruta (MB), eficiência financeira (EFinanceira), custo/benefício, equações de regressão (ER), coeficientes de variação (CV) e de determinação (R^2) em função dos níveis de cana-de-açúcar hidrolisada na dieta.....	43

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Expansão das moléculas de celulose quando tratada com agentes alcalinos, através da redução das ligações intermoleculares das pontes de hidrogênio, as quais ligam as moléculas de celulose (adaptado de MOTA, 2008).....	8
Figura 2. Reação da hidrólise alcalina entre os carboidratos estruturais da parede celular e o hidróxido de cálcio (adaptado de MOTA, 2008).....	9
Figura 3. Vista das instalações juntamente com o fornecimento da alimentação no cocho. Elaborada pela autora.....	21
Figura 4. Preparo da calda com a cal (a); aplicação da calda sobre a cana-de-açúcar picada (b) e homogeneização da calda com a cana-de-açúcar picada (c). Elaborada pela autora.....	22
Figura 5. Volumosos utilizados (a = cana-de-açúcar hidrolisada e b = silagem de milho). Elaborada pela autora.....	23
Figura 6. Fermentador ruminal DAISY II e sacos de fermentação da Ankom®. Elaborada pela autora.....	25
Figura 7. Sala de ordenha e coleta de amostra de leite. Elaborada pela autora.....	27
Figura 8. Punção de sangue da veia coccígea. Elaborada pela autora.	28

CANA-DE-AÇÚCAR HIDROLISADA PARA VACAS EM LACTAÇÃO

RESUMO – Este trabalho teve como objetivo estudar as diferentes proporções de cana-de-açúcar hidrolisada e silagem de milho na alimentação de vacas leiteiras através da composição bromatológica, consumo de nutrientes, digestibilidade *in vitro*, parâmetros sanguíneos, produção de leite, composição do leite e avaliação econômica parcial das dietas. Foram utilizadas oito vacas da raça Holandesa, distribuídas em dois quadrados latinos 4 x 4, com quatro períodos de 19 dias cada, sendo 14 dias de adaptação e cinco dias de coleta. As vacas foram alimentadas com dietas contendo 100% de cana-de-açúcar hidrolisada (CH); 70% de CH + 30% de silagem de milho (SM); 50% CH + 50% SM; e 100% SM. O concentrado foi fornecido na proporção de 1 kg para cada 2,5 kg de leite produzido. A cana-de-açúcar utilizada foi a IAC 862480 com 12 meses de crescimento, picada no tamanho de partícula de 8 mm, hidrolisada com 0,5% de cal hidratada (95% de hidróxido de cálcio) + 2,0 litros de água + 100kg de cana-de-açúcar picada, com base na matéria natural. As dietas com cana-de-açúcar hidrolisada como único volumoso e as dietas com 70% CH + 30% SM causaram menor consumo de matéria seca, proteína bruta e de nutrientes digestíveis. A menor digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro foi de 34,92% para a dieta com 100% cana-de-açúcar hidrolisada. As produções de leite e as produções de leite para 3,5% de gordura (PL3,5%G) diminuíram linearmente ($P < 0,05$) com associação das proporções de cana-de-açúcar hidrolisada à silagem de milho nas dietas. A composição do leite, os níveis de glicose, proteína total, colesterol total e gama-glutamilttransferase não foram influenciados pelas diferentes proporções de cana-de-açúcar hidrolisada nas dietas ($P > 0,05$). As dietas com cana-de-açúcar hidrolisada apresentaram melhor custo/benefício. Embora todas as proporções possam ser utilizadas, recomenda-se a associação de 50% da silagem de milho e cana-de-açúcar hidrolisada devido a proporcionar resultados mais próximos à silagem de milho além de reduzir o custo do quilograma de leite.

Palavras-chave: cal hidratada, composição de leite, consumo de nutrientes, custos, parâmetros sanguíneos, produção de leite

HYDROLYZED SUGARCANE OF LACTATING COWS

ABSTRACT - This study aimed to evaluate chemical composition, nutrient intake, *in vitro* digestibility, blood parameters, milk production, milk composition and partial economic evaluation of dairy cows fed diets with different proportions of sugarcane hydrolyzed with hydrated lime and corn silage. Eight Holstein cows, designed into two 4 x 4 Latin Squares with four periods of 19 days each, 14 days of adaptation and five days of data collection. The cows were fed with diets containing 100% hydrolyzed sugarcane (HS); 70% HS + 30% corn silage (CS); 50% HS + 50% CS; and 100% CS. The concentrate was supplied at the rate of 1 kg for every 2.5 kg of milk. The sugarcane used was IAC 862480 with 12 months of growth, particle size of 8 mm, hydrolyzed with 0.5% hydrated lime ($\geq 95\%$ calcium hydroxide) + 2,0 liters water + 100 kg chopped sugarcane, based on natural matter. Diets with hydrolyzed sugarcane as the only forage and diets with 70% HS + 30% CS decreased dry matter, crude protein and digestible nutrients intake. The lower *in vitro* neutral detergent fiber digestibility was 34.92% for the diet with 100% hydrolyzed sugarcane. Milk yield and 3.5% fat-corrected milk yield decreased linearly ($P < 0.05$) as corn silage was being replaced hydrolyzed sugarcane in diets. The milk composition, the levels of glucose, total protein, total cholesterol and gamma-glutamyltransferase were not influenced by different proportions of hydrolyzed sugarcane in the diets ($P > 0.05$). Diets with hydrolyzed sugarcane showed better cost-benefit. Although all proportions can be used, it's recommended the combination of 50% of the corn silage and hydrolyzed sugarcane due to reach results closer to corn silage and reduce the cost of the kilogram of milk.

Keywords: hydrated lime, milk composition, nutrients intake, costs, blood parameters, milk production

1. INTRODUÇÃO

Os volumosos têm participação importante na composição da dieta, uma vez que podem representar até 80% da matéria seca de rações das diversas categorias que compõem o rebanho leiteiro. Além disso, a qualidade do volumoso pode influenciar na quantidade e na qualidade da ração (COSTA et al., 2005).

Em sistemas de produção de bovinos, principalmente os mais intensivos, a alimentação é determinante na eficiência produtiva, podendo representar 75% do custo total em confinamento (PACHECO et al., 2006; RESTLE et al., 2007). Assim, para se obter receitas positivas, é necessário explorar alimentos que tenham baixo custo de produção e atendam grande parte das exigências nutricionais dos animais. Dentre as opções de alimentação para animais que recebem alimento no cocho durante o período de declínio na qualidade e produção de forragem (período seco), pode-se citar as silagens de milho, sorgo e capim-elefante, além dos fenos e a cana-de-açúcar picada.

Tradicionalmente, o material mais utilizado para ensilagem é a planta de milho, devido sua composição química preencher as exigências para confecção de uma boa silagem, com teor de matéria seca entre 30 e 35%, e o mínimo de 3% de carboidratos solúveis na matéria original, baixa capacidade tampão e por proporcionar uma boa fermentação microbiana (NUSSIO et al., 2001).

A silagem de milho, no entanto, apesar de suas reconhecidas qualidades, é um alimento que deve ser fornecido aos animais com certa cautela em função dos processos (corte da planta, enchimento do silo, compactação do material, fermentação anaeróbica, estabilização e abertura do silo) e insumos envolvidos com a ensilagem. Além disso, o custo desse volumoso pode ser demasiadamente onerado pelo custo de oportunidade da terra em regiões onde as áreas de lavoura são valorizadas. Outro aspecto importante é que para o processo de ensilagem é necessário o conhecimento de sua técnica, bem como a aptidão agrícola do solo e dos produtores, o que não ocorre em todas as regiões do país, especialmente naquelas caracterizadas pela exploração de bovinos. Desta forma, deve-se analisar o custo x benefício proporcionado pelas fontes de volumoso na hora de alimentar o

rebanho, para que se possa tornar a atividade pecuária cada vez mais rentável (COSTA, 2013).

A idéia do aproveitamento da cana-de-açúcar como forrageira para bovinos não é recente. A cana-de-açúcar é originária da Nova Guiné, e foi implantada no Brasil na época do descobrimento, sendo uma cultura intensamente difundida. A partir do programa Proálcool na década de 70, a cultura da cana-de-açúcar recebeu atenção especial, avançando em tecnologias e lançamento de variedades com grande potencial de produção de biomassa e açúcar. Observou-se também difusão desta cultura para regiões tradicionais na produção de grãos e pecuária, viabilizando sua utilização como forragem para bovinos.

O Brasil é hoje o maior produtor de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). A produção mundial é de 1,6 bilhões de toneladas, sendo responsável por cerca de 719 milhões de toneladas, com área cultivada de 9,08 milhões de hectares (AGRIANUAL, 2013). Estima-se que 10% da produção sejam destinados à alimentação animal (LANDELL et al., 2002), o que em volume seriam 90,8 milhões de toneladas de massa verde, o suficiente para alimentar 45 milhões de bovinos durante 150 dias no ano.

A cana-de-açúcar é um volumoso que tem se destacado na alimentação de bovinos, em razão da pequena taxa de risco em sua utilização, do baixo custo por unidade de matéria seca produzida, da manutenção do valor nutritivo (visto que após a maturação ocorre variação ao longo do tempo, basicamente da sacarose), da maior disponibilidade nos períodos de escassez de forragens nas pastagens e do melhor desempenho econômico em comparação a outras forrageiras, dependendo da categoria animal (NUSSIO, 2003).

Contudo a cana-de-açúcar possui algumas particularidades quanto ao seu consumo por bovinos, decorrente principalmente da baixa digestibilidade da fibra da cana-de-açúcar (MAGALHÃES et al., 2004), o que pode comprometer o consumo voluntário. Além desta destacam-se, o baixo teor de proteína, o alto teor de carboidratos solúveis, o pequeno aporte pós-ruminal de aminoácidos e de glicose, o aumento na quantidade de protozoários no rúmen, o desbalanço de minerais (PRESTON & LENG, 1978; PRESTON, 1982) e o corte diário (OLIVEIRA, 2010; DOMINGUES et al., 2012).

Com intuito de melhorar a digestibilidade da fibra e diminuir a frequência da colheita de forrageiras tem-se estudado vários métodos de tratamento destas forrageiras, dentre eles, atualmente se destaca a hidrólise da cana-de-açúcar com o óxido de cálcio (SILVA et al., 2005). Este agente alcalinizante também é capaz de conservar o material já picado, isto é, reduzir a necessidade de cortes diários do canavial podendo ocasionar melhora na logística de utilização da cana-de-açúcar (SFORCINI, 2009; OLIVEIRA, 2010; DOMINGUES et al., 2011).

Segundo Oliveira (2010), apesar desta técnica da hidrólise da cana-de-açúcar (0,5 kg de cal virgem ou cal hidratada com alta concentração de óxido de cálcio ($\geq 94\%$) ou de hidróxido de cálcio ($\geq 95,5\%$), misturada com 2,0 litros de água para cada 100 kg de cana-de-açúcar picada) ser utilizada pelos produtores, existe uma lacuna na literatura sobre a utilização da cana-de-açúcar hidrolisada associada a outros volumosos, para alimentação de vacas leiteiras.

Torna-se interessante ressaltar que na alimentação de vacas leiteiras, normalmente a alimentação contribui com aproximadamente 50 a 60% do custo total do quilograma de leite produzido. Neste contexto, salienta-se a importância da hidrólise, no sentido de possibilitar a utilização rotineira da cana-de-açúcar com custo acessível ao produtor de leite.

Considerando-se que a cana-de-açúcar hidrolisada pode ser armazenada até 48 h (TEIXEIRA JÚNIOR, 2008) ou mesmo 72h (SFORCINI, 2009; OLIVEIRA, 2010), torna-se evidente que o produtor poderá minimizar custos frente ao armazenamento estratégico da cana-de-açúcar em relação à outros volumosos.

A associação de cana-de-açúcar hidrolisada com silagem de milho ou sua substituição total poderá reduzir os custos com alimentação de vacas em lactação, sem, contudo, haver comprometimento nos níveis de produção de leite. Apesar do relato de estudos já conduzidos visando o emprego da cana-de-açúcar hidrolisada na alimentação de ruminantes, em raros trabalhos, a cana-de-açúcar hidrolisada foi associada a outro volumoso, visando aspectos relacionados com o desempenho e a viabilidade econômica.

Sendo assim, o presente estudo teve por objetivo estudar o efeito das diversas proporções de cana-de-açúcar hidrolisada com cal hidratada [Ca(OH)_2] e da silagem de milho na dieta de vacas da raça Holandesa, por meio do consumo de

nutrientes, digestibilidade *in vitro*, parâmetros sanguíneos, produção e composição química do leite, além do custo das diferentes dietas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Cana-de-açúcar como volumoso

A cana-de-açúcar tem sido utilizada como volumoso na alimentação de bovinos pela alta capacidade de produção de matéria seca por hectare e alto teor de sacarose, carboidrato de alta digestibilidade e por possuir comportamento fisiológico diferente das outras gramíneas tropicais. A sua digestibilidade total aumenta com a maturidade, mantendo esse valor nutritivo por longo tempo após a maturação, característica que tem levado à escolha da cana-de-açúcar como alternativa de volumoso na dieta para bovinos no período que compreende a estação seca do ano (OLIVEIRA, 1999; FERNANDES et al., 2001; MAGALHÃES et al., 2004). Por outro lado, a cana-de-açúcar apresenta algumas limitações como o baixo teor protéico, não ultrapassando 4%; baixa ingestão pelos animais devido aos altos teores de fibra indigestível; baixos teores da maioria dos minerais, principalmente o fósforo, e a necessidade de mão-de-obra estratégica para corte diário e picagem (OLIVEIRA, 1999; THIAGO & VIEIRA, 2002).

Na literatura nacional um dos primeiros relatos da utilização da cana-de-açúcar na alimentação animal foi feito na década de 40 (ATHANASSOF et al., 1940). Estudos comparativos da substituição das silagens de milho ou de sorgo pela cana-de-açúcar na alimentação de vacas em lactação são feitos no Brasil desde o início da década de 50 (NAUFEL et al., 1969).

Os trabalhos do final da década de 60 e década de 70 são unânimes em concluir que a cana-de-açúcar deprime o consumo de matéria seca (CMS) e em consequência a produção de leite, porém estes trabalhos destacam o potencial da cana-de-açúcar na alimentação de vacas em lactação, ressaltando que esta forrageira deve ser sempre suplementada com minerais e fonte de proteína e de preferência não ser utilizada como única fonte de volumoso (NOGUEIRA FILHO et al., 1977; BIONDI et al., 1978). Nogueira Filho et al. (1977) e Biondi et al. (1978) comentam que a diminuição no consumo de matéria seca é devido ao baixo teor proteico. Estes autores acreditavam que a real explicação para este decréscimo no consumo de matéria seca está correlacionado com a quantidade elevada de

sacarose presente na cana-de-açúcar. A sacarose em excesso provoca redução do pH ruminal, prejudicando principalmente as bactérias celulolíticas: *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus parvum* e *Ruminococcus flavefaciens* e favorecendo a proliferação de bactérias fermentadoras de lactato e *Streptococcus bovis* que conseguem desenvolver-se em meio mais ácido. Ao mesmo tempo em que são inibidas as condições para melhor digestão da celulose, a cana-de-açúcar fornece grande quantidade de fibras, com elevado teor de lignina.

O dogma de ser considerado um volumoso restrito a animais de baixo potencial produtivo, quer seja para produção de leite ou carne, preconizado por pesquisadores e técnicos nos anos 70 e 80, vem sendo substancialmente renegado. Encontrava-se na literatura citações taxando a utilização da cana-de-açúcar para vacas com produção até 10 kg leite/dia. Atualmente, trabalhos de pesquisa e experiências práticas mostram que a cana-de-açúcar pode e deve ser utilizada para animais de alta produção (REIS et al., 2006; NUSSIO, 2008).

Segundo Nussio et al. (2005) a competência adquirida em formulações de rações contendo cana-de-açúcar, a adoção de práticas de manejo e o lançamento de variedades mais apropriadas à alimentação animal demonstram possibilidade de bons desempenhos, sob menor custo com o uso da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes.

De outra maneira, Valvasori et al. (1995) avaliando níveis de substituição de 0; 50% e 100% de silagem de milho por cana-de-açúcar *in natura* não encontraram diferenças estatísticas no consumo da dieta total, porém houve decréscimo no consumo do volumoso à medida que os níveis de substituição aumentavam. Estes mesmos autores não encontraram diferença na produção de leite e na produção de leite corrigido para 3,5% de gordura, sendo que os mesmos recomendaram a utilização de cana-de-açúcar exclusiva como volumoso nas dietas para vacas em lactação produzindo 18 kg de leite por dia. Por outro lado, Mendonça et al. (2004) ao avaliarem dietas à base de silagem de milho com relação volumoso:concentrado de 60:40 ou à base de cana-de-açúcar com relação volumoso:concentrado de 60:40 e 50:50, sendo que as dietas compostas com cana-de-açúcar na relação 60:40 continham 0,35 ou 1% da mistura uréia+sulfato de amônia, verificaram que o consumo de matéria seca (CMS) pelos animais tratados com silagem de milho foi

superior àqueles tratados com cana-de-açúcar. Estes autores verificaram ainda que o maior CMS por parte dos animais alimentados com silagem de milho ocasionou uma maior produção de leite, e o aumento na relação volumoso:concentrado nas dietas que continham cana-de-açúcar aumentou o CMS, porém não o suficiente para aumentar a produção de leite.

Nesse sentido ainda, Magalhães et al. (2004) compararam o desempenho e a viabilidade econômica de dietas para vacas em lactação contendo 0; 33; 67; e 100% de cana-de-açúcar em substituição a silagem de milho, concluíram que a substituição da silagem de milho por cana-de-açúcar em dietas completas para vacas em lactação produzindo, em média, 24 kg de leite por dia, influenciou negativamente a produção de leite e na variação do peso corporal dos animais. Mesmo assim, a inclusão de 33% de cana-de-açúcar no volumoso foi técnica economicamente viável, enquanto níveis maiores foram inviáveis. De qualquer forma, segundo Corrêa et al. (2003), a cana-de-açúcar tem se mostrado uma opção de alimento para grupos de vacas leiteiras durante a fase da lactação onde a demanda por nutrientes não é máxima.

2.2. O processo de hidrólise

Com a finalidade de melhorar a qualidade de alimentos fibrosos, procurou-se desenvolver métodos de tratamento que promovessem o rompimento da estrutura da fração fibrosa para torná-la mais digestível e, conseqüentemente, propiciar melhores condições ao ataque de microrganismos, assim como melhorar a taxa de passagem do alimento, possibilitando aumento do consumo de matéria seca. Atendendo essa necessidade tem-se a opção dos tratamentos químicos (hidrólise por meio de agentes alcalinizantes). Nesse sentido, a adição de agentes alcalinizantes sobre alguns ingredientes volumosos, vem sendo estudada desde a década de 20 (OLIVEIRA, 2010).

Os produtos alcalinos agem sobre a fração fibrosa dos volumosos promovendo a ruptura das pontes de hidrogênio, levando à expansão das moléculas de celulose que se tornam mais susceptíveis à ação das enzimas celulolíticas (Figura 1). Provocam ainda, a solubilização da hemicelulose em função do

rompimento das ligações do tipo éster da hemicelulose com a lignina (BUETTNER et al., 1982; FAHEY JÚNIOR. et al., 1993; REIS et al., 1993; NEIVA et al., 1998).

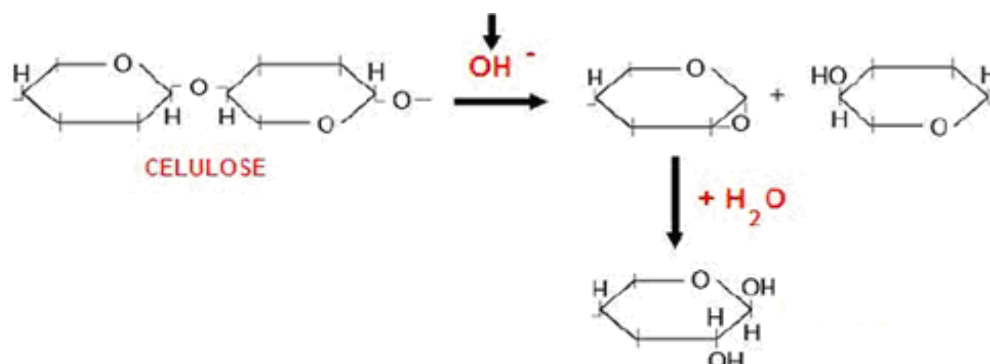
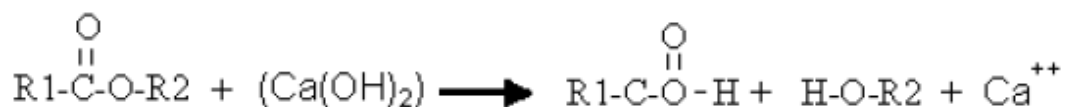


Figura 1. Expansão das moléculas de celulose quando tratada com agentes alcalinos, através da redução das ligações intermoleculares das pontes de hidrogênio, as quais ligam as moléculas de celulose (adaptado de MOTA, 2008).

Algumas ligações que ocorrem durante a formação da parede celular são susceptíveis a ação de agentes alcalinizantes. O aumento da disponibilidade de nutrientes pode ser feito por meio da quebra das ligações entre lignina e os carboidratos da parede celular ou ainda, pela hidrólise dos polissacarídeos da parede celular, resultando na liberação de açúcares solúveis (VAN SOEST, 1994).

Durante a formação da parede celular de gramíneas, as ligações tipo éster que ocorrem entre os açúcares presentes nas cadeias ramificadas da hemicelulose e da pectina e os ácidos precursores da lignina principalmente, o ácido ferúlico e *p*-coumárico são hidrolisadas por uma reação de saponificação. Após a reação, ocorre a quebra desse complexo com posterior liberação de hemicelulose, pectina e dos ácidos ferúlicos e *p*-coumárico. Da mesma forma, as ligações cruzadas entre a lignina e os polissacarídeos da parede celular também são hidrolisadas resultando na liberação do carboidrato livre da lignina (JUNG, 1996; SANTOS, 2007). Além disso, atuam solubilizando parte da hemicelulose que estava ligada a celulose por meio de ligações covalentes. Na Figura 2 é apresentada a reação da hidrólise alcalina que ocorre na parede celular em face da ação do hidróxido de cálcio.



Em que:

R1 = molécula de carboidrato estrutural;

R2 = outra molécula de carboidrato estrutural, (geralmente hemicelulose) ou um átomo de hidrogênio de um ácido carboxílico, ou uma unidade fenil-propano da lignina;

$\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ -\text{C}-\text{O}- \end{array}$ = ligação tipo éster

Figura 2. Reação da hidrólise alcalina entre os carboidratos estruturais da parede celular e o hidróxido de cálcio (adaptado de MOTA, 2008).

Segundo Klopfenstein (1978), o processo de hidrólise permite a expansão das fibras e consequente hidratação destas possibilitando, assim, maior acesso ao ataque microbiano. O teor de lignina normalmente não é alterado pelo tratamento químico, mas a ação desse tratamento leva ao aumento da taxa de digestão da celulose e hemicelulose, provavelmente devido às quebras das ligações entre essas frações (KLOPFENSTEIN, 1980; REIS & RODRIGUES, 1993). A hemicelulose e a celulose são fermentadas pelos microrganismos do rúmen com relativa facilidade, todavia, à medida que aumenta o teor de lignina, esta forma um complexo com esses carboidratos e o grau de fermentação diminuem, podendo chegar até zero, dependendo da intensidade de lignificação. Cada tipo de complexo lignocelulósico tem um grau máximo de fermentação pelos microrganismos, e este máximo pode ser alterado quando se faz um processamento do material fibroso (SILVA, 1984).

Lacey et al. (1981) destacaram algumas características desejáveis que os aditivos hidrolisantes devem possuir, tais como a baixa toxicidade para os mamíferos; o efeito sobre os microrganismos deterioradores (fungos, leveduras e bactérias); os baixos níveis de perdas por volatilização; o amplo espectro de ação, e ser solúvel em água.

A hidrólise da cana-de-açúcar tem sido uma técnica muito promissora na pecuária. Com ela objetiva-se prolongar seu período de uso após o corte e posterior picagem, além de alterar a composição da fibra da cana-de-açúcar, tornando-a mais digestível (OLIVEIRA, 2010).

2.3. As cales e sua origem

Como designação genérica, cal inclui vários tipos químicos e físicos do reagente químico-aglomerante (resultante da calcinação de rochas carbonatadas constituídas, predominantemente por carbonato de cálcio e/ou carbonato de cálcio e magnésio), hidratados ou não (OLIVEIRA, 2010)

As cales micropulverizadas virgem e hidratada são provenientes de rochas calcárias. O processo de industrialização inicia-se com a detonação das rochas. As rochas são então britadas em grandes moinhos, peneiradas e calcinadas em fornos com temperaturas variando entre 800 e 1100° C, fornecendo como produto final o óxido de cálcio (CaO), também conhecido como cal virgem. Este produto é classificado como um óxido básico, pois o elemento que está ligado ao oxigênio é classificado como um metal (óxidos de caráter básico possuem em sua composição elementos da família dos metais alcalinos e alcalinos terrosos ligados ao oxigênio). Assim sendo, a reação desse óxido com a água produz o hidróxido de cálcio [Ca(OH)₂], uma base da família dos metais alcalinos terrosos que apresenta grau de dissociação elevado e solubilidade em água reduzida, porém superior aos produtos que lhe deram origem. O processamento das rochas calcárias para a geração de compostos mais reativos traz como benefício adicional a obtenção de produtos livres de elementos tóxicos. Dessa forma, esses produtos podem ser utilizados como aditivos na produção animal sem ocasionar risco de intoxicação alimentar (GUIMARÃES, 2003).

Várias cales tem sido empregadas na hidrólise alcalina da cana-de-açúcar, no entanto a cal virgem ou óxido de cálcio e a cal hidratada ou hidróxido de cálcio, com alta concentração tanto de óxido quanto de hidróxido de cálcio, são as recomendadas para a hidrólise da cana-de-açúcar picada, ou seja, óxido de cálcio (≥94%) e hidróxidos de cálcio (≥95,5%) (OLIVEIRA, 2010).

Existem aproximadamente 63 tipos de cales virgens e 75 tipos de cales hidratadas. A maioria das cales são impróprias para o uso na hidrólise, em face das impurezas e/ ou princípios tóxicos (por exemplo, dioxinas e nitrofuranos) e também devido à pouca quantidade de óxido ou hidróxido de cálcio. No caso de pouca concentração de óxido ou de hidróxido de cálcio, haveria necessidade de doses muito altas para se conseguir a hidrólise, o que interfere na relação cálcio:fósforo,

entre outros aspectos ligados à fisiologia e ao metabolismo dos animais alimentados com a cana-de-açúcar nessas condições. As cales com alta concentração de óxido ou hidróxido de cálcio são as indicadas para a hidrólise da cana-de-açúcar (OLIVEIRA, 2010). Na tabela 1 é apresentada a composição química de algumas cales.

A principal diferença entre os dois tipos de cal com alta concentração de óxido ou hidróxido de cálcio é a presença de água (aproximadamente 20%) na cal hidratada, o que facilita a sua utilização, pelo fato desta dissolver mais facilmente, evitar aquecimento, possuir menor quantidade de resíduo (decantação) e eliminar os aerossóis (OLIVEIRA, 2010).

Comparativamente a outros agentes alcalinizantes, as cales virgens ou hidratadas tem menor eficiência nos benefícios finais em relação ao hidróxido de sódio por exemplo, porém tem vantagens que compensam, tais como, o tratamento ser mais econômico do que com soda; representa menor perigo aos funcionários durante o manuseio; pode ser fornecido com menor tempo de espera da reação química; corrige o teor de cálcio da cana-de-açúcar e mantém o pH ruminal ao redor de 6 evitando assim a acidose (HIDROCANA, 2007).

A adição de cálcio via cal virgem ou hidratada é outro aspecto interessante, considerando-se que o adicional beneficiará os animais em dietas com pouco cálcio ou quando a matéria prima for de pior qualidade (baixa biodisponibilidade).

Tabela 1. Composição química parcial das cales virgem e hidratada micropulverizada.

Tipos de cales	Concentração* (%)													Trabalho
	CaO Total	CaO disponível	Ca(OH) ₂	Carbonato residual	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	S	Mn	CO ₂	P	Resíduo insolúvel	
Cal virgem	53,10	—	—	1,90	38,50	—	—	—	—	—	—	—	2,70	MACEDO (2007)
Cal virgem	94,59	—	—	—	0,36	0,50	1,80	0,22	0,09	—	1,26	0,09	—	BALIEIRO NETO, et al. (2008)
Cal hidratada	64,30	—	—	—	0,37	0,34	0,07	0,30	0,07	—	1,14	—	—	BALIEIRO NETO, et al. (2008)
Cal virgem	94,10	87,30	—	—	0,40	0,30	1,40	0,20	0,07	—	1,50	—	—	OLIVEIRA, et al. (2007)
Cal hidratada	72,50	—	95,50	—	1,50	—	—	—	—	—	—	—	—	ALVES, et al. (2007)
Cal virgem	94,08	—	—	—	—	—	0,62	—	—	—	—	—	—	SANTOS (2007)

* As concentrações dos componentes das cales apresentadas são compilações dos referidos trabalhos. Os teores foram obtidos, pela análise da cal ou fornecidos pelos fabricantes (adaptado de SFORCINI, 2009).

2.4. Cana-de-açúcar hidrolisada

A utilização de aditivos químicos é bastante antiga, no entanto só houve intensificação nos estudos a partir da década de 70, principalmente no tratamento de palhadas. Descobriu-se aumento significativo na digestibilidade da matéria seca e da fibra em detergente neutro (FDN) de diferentes tipos de palhadas (OLOLADE et al., 1973). Na década de 80 deu-se início à utilização de amônia anidra e hidróxido de amônio (PAIVA et. al., 1995).

O uso de substâncias alcalinizantes, como o hidróxido de sódio e amônia anidra foram utilizadas com o intuito de melhorar a digestibilidade da matéria seca e da fibra em detergente neutro e o consumo de alimentos fibrosos como palhadas (OLOLADE et al., 1973; ANDERSON & RALSTON, 1973; CHAUDHRY, 1998), bagaço da cana-de-açúcar, dentre outros, sempre visando melhoria no valor nutricional destes volumosos (MANZANO et al., 2000; ANDRADE et al., 2001; OLIVEIRA et al., 2002; EZEQUIEL et al., 2005; LIMA et al., 2006).

A seguir os estudos foram direcionados para o uso de outras substâncias químicas além das utilizadas anteriormente e também de microrganismos visando alteração do processo fermentativo durante a ensilagem da cana-de-açúcar (SCHMIDT et al., 2007; SILVA et al., 2005).

Sundstol & Owen (1984) e Van Soest (1994) destacaram o efeito de produtos alcalinos sobre a fração fibrosa dos alimentos de baixo valor nutritivo, entretanto ressaltaram que a fração da lignina (LIG) somente poderia ser solubilizada em concentrações elevadas da NaOH. Por outro lado, segundo Jackson (1977), a celulose, ao ser tratada com álcalis, sofreu uma expansão juntamente com redução das ligações intermoleculares das pontes de hidrogênio que ligam essas moléculas. Coombre et al. (1979), relataram que os produtos alcalinos provocaram diminuição na FDN devido à solubilização de parte da hemicelulose (HEM). Segundo esse autor ainda, a celulose se torna mais degradável no ambiente ruminal devido a deslignificação.

Recentemente, a utilização de cal virgem e cal hidratada micropulverizadas, vêm sendo utilizadas como agentes hidrolisantes em diferentes tipos de volumosos. A utilização destes produtos segue a mesma tendência da pesquisa com

tratamento de volumosos, onde o intuito é possibilitar melhora na qualidade da forragem, assim como, possibilitar armazenamento mais eficiente, inclusive com minimização do uso de mão-de-obra (COSTA & FRANCO, 1998; FARIA et al., 2000; ANDRADE et al., 2001; SFORCINI, 2009). Neste contexto, Silva et al. (2005) hidrolisaram a cana-de-açúcar picada com cal virgem (alta concentração de óxido de cálcio = 94,1%) em nível de 0,5% de cal, após três horas de hidrólise verificaram aumento de 12,95% na digestibilidade *in vitro* da FDN e aumento de 6,61% em relação à digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

Ressalta-se que a ação hidrolisante dos diferentes agentes alcalinos que disponibilizam os teores de FDN, hemicelulose e de fibra em detergente ácido (FDA) da cana-de-açúcar picada “*in natura*”, está relacionada com a melhoria no consumo e na digestibilidade da mesma, com possibilidade de melhoria na produção de leite (OLIVEIRA et al., 2002; SILVA et al., 2006).

Estudos realizados por Allen (2000) evidenciaram que aumentos na concentração de FDN acima de 25% na dieta, estão associados à diminuição no consumo.

Costa & Franco (1998) relataram que a hidrólise da cana-de-açúcar com hidróxido de sódio, além de aumentar a digestibilidade, aumenta o consumo da mesma pelos animais e observaram que os bovinos ingeriram 50% a mais de cana-de-açúcar hidrolisada em relação à silagem de milho, também destacaram que, pelo fato da cana-de-açúcar hidrolisada ser melhor aproveitada, ocorrendo uma economia na quantidade de concentrado, sendo que numa dieta à base de silagem de milho, pode ocorrer uma economia de 10 a 20% por meio do uso da cana-de-açúcar hidrolisada.

A relação FDN/açúcares deve ser baixa, ou seja, baixo conteúdo de FDN e alto conteúdo de açúcares e, no caso de variedades que apresentam teores elevados de FDN limitam em determinado grau a ingestão de cana-de-açúcar e consequentemente, o consumo de energia (SIQUEIRA et al., 2012). Da mesma forma, no caso da redução de carboidratos não fibrosos, a ação alcalinizante estaria promovendo melhoria no valor nutritivo da cana-de-açúcar, uma vez que a lignina está quimicamente ligada aos mesmos (VAN SOEST, 1994).

SILVA et al. (2006) hidrolisaram a cana-de-açúcar com cal hidratada (1 kg/100kg de cana-de-açúcar picada) e, após 24 horas, observaram que a cal melhorou a estabilidade, a composição química (redução nos teores de FDN, FDA e de Hemicelulose (HEM)) e aumentou a digestibilidade *in vitro* da matéria seca, porém houve queda no teor da proteína bruta. No trabalho não foi especificada a forma de aplicação da cal (pó ou solução), no entanto, segundo os autores, possivelmente a cal hidratada tinha promovido alteração na estrutura da proteína que está presente no conteúdo da bainha parenquimática dos feixes vasculares das plantas “C4”, que contém alto teor de carboidratos estruturais, que podem estar associadas à lignina. Os autores atribuíram a redução de 5,71; 3,47 e 2,24%, nos teores de FDN, FDA e HEM, respectivamente, à solubilização parcial dos constituintes da parede celular e expansão da celulose, o que possa ter facilitado o ataque pelos microrganismos do rúmen à parede celular, resultando em aumento na digestibilidade *in vitro*.

Teixeira Júnior (2008) avaliou dietas contendo silagem de milho, cana-de-açúcar *in natura*, cana-de-açúcar hidrolisada com 0,5% de cal virgem (94,1% de óxido de cálcio) e cal hidratada (95% de hidróxido de cálcio) armazenada por até 48 horas. Foi verificado neste estudo que não houve diferença entre o consumo de matéria seca para as dietas com cana-de-açúcar *in natura* e cana-de-açúcar hidrolisada, no entanto, as vacas alimentadas com cana-de-açúcar hidrolisada com cal hidratada conseguiram igualar a produção de leite às alimentadas com silagem de milho. Além disso, o autor verificou menores custos de produção para dietas com cana-de-açúcar hidrolisada em relação às demais.

A eficiência da cal virgem micropulverizada no aumento da estabilidade aeróbia da cana-de-açúcar *in natura* tratada foi descrita por Domingues et al. (2006) que observou um efeito significativo nas doses de cal 0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 % ($P < 0,05$), sendo que, o tratamento sem cal (0%) o que apresentou a quebra da estabilidade no menor intervalo de tempo. Sendo assim, o tratamento da cana-de-açúcar com a cal virgem (CaO) ou hidratada (Ca(OH)₂) micropulverizadas, atuando como agentes alcalinizantes tornou-se uma alternativa interessante para os produtores, já que é um processo de simples execução, barato e seguro.

Em estudo avaliando dietas a base de silagem de milho, cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada com 0,5% de cal (94,1% de óxido de cálcio) armazenada por 48 ou 72 horas para vacas em lactação, Sforcini (2009) não verificou depleção no consumo de matéria seca pela adição de cal e pelo tempo de armazenamento. De acordo com o autor supracitado verificou ainda, que as vacas alimentadas com cana-de-açúcar hidrolisada e armazenada por 72 horas consumiram menor quantidade de fibra em detergente neutro e apresentaram maior produção de leite que vacas alimentadas com cana-de-açúcar *in natura*, o que foi atribuído ao aumento da digestibilidade e melhora na mineralização dos animais e concluiu que a hidrólise da cana-de-açúcar para alimentação de vacas leiteiras oferece vantagens econômicas e de manejo alimentar.

Em experimento realizado por Mota et al. (2010) com cana-de-açúcar hidrolisada com 0,5% de cal virgem, avaliando a digestibilidade *in vitro* da matéria seca, da fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido, observou aumentos de 3,93; 3,99 e 20,67% para DIVMS, DIVFDN e DIVFDA, respectivamente. Aumentos nos coeficientes de digestibilidades são importantes, pois aumenta o consumo do volumoso e indica que a hidrólise atuou na composição da cana-de-açúcar tornando-a mais susceptível aos microrganismos ruminais, e consequentemente digerindo e absorvendo mais nutrientes.

Dias et al. (2011) avaliou diferentes doses (0; 8; 10; e 24 g cal hidratada/kg cana-de-açúcar picada com base na matéria natural) para hidrólise da cana-de-açúcar e concluiu que o hidróxido de cálcio proporciona melhor consumo e digestibilidade dos nutrientes da dieta, principalmente da porção fibrosa, favorecendo o aproveitamento de nutrientes pelos animais, porém o autor não informou a idade da cana-de-açúcar, composição da cal, o tipo de aplicação da cal e o tempo após a hidrólise que a cana-de-açúcar foi fornecida. Estes autores observaram aumento de 10,47 e 75,84% na DIMS e na DIVFDN, respectivamente, quando a cana-de-açúcar foi hidrolisada com 0,8% de cal hidratada.

2.5. Silagem de milho na alimentação de vacas leiteiras

A silagem de milho é o volumoso mais utilizado nas dietas de bovinos de leite e de corte no Brasil, conforme mostraram os levantamentos realizados por Millen et al. (2009), visto que vacas leiteiras requerem consumo de nutrientes capaz de atender as demandas metabólicas da gestação, do ganho de peso, da manutenção e de uma lactação, e esta com elevada prioridade metabólica. Para tanto é necessário o fornecimento de alimentos ricos em nutrientes com alto valor biológico, para suprir a exigência desses animais. Em geral, cerca de 50% do valor energético de uma boa silagem de milho, vem do amido contido nos grãos, portanto, deve-se atentar à eficiência de utilização desse alimento pelas vacas leiteiras e otimizar o aproveitamento dos grãos contidos na silagem, visto que quanto mais energia for advinda da silagem, menor será a necessidade de fornecer outras fontes energéticas no concentrado (PEDROSO, 2013) e consequentemente menor será o custo com alimentação.

Comparando silagem de girassol e silagem de milho com diferentes proporções na dieta de vacas em lactação, Silva et al. (2004) concluíram que a silagem de girassol pode ser incluída parcialmente em substituição à de milho na dieta de vacas leiteiras, sem afetar a produção de leite, bem como a concentração de gordura do leite. Corroborando com Costa et al. (2005) que avaliaram o consumo, a digestibilidade aparente dos nutrientes, a produção e composição do leite e a variação do peso corporal de vacas lactantes alimentadas com dietas contendo diferentes proporções de cana-de-açúcar e concentrado ou silagem de milho e obtiveram os melhores resultados quando as vacas foram alimentadas com silagem de milho ou 40% cana-de-açúcar in natura + 60% concentrado, de modo que decisão sobre o uso de um ou outro passa a ser de ordem econômica e/ ou disponibilidade dos volumosos.

Silva et al. (2004) avaliaram a produção e a composição do leite de vacas alimentadas com dietas contendo diferentes proporções de silagem de girassol, em substituição à silagem de milho na dieta, e caroço de algodão como substituto parcial do concentrado, observaram que a substituição parcial de silagem de milho por silagem de girassol não afetou as produções de leite, gordura ou proteína.

Sousa et al. (2009) avaliando os efeitos da substituição parcial da cana-de-açúcar pelo caroço de algodão em comparação à dieta à base de silagem de milho sobre a produção e composição do leite, o consumo e a digestibilidade dos nutrientes da dieta e o comportamento ingestivo de vacas leiteiras, obtiveram melhor desempenho quando os animais foram alimentados com silagem de milho exclusivamente, sendo que a produção de leite das vacas alimentadas com silagem de milho apresentou superioridade de 21,36% em relação a produção de leite das vacas alimentadas com cana-de-açúcar *in natura* + 14% caroço de algodão.

Pesquisas evidenciam menores produções de leite por vacas de maior potencial de produção, quando alimentadas com cana-de-açúcar em comparação à silagem de milho (PAIVA et al., 1991; PIRES et al., 1999; CORRÊA et al., 2003; MAGALHÃES et al., 2004). Constando na literatura, que as produções médias de leite de vacas leiteiras alimentadas com de cana-de-açúcar, são aproximadamente 25% menores que das vacas quando alimentadas com a silagem de milho como volumoso. Porém, há relatos de que à medida que se diminui a relação volumoso:concentrado nas dietas com cana-de-açúcar *in natura* a valores menores que 50:50, obtém-se produções de leite semelhantes às da silagem de milho na relação volumoso:concentrado 60:40 (RODRIGUES, 1999; MENDONÇA et al., 2004; COSTA et al., 2005).

Dhiman & Satter (1997), afirmaram que a utilização de duas forrageiras misturadas em dietas de vacas lactantes, é uma prática de manejo nutricional que induz maior uniformização no consumo de nutrientes, retirando, dessa forma, os riscos decorrentes da falta de algum nutriente, que por ventura, possa ocorrer, por intermédio de diversos fatores ambientais. Neste sentido Moreira et al. (2001) avaliaram dietas com diferentes volumosos: silagem de milho, feno de alfafa e capim- *coastcross*, concluindo que as dietas contendo silagem de milho, proporcionaram maior consumo de matéria seca pelas vacas leiteiras, reflexo da maior digestibilidade dos nutrientes. Estes autores também concluíram que a silagem de milho quando fornecida como fonte única de volumoso ou associada a outras fontes de volumosos aumenta a digestibilidade aparente dos nutrientes.

Entretanto, o alto valor do milho grão para a exportação, para o emprego na alimentação humana e nas rações para monogástricos, tem levado os pecuaristas a

buscar, em outras forrageiras, alternativas para a alimentação do rebanho (ALMEIDA et al., 1995).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local

O experimento foi conduzido no setor de Bovinocultura de Leite da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV/UNESP) Campus de Jaboticabal, em solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico textura argilosa (ANDRIOLI & CENTURION, 1999), no período de 16 de agosto a 30 de outubro de 2010. O Campus da UNESP Jaboticabal está situado à Latitude 21°15'22"-S, Longitude 48°18'58"-W, e altitude média de 595 m.

Os dados meteorológicos referentes ao período experimental foram obtidos na Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP Câmpus de Jaboticabal-SP e encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Médias das temperaturas máxima, mínima, média, precipitação e umidade relativa do ar (UR) de agosto a outubro de 2010.

Meses	Temperatura, ° C			Precipitação acumulada (mm)	UR (%)
	Máxima	Mínima	Média		
Agosto	30,7	12,9	20,8	0,0	52,2
Setembro	31,3	17,1	23,2	141,9	59,5
Outubro	30,6	16,9	23,0	69,4	67,5
Média	30,9	15,6	22,3	70,4	59,7

Dados obtidos na Estação Agroclimatológica da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal, 2010.

3.2. Animais

Foram utilizadas oito vacas da raça Holandesa, pós-pico de lactação (85 dias em média), pesando em média 639 ± 23 kg, com produção média de 19 kg de leite/dia, distribuídas em dois quadrados latinos 4x4, repetidos uma vez de acordo com a ordem de parição e as produções de leite no início do experimento, com quatro períodos de 19 dias cada, sendo 14 dias de adaptação e cinco dias de coleta, totalizando 76 dias.

As vacas foram mantidas em instalação do tipo "Tie Stall" e soltas somente nos horários das ordenhas, às 5 e 14 horas. O peso das vacas foi obtido com fita

zoométrica de pesagem, realizada no início e final de cada período, sendo feito por meio da média de três leituras.

Na Figura 3 são apresentadas as instalações juntamente com o fornecimento da alimentação no cocho.



Figura 3. Vista das instalações juntamente com o fornecimento da alimentação no cocho. Elaborada pela autora.

3.3. Alimentos e alimentação

A cana-de-açúcar utilizada foi a cultivar IAC 86-2480, sendo o corte realizado em soqueira com 12 meses (5º corte). Foi cortada manualmente e picada em picadeira móvel da marca Menta Mint modelo Premium Doblo® acoplada ao trator, sendo a máquina regulada para proporcionar tamanho de partículas de aproximadamente 8 mm. Para a hidrólise foi utilizada a cal hidratada, com a seguinte composição química parcial: $MgO=1,5\%$, CaO total= $72,5\%$, $Ca(OH)_2=95,5\%$ segundo Oliveira (2010). A calda foi preparada na proporção de 0,5 kg de cal em 2 litros de água para 100 kg de cana-de-açúcar picada, a qual foi aplicada

manualmente por meio de um regador sobre uma camada de 25 cm cana-de-açúcar picada e revolvida com enxada para homogeneização. Após homogeneização da calda de cal com a cana-de-açúcar picada, foi realizado o amontoamento do volumoso, que somente foi fornecido aos animais 48 horas posterior à aplicação da calda de cal hidratada a cana-de-açúcar. Esse manejo era feito diariamente para padronizar o alimento fornecido.

Na Figura 4 é apresentada a sequencia do preparo da calda de cal, a aplicação e homogeneização com a cana-de-açúcar picada.



Figura 4. Preparo da calda com a cal (a); aplicação da calda sobre a cana-de-açúcar picada (b) e homogeneização da calda com a cana-de-açúcar picada (c). Elaborada pela autora.

A silagem de milho foi retirada do silo tipo trincheira no momento do fornecimento.

A alimentação foi fornecida individualmente em duas refeições diárias realizadas após as ordenhas e permitindo sobra de até 10%. A quantidade do concentrado foi fornecido na proporção de 1 kg para cada 2,5 kg de leite produzido, sendo recalculada a cada início de período experimental. O concentrado foi composto por 65,4% de milho em grão moído, 30,1% de farelo de soja e 4,5% de mistura mineral (composição/kg do produto: Ca = 190g; P = 73g; Na = 62g; Cl = 90g; Mg = 44g; S = 30g; Zn = 1350mg; Cu = 340mg; Mn = 940mg; Fe = 1064mg; Co = 3mg; I = 16mg; Se = 10mg; F(máx.) = 730mg e veículo q. s. p. = 1000g).

No momento da alimentação, o concentrado era misturado com aproximadamente 60% do volumoso da dieta, a fim de proporcionar o consumo total

do concentrado, sendo as sobras constituídas exclusivamente pela fração volumosa da dieta, já que a mistura de volumoso mais concentrado foi totalmente ingerida.

Os tratamentos consistiram das seguintes dietas: 100% cana-de-açúcar hidrolisada (CH), 70% CH + 30% silagem de milho (SM), 50% CH + 50% SM e 100% SM, sendo todos tratamentos acrescidos de concentrado.

A relação volumoso:concentrado para os tratamentos foi a seguinte: 100%CH = 54:46; 70%CH + 30%SM = 59:41; 50%CH + 50%SM = 61:39 e 100%SM = 64:36. Sendo esta relação estabelecida pelo animal, por meio do consumo de volumoso, visto que a quantidade de concentrado fornecida para as vacas foi fixada no início de cada período experimental.

Na Figura 5 são apresentados os volumosos utilizados.



Figura 5. Volumosos utilizados (a = cana-de-açúcar hidrolisada e b = silagem de milho). Elaborada pela autora.

Na adaptação de um período para outro, onde ocorria a troca de um volumoso por outro, se adotou como padronização o fornecimento de 1/3 do volumoso referente ao período que se iniciava, posteriormente 2/3 do volumoso referente ao período anterior, sendo que estas proporções eram aumentadas de modo que ao final dos sete primeiros dias de adaptação o animal recebia a quantidade total do volumoso do novo período, sendo este critério adotado devido à silagem de milho ser ácida, diferente da cana-de-açúcar hidrolisada com a cal virgem, que é alcalina, visando evitar alterações bruscas no pH do conteúdo ruminal das vacas.

Durante os últimos cinco dias de cada período de coleta foi registrado o consumo das dietas, pela diferença entre o ofertado e as sobras, sendo ainda que foram coletadas amostras dos alimentos e das sobras, para serem analisados no Laboratório de Nutrição Animal (LANA).

3.4. Composição dos alimentos

Diariamente durante o período de coleta de dados foram coletadas amostras de alimentos e sobras, as quais foram pré-secas em estufa com ar forçado a 55°C por 72 horas, moídas em moínho tipo Willey, com peneira com crivos de 1mm e armazenadas para posteriores análises bromatológicas.

Os teores de matéria seca, matéria mineral, proteína bruta e extrato etéreo seguiram os procedimentos padrões da AOAC (1995). Os teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e lignina foram determinadas conforme Pell & Schofield (1993). Os teores de nutrientes digestíveis totais foram calculados conforme Capelle et al. (2001). A composição das dietas experimentais foi calculada em função da composição e da quantidade fornecidas dos alimentos.

Na Tabela 3 consta a composição bromatológica dos volumosos e dos ingredientes do concentrado e na Tabela 4, a composição bromatológica média das dietas.

Tabela 3. Composição bromatológica, em porcentagem na matéria seca, dos volumosos e dos ingredientes do concentrado.

Nutriente	Ingredientes			
	Cana-de-açúcar hidrolisada (CH)	Silagem de milho (SM)	Milho moído	Farelo de soja
Matéria seca	28,59	33,03	86,93	90,31
Matéria orgânica	93,92	95,84	98,59	93,68
Matéria mineral	6,08	4,16	1,41	6,32
Proteína bruta	3,36	8,58	9,62	54,14
Extrato etéreo	0,74	2,96	3,97	0,92
Lignina	6,09	3,72	1,13	0,96
Fibra em detergente neutro	57,82	45,73	20,93	15,65
Fibra em detergente ácido	33,49	27,40	5,84	9,73
Nutrientes digestíveis totais	57,86	59,39	80,00	73,00

Tabela 4. Composição bromatológica média, em porcentagem na matéria seca, das dietas.

Nutriente	Dietas*			
	100% CH	70%CH + 30%SM	50%CH + 50%SM	100% SM
Matéria seca	56,01	53,54	53,78	53,03
Matéria orgânica	92,98	93,44	94,21	94,64
Matéria mineral	7,02	6,56	5,80	5,37
Proteína bruta	10,48	10,38	11,44	11,82
Extrato etéreo	3,51	3,52	4,07	4,27
Lignina	3,66	3,59	3,12	2,91
Fibra em detergente neutro	38,45	39,48	38,82	39,08
Fibra em detergente ácido	19,60	20,36	20,06	20,18
Nutrientes digestíveis totais	76,82	75,92	71,27	69,15

- CH = cana-de-açúcar hidrolisada; SM = silagem de milho.

3.5. Digestibilidade *in vitro*

O ensaio de digestibilidade *in vitro* foi realizado em fermentador ruminal DAISY II da Ankom® (Figura 6) segundo metodologia descrita por Holden (1999). Para tanto foi utilizado um animal macho castrado da raça Nelore com peso de 338 kg, como doador de conteúdo ruminal, o qual recebeu em sua alimentação 14 kg de volumoso, sendo este valor dividido igualmente em cana-de-açúcar hidrolisada e silagem de milho + 3 kg de concentrado (grão de milho moído + farelo de soja + mistura mineral) durante todo o período experimental, sendo que os 15 primeiros dias foram de adaptação.



Figura 6. Fermentador ruminal DAISY II e sacos de fermentação da Ankom®. Elaborada pela autora.

A coleta de conteúdo ruminal foi realizada após 15 dias de adaptação do animal à dieta e antes da primeira refeição do dia. O conteúdo ruminal foi submetido à filtragem em tecido de algodão, por meio de pressão manual, para separação da parte líquida que foi adequadamente acondicionado em garrafa térmica previamente aquecida a 39°C. O líquido ruminal obtido foi inoculado nos jarros da DAISY II, onde já continham os sacos de fermentação (Figura 6) com amostras e saliva artificial que era formada pela solução tampão A em, gramas/litro ($\text{KH}_2\text{PO}_4 = 10,0$; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} = 0,5$; $\text{NaCl} = 0,5$; $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 0,1$ e $\text{Uréia} = 0,5$) e a solução tampão B, em gramas/litro ($\text{Na}_2\text{CO}_3 = 15,0$ e $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O} = 1,0$). Quantidades de 0,5 grama de cada amostra foram colocadas nos sacos de fermentação e estes no fermentador ruminal DAISY II. Após 48 horas de fermentação adicionou-se pepsina e ácido clorídrico 6N durante 24 horas. Ao final, os saquinhos foram retirados dos jarros e lavados com água fria até obter-se água cristalina, e encaminhados para secagem em estufa de ar forçado a 55°C por 72 horas. A digestibilidade foi determinada a partir do quociente entre a quantidade de amostra incubada e recuperada após incubação. Foram determinados os coeficientes de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro (DIVFDN) e digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente ácido (DIVFDA) dos diferentes tratamentos que continha as diferentes proporções dos volumosos (cana-de-açúcar hidrolisada e silagem de milho).

A digestibilidade *in vitro* dos nutrientes foi obtida das dietas provenientes de cada período dos quadrados latinos. As médias foram obtidas de todos os períodos de cada tratamento.

3.6. Produção e composição do leite

As vacas leiteiras foram submetidas a quatro períodos experimentais de 19 dias cada, sendo 14 dias de adaptação e cinco dias de coleta, totalizando 76 dias.

A produção de leite foi mensurada entre o 15º e 19º dia de cada período experimental por meio do controle leiteiro diário em dosador automático acoplado, sendo as vacas ordenhadas com ordenhadeira duas vezes ao dia. Durante a

ordenha as vacas foram mantidas na sala de ordenha do tipo em fila simples, sendo ordenhadas quatro vacas simultaneamente por meio de quatro unidades de ordenha dotadas de dosador (Figura 7).

Foram coletadas amostras no 16º e 18º dia de cada período experimental, foram coletadas amostras de leite proporcionais às produções obtidas nas ordenhas da manhã e da tarde, para a determinação da composição química do leite. As análises foram feitas no mesmo dia em que as amostras eram coletadas.



Figura 7. Sala de ordenha e coleta de amostra de leite. Elaborada pela autora.

As amostras foram analisadas no Laboratório de análises do Setor de Bovinocultura de Leite da FCAV/UNESP. A densidade a 15°C foi determinada pelo termolactodensímetro, a gordura pelo butirômetro de Gerber e com os resultados dos teores de gordura e densidade, determinou-se o extrato seco total (EST) através da fórmula de Fleischmann onde: $EST = \text{teor de gordura}/5 + \text{densidade}/4 + \text{teor de gordura} + 0,26$. O extrato seco desengordurado foi obtido pela subtração do teor de gordura do extrato seco total.

A produção de leite foi corrigida para 3,5% de gordura (PL3,5%G), segundo fórmula de Sklan et al. (1992), em que $PL3,5G = (0,432 + 0,1625 * \text{teor de gordura do leite}) * \text{kg de leite}$.

A eficiência produtiva das vacas foi obtida pelo quociente entre a produção de leite (kg leite/vaca/dia) e o consumo de matéria seca (kg MS/vaca/dia).

3.7. Parâmetros sanguíneos

As coletas de sangue foram realizadas no 16º dia de cada período experimental por punção da veia coccígea (Figura 8), anteriormente ao fornecimento das dietas no período da manhã. As amostras foram coletadas em tubos vacuolizados (vacutainer) de 10 mL para dosagem dos parâmetros sanguíneos glicose, proteínas totais, albumina, uréia no soro sanguíneo, as enzimas aspartato aminotransferase (AST) e gama glutamil transferase (GGT). As amostras para as análises das concentrações dos parâmetros sanguíneos foram enviadas para o Laboratório de Bioquímica e Fisiologia Animal da USP-Pirassununga- SP, cujas as concentrações dos parâmetros sanguíneos foram analisadas por meio de *kits* comerciais (Laborlab® e CELM®) que utilizam método enzimático colorimétrico de ponto final, sendo a leitura realizada em analisador automático de bioquímica sanguínea (Sistema de Bioquímica Automático SBA-200 - CELM®). As concentrações de nitrogênio ureico no soro sanguíneo foram determinadas indiretamente por meio da seguinte fórmula: Nitrogênio ureico = ureia (mg/dL)/2,14 (GUTMANN & BERGMAYER, 1974).



Figura 8. Punção da veia coccígea. Elaborada pela autora.

3.8. Análise parcial de custos

A análise parcial de custos correspondeu à determinação dos custos com concentrado e volumoso, custo com alimentação (concentrado + volumoso), receita, margem bruta, eficiência financeira e custo/benefício. A receita foi calculada como sendo o produto da produção diária de leite e o preço de venda do leite tipo B. A margem bruta foi obtida pela diferença entre a receita e o custo com alimentação. A eficiência financeira foi obtida pelo quociente entre receita e custo com alimentação. A relação custo/benefício foi obtida pelo quociente entre o custo diário com alimentação e produção diária de leite/vaca.

Os preços utilizados foram os médios praticados no Estado de São Paulo, referente ao período de outubro de 2010, sendo 1US\$ = R\$1,68 (Banco Central do Brasil – Outubro/10). O preço médio do leite Tipo B foi de R\$ 0,706 (CEPEA/ESALQ/USP), enquanto que, o preço médio do milho, farelo de soja, e núcleo mineral foram de R\$ 0,48; 0,81; 1,38/kg, respectivamente (CEPEA/ESALQ/USP). Quanto aos custos dos volumosos, utilizou-se R\$ 241,10/ton e 126,68/ton para silagem de milho e cana-de-açúcar *in natura* picada manualmente, respectivamente. (CEPEA/ESALQ/USP). O preço médio da cal hidratada foi de R\$ 0,30/kg (MFRURAL, 2010)

3.9. Análise estatística

O delineamento utilizado foi o de dois quadrados latinos (QL), 4x4, analisados conjuntamente, de acordo com as produções de leite no início do experimento, constando de quatro períodos de 19 dias cada (14 dias para adaptação e cinco dias para coleta de dados).

Os dados foram submetidos às análises de variância, as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey e regressão, utilizando-se o programa SAS v.8.02 (2001). Como o tratamento foi uma variável contínua (nível de proporção entre cana-de-açúcar hidrolisada e silagem de milho), os graus de liberdade deste

efeito foram desdobrados em efeitos linear, quadrático e cúbico, considerando-se 1 e 5% como nível crítico de significância. O modelo matemático geral utilizado foi:

$$Y_{ijkl} = \mu + q_i + v_j(q_i) + p_k(q_i) + t_l + (t_l q_i) + e_{ijkl}$$

Onde:

Y_{ijkl} = parcela que recebeu o tratamento l, no período k, na vaca j, no quadrado i;

μ = média geral;

q_i = efeito do quadrado latino i (i = 1,2);

$v_j(q_i)$ = efeito da vaca j, dentro do quadrado i (j = 1,2,...8);

$p_k(q_i)$ = efeito do período k, dentro do quadrado i (k = 1,2,3,4);

t_l = efeito do tratamento l (l = 1,2,3,4);

$(t_l q_i)$ = interação entre tratamento l e quadrado i;

e_{ijkl} = erro aleatório da parcela que recebeu o tratamento l, no período k, na vaca j, no quadrado i.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Consumo de nutrientes e digestibilidade *in vitro*

O consumo de matéria seca (CMS – Tabela 5) em kg/dia/vaca foi superior ($P<0,01$) para os animais alimentados com 50% e 100% de silagem de milho (SM) em comparação aos demais tratamentos, o que está relacionado ao menor teor de fibra indigestível da silagem de milho em relação às dietas a base de 70% e 100% de cana-de-açúcar hidrolisada (CH). O maior teor de fibra indigestível da cana-de-açúcar mesmo hidrolisada cal hidratada, associado ao menor teor de proteína bruta, menor consumo de nutrientes digestíveis totais (CNDT) e a menor digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro (DIVFDN) em relação a SM determina maior tempo de permanência desse alimento no trato digestivo dos animais, limitando a ingestão de alimento (ALLEN, 2000). Segundo Magalhães et al. (2004), para cada ponto percentual a mais de cana-de-açúcar *in natura* em substituição a SM na dieta de vacas em lactação, o CMS é reduzido em 0,0266 kg, sendo que no presente experimento a redução no CMS foi de 0,0304 kg a cada ponto percentual a mais de cana-de-açúcar hidrolisada associada a SM.

A análise de regressão considerando a porcentagem de cana-de-açúcar hidrolisada na dieta como fator independente contínuo revelou efeito quadrático, com ponto de máximo para o consumo de matéria seca de 16,61 kg/vaca/dia, o que ocorre quando associa-se 50% de cana-de-açúcar hidrolisada à silagem de milho na dieta. O CMS é afetado quando bovinos consomem forragens de espécies diferentes, independentemente da estratégia de alimentação. Então, torna-se evidente que a digestibilidade da fibra exerce grande efeito no CMS (ALLEN, 1991), ou seja, o consumo é uma função da fração indigestível da dieta (CONRAD, 1966).

Os animais alimentados com dieta a base de 100% e 50% de silagem de milho como volumosos tiveram consumo de proteína bruta (CPB) superior ($P<0,01$) aos dos demais tratamentos, sendo suas médias 1,94 e 1,96 kg/dia. Esses resultados corroboram com os obtidos por Pires et al. (2008), que verificaram para CPB de 3,14 e 3,02 kg/dia para as vacas alimentadas com 100% silagem de milho e

50% silagem de milho + 50% cana-de-açúcar *in natura*, respectivamente. Neste sentido, Sniffen et al. (1993) e Wilson & Kennedy (1996), afirmaram que a ingestão de compostos nitrogenados é importante para atender aos requerimentos microbianos, sobretudo daqueles agentes que digerem a fibra, resultando em aumento do consumo e do desaparecimento do alimento. Segundo Broderick (2003), maiores consumos de proteína degradável no rúmen podem estimular a digestão da fibra pelo aumento do suprimento de ácidos graxos voláteis (AGV) de cadeia ramificada.

Tabela 5. Consumo e digestibilidade *in vitro* dos nutrientes em função dos níveis de cana-de-açúcar hidrolisada na dieta.

	Cana-de-açúcar hidrolisada (%)				ER	CV (%)	R ²
	100	70	50	0			
CMS, kg/vaca/dia	13,08b	14,40b	16,61a	16,12 ^a	1**	6,96	0,89
CPB, kg/vaca/dia	1,43b	1,56b	1,95a	1,94 ^a	2**	7,31	0,83
CEE, kg/vaca/dia	0,49b	0,54b	0,70a	0,71 ^a	3**	6,09	0,84
CFDN, kg/vaca/dia	4,87c	5,56bc	6,30a	6,12ab	4**	8,73	0,94
CFDA, kg/vaca/dia	2,41b	2,81ab	3,18a	3,11 ^a	5*	12,42	0,96
CNDT, kg/vaca/dia	9,83b	10,69ab	11,56a	10,80ab	6**	8,14	0,91
DIVMS (%)	58,58	58,32	58,14	57,7	ns	2,15	
DIVFDN (%)	34,92c	35,72bc	36,17ab	36,66 ^a	7**	1,46	0,93
DIVFDA (%)	21,41	21,35	21,47	21,12	ns	3,22	

ns = não significativo; ** Significativo a 1%; * Significativo a 5%. X = Nível de cana-de-açúcar hidrolisada na dieta, na base da matéria seca (%). $1Y^{\wedge}=16,2074555 + 0,02533359X - 0,00058553X^2$; $2Y^{\wedge}=1,96064835 + 0,00078081X - 0,00006469X^2$; $3Y^{\wedge}=0,71942282 - 0,00009704X - 0,00002371X^2$; $4Y^{\wedge}=6,15048154 + 0,01260363X - 0,00026011X^2$; $5Y^{\wedge}=3,12058274 + 0,00656628X - 0,00013919X^2$; $6Y^{\wedge}=10,8320785 + 0,03076666X - 0,00041498X^2$; $7Y^{\wedge}=36,8035849 - 0,01699245X$. ER = equação de regressão, CV = coeficiente de variação, R² = coeficiente de determinação, CMS = consumo de matéria seca, CPB = consumo de proteína bruta, CEE = consumo de extrato etéreo, CFDN = consumo de fibra em detergente neutro, CFDA = consumo de fibra em detergente ácido, CNDT = consumo de nutrientes digestíveis totais, DIVMS = digestibilidade *in vitro* da matéria seca, DIVFDN = digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro, DIVFDA = digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente ácido.

Com a associação de maiores proporções de cana-de-açúcar hidrolisada à silagem de milho nas dietas, o consumo de proteína bruta e de extrato etéreo apresentou efeito quadrático ($P<0,01$), sendo os pontos de máximo CPB e CEE de 1,96 e 0,72 kg/vaca/dia, tal fato pode ser explicado pelo CMS, e também pelo teor de proteína bruta e extrato etéreo das dietas, que conseqüentemente são influenciados pelo maior teor destes na composição bromatológica da silagem de milho em relação à cana-de-açúcar hidrolisada. Esses resultados estão de acordo

com Teixeira Júnior (2008) que ao avaliar o desempenho de vacas leiteiras alimentadas com silagem de milho, cana-de-açúcar *in natura* e cana-de-açúcar hidrolisada com cal virgem ou hidratada observou maior consumo de proteína bruta pelos animais que consumiram silagem de milho em relação à cana-de-açúcar hidrolisada. Magalhães et al. (2004) encontraram uma diferença de 10,38% no CPB das vacas alimentadas com 100% silagem de milho comparadas às vacas alimentadas com 100% cana-de-açúcar *in natura*, sendo que no presente experimento foi encontrado uma diferença de 26,29% no CPB para vacas alimentadas com silagem de milho em relação ao CPB pelas vacas alimentadas com 100% cana-de-açúcar hidrolisada.

Considerando-se o CMS pelas vacas alimentadas com as dietas 100%CH e 100% SM, houve uma diferença de 3,04 unidades percentuais, correspondendo a um aumento de 23,24% em favor da dieta com 100% SM ($P<0,05$). Da mesma forma, as vacas que foram alimentadas com 100% SM consumiram 35,66% ($P<0,01$) e 9,87% ($P<0,01$) mais proteína bruta e nutrientes digestíveis totais, respectivamente, do que as vacas alimentadas com 100% CH. Sforcini (2009) ofereceu dietas com 100% cana-de-açúcar hidrolisada (48h de armazenamento) e 100% silagem de milho, além do concentrado (milho + farelo de soja + mistura mineral) e obteve aumentos de 66,06% e 116,21% nos CMS e CPB, respectivamente, favorável à vacas alimentadas com 100% silagem de milho.

Comparando-se os CMS, CPB e CNDT das vacas que receberam apenas SM, em relação à dieta com 50% CH + 50% SM, as médias foram muito próximas ($P>0,01$) indicando um efeito associativo, provavelmente melhorando o consumo dos nutrientes.

Quanto ao consumo de extrato etéreo (CEE - Tabela 5) observou-se que os animais alimentados com 100% de silagem de milho e 50% cana-de-açúcar hidrolisada + 50% silagem de milho como volumoso apresentaram consumo superior aos animais dos demais tratamentos ($P<0,01$).

Para o consumo de FDN e FDA, verificou-se que ambas variáveis tiveram efeito quadrático de acordo com a inclusão de cana-de-açúcar hidrolisada e obtendo 24,23 e 23,59% de cana-de-açúcar hidrolisada como porcentagem que resulta em maior CFDN e CFDA, respectivamente. Observou-se ainda que os animais

alimentados com 50% cana-de-açúcar hidrolisada + 50% silagem de milho consumiram mais FDN do que os animais alimentados com 100% cana-de-açúcar hidrolisada ($P<0,01$).

O maior consumo de FDN quando 50% de cana-de-açúcar hidrolisada é incluída na dieta pode ser explicado devido aos animais que receberam esta dieta terem apresentado maior consumo de MS. Isso possivelmente ocorreu em função dos teores de FDN das dietas terem sido próximos, apesar da pequena variação na digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro ($P<0,01$). Pires et al. (2008) ao avaliarem a substituição da silagem de milho por cana-de-açúcar *in natura* mais caroço de algodão na ração (50:50 de volumoso:concentrado) de vacas da raça Holandesa também obtiveram maior consumo de FDN quando a inclusão da cana-de-açúcar *in natura* foi até 50% em substituição à silagem de milho. Magalhães et al. (2004) obtiveram menor consumo de FDN quando as vacas foram alimentadas com 100% de cana-de-açúcar *in natura* em substituição à silagem de milho e atribuíram a este efeito depressivo, o menor consumo de matéria seca e a menor participação deste nutriente na composição química das dietas. O mesmo ocorreu no presente experimento quando os animais consumiram dietas com 100% cana-de-açúcar hidrolisada.

O consumo de nutrientes digestíveis totais (CNDT) foi superior ($P<0,05$) para os animais alimentados com 50% cana-de-açúcar hidrolisada + 50% silagem de milho em comparação aos animais alimentados com 100% de cana-de-açúcar hidrolisada ($P<0,01$). O maior consumo de NDT é atingido quando 37,07% de cana-de-açúcar hidrolisada é associada à silagem de milho. O consumo de NDT pelas vacas alimentadas com 100% cana-de-açúcar hidrolisada foi semelhante ao observado por Magalhães et al. (2004) que obtiveram menor consumo de NDT quando os animais foram alimentados com dietas com 100% cana-de-açúcar *in natura* como volumoso, porém os autores observaram no consumo de NDT um decréscimo linear conforme aumentava a porcentagem de cana-de-açúcar *in natura* em substituição à silagem de milho. O que foi associado ao aumento na ingestão de fibra indigestível.

Quanto aos coeficientes de DIVMS e da DIVFDA, não foram influenciados pelos tratamentos ($P>0,05$). Magalhães et al. (2006) não encontraram diferença na

digestibilidade aparente da matéria seca ao substituir a silagem de milho por diferentes proporções de cana-de-açúcar *in natura*. O coeficiente de DIVMS é semelhante ao encontrado por Rabelo et al. (2010) que encontraram 57,58% de DIVMS ao avaliarem a cal virgem (teor de CaO > 87,3%) como agente hidrolisante.

A digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro (DIVFDN) foi superior ($P < 0,01$) para as dietas com 100% de silagem de milho, apresentando declínio de acordo com a inclusão de maiores proporções de cana-de-açúcar hidrolisada à silagem de milho, obtendo a menor DIVFDN nas dietas com 100% de cana-de-açúcar hidrolisada. Os dados em questão estão de acordo com os obtidos por Magalhães et al. (2006) para a digestibilidade aparente da FDN onde o decréscimo ocorreu com a substituição da silagem de milho pela cana-de-açúcar *in natura*. Porém, Pires et al. (2008) não encontraram diferença na digestibilidade total quando aumentou a porcentagem de substituição de cana-de-açúcar *in natura* + caroço de algodão à silagem de milho.

Os coeficientes de DIVFDN encontrados, confirmam a demonstração de Moreira et al. (2001), que a silagem de milho quando fornecida como a única fonte de volumoso ou associada a outras fontes volumosas aumenta a digestibilidade das entidades nutricionais.

Apesar da diferença estatística observada nas médias da DIVFDN (Tabela 5), pode-se notar que em relação às dietas 100% CH e 100% SM, a diferença na DIVFDN foi de 1,74 unidades percentuais, o que representou uma melhoria de apenas 4,98%. Este fato pode ser relacionado com o teor de proteína bruta da dieta que é o nutriente mais importante para digerir a fibra no rúmen e com o menor consumo de matéria seca, ou seja, 32,67% menor quando as vacas foram alimentadas com 100% CH em relação à 100% SM. Todavia, a associação de 50% de silagem de milho com 50% de cana-de-açúcar hidrolisada, a DIVFDN e o CMS foram semelhantes ($P > 0,01$).

4.2. Produção e composição do leite

As produções e a composição do leite são apresentadas na Tabela 6. A produção de leite e a produção de leite corrigida para 3,5% de gordura (PL3,5%G)

diminuíram linearmente ($P < 0,05$) com adição da cana-de-açúcar hidrolisada nas dietas, o que pode ser explicado pela redução no CMS (Tabela 5) e pelo baixo teor de PB nas dietas (Tabela 4). Segundo Pereira et al. (2005) o teor de PB da dieta de vacas no terço médio da lactação deveria ser 13 a 14% de PB na base da MS da dieta, o que corresponderia a 10 e 12% proteína degradável no rúmen (PDR) da MS dietética, o que deve suprir as necessidades para síntese microbiana e consequentemente manter um nível ótimo para a produção de leite ao longo da lactação, sendo que no presente experimento o teor de PB das dietas estiveram abaixo do ideal para que a produção de leite se mantivesse, sendo os teores de PB de 10,48; 10,38; 11,44 e 11,82% para as dietas com 100% CH, 70% CH + 30% SM, 50% CH + 50% SM e 100% SM, respectivamente, portanto, se o teor proteico das dietas fosse maior provavelmente haveria maior consumo de PB e consequentemente maior produção de leite, podendo até as dietas apresentarem resultados semelhantes de desempenho.

Outro ponto importante que pode influenciar a queda na produção de leite é o baixo CEE e CNDT (Tabela 5) quando maiores proporções de cana-de-açúcar são associadas à silagem de milho pois ocorre baixo fornecimento de energia para os microrganismos do rúmen, que ficam prejudicados para efetuar a síntese de proteína microbiana.

Os resultados de produção de leite e produção de leite corrigida para 3,5% de gordura são semelhantes aos encontrados por Magalhães et al. (2004), que verificaram, pelo cálculo da equação de regressão para produção de leite, que para cada 1% de inclusão de cana-de-açúcar *in natura* na MS da ração houve queda de 0,038 kg de leite/dia. Teixeira Júnior (2009) em experimento com vacas alimentadas com silagem de milho e com cana-de-açúcar hidrolisada com cal virgem, com produção de leite média de 20 kg leite/dia, verificou que a produção de leite foi 11,46% superior para as vacas que consumiram dieta a base de silagem de milho, fato relacionado com o maior consumo de nutrientes.

Alves et al. (2010), avaliaram a produção de vacas leiteiras mestiças alimentadas com dietas contendo cana-de-açúcar *in natura* e cana-de-açúcar hidrolisada associadas a semente de girassol. O CMS foi semelhante, porém observaram que houve aumento de 11,57% na produção de leite quando as vacas

receberam cana-de-açúcar hidrolisada e semente de girassol, o que correspondeu ao aumento de 1,71 kg de leite/vaca/dia, sem alteração da composição do leite, quando comparados a animais que consumiram as dietas contendo cana-de-açúcar *in natura*. Porém ressalta-se que a PB na composição das dietas era de aproximadamente 11%. No presente experimento a produção de leite das vacas alimentadas com 50% cana-de-açúcar hidrolisada + 50% silagem de milho foi 5,94% superior à produção de leite das vacas alimentadas com 100% cana-de-açúcar hidrolisada. Neste sentido, Sforcini (2009) avaliando cana-de-açúcar hidrolisada com dois tempos de armazenamento (48 e 72 h), cana-de-açúcar *in natura* e silagem de milho como únicos volumosos na dieta de vacas em lactação, obteve aumento de 1,55 kg de leite/vaca/dia (13,96%) na produção de leite das vacas alimentadas com cana-de-açúcar hidrolisada e armazenada por 72 horas comparadas a produção de leite das vacas alimentadas com cana-de-açúcar *in natura*.

Tabela 6. Médias de produção de leite (PL), produção de leite corrigida para 3,5% de gordura (PL3,5G), gordura, densidade, extrato seco total (EST), extrato seco desengordurado (ESD) e eficiência produtiva (EP) em função dos níveis de cana-de-açúcar hidrolisada na dieta.

	Cana-de-açúcar hidrolisada (%)				ER	CV (%)	R ²
	100	70	50	0			
PL (kg/dia)	16,33	15,69	17,30	17,74	1*	8,69	0,62
PL3,5G (kg/dia)	16,34ab	15,57b	16,83ab	18,41a	2*	9,71	0,72
Gordura (%)	3,49	3,45	3,34	3,74	ns	10,91	
Densidade(g/L)	1,033	1,033	1,033	1,033	ns	0,05	
EST (g/kg)	12,67	12,58	12,47	12,85	ns	2,98	
ESD (g/kg)	9,18	9,13	9,13	9,11	ns	1,41	
EP (kg leite/kg MS)	1,71a	1,44ab	1,35b	1,40b	3*	12,70	0,99

ns = não significativo; * Significativo a 5%. X = Nível de cana-de-açúcar hidrolisada na dieta, na base da matéria seca (%). $1Y=17,7156132 - 0,01730660X$; $2Y=18,1107429 - 0,02412146X$; $3Y=1,1001 - 0,0039X + 0,00005X^2$. ER = equação de regressão, CV = coeficiente de variação, R² = coeficiente de determinação.

Os teores de gordura, densidade, extrato seco total e desengordurado, não foram influenciados pelas diferentes proporções de cana-de-açúcar hidrolisada nas dietas ($P>0,05$), resultados concordantes com a literatura (MAGALHÃES et al., 2004; MENDONÇA et al., 2004; COSTA et al., 2005), já que, na maioria dos casos, não tem se verificado alteração para os teores de gordura, proteína, lactose, extrato seco total e extrato seco desengordurado entre dietas com SM e cana-de-açúcar *in*

natura. Todavia, era de se esperar diferenças na composição do leite, já que o teor de PB das dietas foram abaixo do ideal (Tabela 4) e os volumosos determinaram diferentes consumos da relação volumoso:concentrado. O aumento da proporção de concentrado, segundo Costa et al. (2005), reduz a relação acetato/propionato ruminal, reduzindo o teor de gordura do leite, principalmente. Todavia, esses mesmos autores mencionam que a utilização de tamponantes, como é o caso do Ca(OH)_2 , são responsáveis pela similaridade na composição do leite entre dietas com SM e Cana-de-açúcar *in natura*.

Salienta-se que os teores médios de densidade permaneceram dentro dos valores exigidos pela Instrução Normativa 62 (BRASIL, 2011), valores entre 1,028 a 1,032. Da mesma forma os teores médios de gordura (média de 3,5%) e ESD (média de 9,14 g/100 g) foram acima do teor mínimo de 3% e 8,4 g/100 g, respectivamente, preconizado para o leite de vaca (BRASIL, 2011).

A eficiência produtiva apresenta equação quadrática ($P < 0,05$) com ponto de mínima eficiência produtiva (1,02 kg leite/kg MS) quando 39% de cana-de-açúcar hidrolisada substituir a silagem de milho. Sendo assim, apesar dos animais alimentados com dietas contendo 100% silagem de milho e 50% silagem de milho + 50% cana-de-açúcar hidrolisada terem consumido mais MS comparado aos demais, o maior consumo não foi capaz de influenciar ($P > 0,05$) a média de produção de leite, o que consequentemente refletiu na menor ($P < 0,05$) eficiência produtiva de vacas alimentadas com dietas contendo 30, 50 e 100% silagem de milho (1,09; 1,04 e 1,10 kg leite/kg MS) comparadas as alimentadas com 100% cana-de-açúcar hidrolisada (1,25 kg leite/kg MS). Esses resultados são divergentes dos encontrados por Queiroz et al. (2008) que ao avaliarem o desempenho de animais alimentados com silagem de cana-de-açúcar, cana-de-açúcar *in natura*, silagem de milho e silagem de milho + cana-de-açúcar *in natura* (50:50% com base na MS), obtiveram maior eficiência produtiva nos animais alimentados com silagem de milho, sendo que os animais que consumiram os demais volumosos tiveram uma eficiência produtiva inferior, devido ao menor consumo de matéria seca (21,3 kg MS/dia) e maior produção de leite (24,0 kg leite/dia) por parte das vacas que consumiram a silagem de milho.

4.3. Parâmetros sanguíneos

Os constituintes do plasma sanguíneo têm relação direta com a composição química e a digestibilidade dos componentes da dieta. Desta forma, as diferentes fontes de ingredientes na ração para vacas em lactação apresentam efeitos sobre a composição do plasma e, em consequência, sobre a composição do leite, determinando, em parte, a qualidade desse produto. A avaliação da composição sanguínea relacionada a lipídeos, carboidratos e proteínas, pode ser usada como indicador da saúde da vaca leiteira, para aprimoramento do padrão nutricional de rebanho, corrigindo desequilíbrios nutricionais, melhorando a saúde e, consequentemente, o desempenho.

Dirksen & Breitner (1993) comentam que os componentes bioquímicos sanguíneos mais comumente determinados no perfil metabólico representam as principais vias metabólicas do organismo, das quais a glicose, o colesterol e o betahidroxibutirato representam o metabolismo energético; a uréia, a hemoglobulina, as globulinas, a albumina e as proteínas totais representam o metabolismo proteico. Adicionalmente, são estudados metabólitos indicadores do funcionamento hepático, tais como as enzimas AST (aspartato aminotransferase), GGT (gama-glutamilttransferase) e γ GT (glutamato desidrogenase), bem como albumina, colesterol total e suas frações LDL, VLDL e HDL, representando o lipidograma completo (GONZALEZ, 1997). Por isso, variações dos metabólicos sanguíneos em vacas leiteiras permitem estimar o processo de adaptação metabólica a novas situações fisiológicas ou de alimentação.

O organismo necessita de glicose para o funcionamento do sistema nervoso, produção e formação de tecido adiposo, atividade muscular, metabolismos da gestação e lactação (MELVIN & REECE, 1996).

O nível de glicose (Tabela 7) das vacas que receberam os tratamentos com as diferentes proporções dos volumosos não foram alterados ($P>0,05$). O nível de glicose permaneceu dentro dos valores de referência (40 a 74 mg/dL) citados por Rebhun (2000), nas vacas alimentadas com dietas com 100% cana-de-açúcar hidrolisada e nas alimentadas com 50% cana de açúcar hidrolisada + 50% silagem de milho. O fato do nível de glicose nas vacas alimentadas com dietas com 100%

cana-de-açúcar hidrolisada estar dentro dos valores referência, demonstra que a síntese de leite não foi prejudicada pela glicose sanguínea, segundo Van Soest (1994) a maioria da glicose proveniente do sangue é utilizada para síntese de lactose e o restante (aproximadamente 20%) para síntese de glicerol e fornecimento de energia no processo biossintético, sendo a glicose sanguínea o fator mais limitante para a síntese de leite. Calixto Junior et al (2010) e Martins et al. (2011) em experimentos com vacas leiteiras obtiveram baixos níveis de glicose para silagem de milho e cana-de-açúcar *in natura* comparados ao presente estudo, sendo os níveis de glicose para SM igual a 47,44 mg/dL e para cana-de-açúcar *in natura* igual a 57,75 mg/dL.

Tabela 7. Metabolitos plasmáticos em função dos níveis de cana-de-açúcar na dieta.

	Cana-de-açúcar hidrolisada (%)				ER	CV (%)	R ²
	100	70	50	0			
Glicose (mg/dL)	74,50	96,04	69,30	91,83	ns	30,54	
Ptn Total (g/dL)	5,58	5,43	5,70	5,50	ns	4,80	
Albumina (g/dL)	2,08	2,08	2,18	2,16	1*	4,28	0,60
Colesterol (mg/dL)	224,23	225,96	218,79	203,94	ns	13,02	
AST(U/L)	56,93b	53,45b	53,46b	66,59a	2**	10,16	0,99
GGT (U/L)	4,78	4,68	4,53	4,80	ns	9,16	
Ureia soro (mg/dL)	8,91b	11,64ab	12,86a	10,64ab	3**	18,87	0,99
NUS (mg/dL)	4,15b	5,43ab	6,03a	4,98ab	4**	18,78	0,98

ns = não significativo; ** Significativo a 1%; * Significativo a 5%. X = Nível de cana-de-açúcar hidrolisada no volumoso, na base da matéria seca (%). $1Y^{\wedge}=2,17700472 - 0,00100236X$; $2Y^{\wedge}=66,5479315 - 0,41703203X + 0,00321726X^2$; $3Y^{\wedge}=10,6632562 + 0,09886655X - 0,00116975X^2$; $4Y^{\wedge}=4,98841195 + 0,04640525X - 0,00055102X^2$. Ptn Total = proteína total, AST = aspartato aminotransferase, GGT = gama-glutamilttransferase, NUS = nitrogênio ureico no soro sanguíneo, ER = equação de regressão, CV = coeficiente de variação, R² = coeficiente de determinação.

As proteínas sanguíneas são sintetizadas principalmente pelo fígado, sendo que sua taxa de síntese está diretamente relacionada com o estado nutricional do animal, especialmente com os níveis de proteína e de vitamina A e com a funcionalidade hepática (PAYNE & PAYNE, 1987). A diminuição das proteínas totais no plasma está relacionada com falhas hepáticas, transtornos renais e intestinais, hemorragias ou por deficiência na alimentação. O nível de proteína total das vacas alimentadas com as diferentes dietas não foram alterados ($P>0,05$), porém estão abaixo dos padrões (6,9 a 9 g/dL) segundo Rebhun (2000), os níveis abaixo do padrão podem ser explicados pela afirmação de Kaneko et al. (1997) de que dietas

com menos de 10% de proteínas causam diminuição dos níveis proteicos no sangue, sendo que o teor de PB das dietas do presente estudo variaram de 10,38 a 11,82%.

A albumina é a proteína mais abundante no plasma sanguíneo, correspondendo aproximadamente a 50% das proteínas circulantes (CONTRERAS, 2000), portanto pode ser indicador do conteúdo de proteína na alimentação.

A concentração de albumina diminuiu linearmente ($P < 0,05$) indicando menor metabolismo proteico nas dietas com maior proporção de cana-de-açúcar hidrolisada. Tal comportamento já era esperado dado o menor conteúdo proteico da cana-de-açúcar. Ressalta-se ainda que o teor de albumina nas vacas recebendo as diferentes dietas estão fora do valor referência (2,8 a 3,9 g/dL) citados por Rebhun (2000).

Em face do menor metabolismo proteico observado principalmente nas vacas alimentadas com maior proporção de cana-de-açúcar hidrolisada, sugere-se que ao adotar uma prática de alimentação, deve-se utilizar concentrado com maior teor proteico ou mesmo estabelecer proporção volumoso:concentrado mais estreita, afim de suprir os animais com maior quantidade de proteína.

O colesterol é armazenado nos tecidos na forma de ésteres de colesterol sendo o precursor dos esteróides do organismo, como corticoesteróides, hormônios sexuais, ácidos biliares e vitamina D. Aproximadamente 50% do colesterol se origina no fígado, 15% no intestino e uma grande proporção do restante da pele. A síntese ocorre a partir do acetil-CoA, que por sua vez, provém do ácido acético produzido no rúmen pela fermentação da fibra da dieta, dependendo do estado nutricional (KANEKO, 1989). O nível de colesterol das vacas alimentadas com as diferentes proporções de cana-de-açúcar hidrolisada e silagem de milho foram semelhantes e permaneceu dentro dos valores de referência de colesterol total (61 a 228 mg/dL), independentemente da dieta ofertada.

As enzimas AST e GGT vem sendo utilizada em ruminantes como indicador de desordem hepáticas (KANEKO et al., 1997). Houve um efeito quadrático para os níveis da enzima AST ($P < 0,01$), cujo valor mínimo de 53,03 U/L ocorreu quando 64,81% de cana-de-açúcar hidrolisada foi utilizada em substituição à silagem de milho, porém todos dentro dos valores de referência para vacas leiteiras (48 a 107

U/L) (REBHUN, 2000). No nível da enzima GGT das vacas alimentadas com as diferentes dietas foi semelhante ($P>0,05$), porém foram inferiores ao valor referência (13 a 39 U/L) citado por Rebhun (2000). O fato da concentração da enzima AST estar dentro dos valores de referência e a concentração da enzima GGT estar abaixo dos mesmos, não se pode inferir mau funcionamento hepático das vacas.

A uréia é um componente comum no sangue e nos outros fluidos do corpo onde sua formação tem origem no fígado pela conversão da amônia. A amônia é tóxica e se não existisse essa conversão da amônia para ureia, no fígado, o organismo se tornaria doente a cada ingestão de alimento protéico (MORRISON & MACKIE, 1996). As concentrações de ureia no sangue variam e são influenciadas pelo aporte de proteína e de energia e pela excreção urinária. Quanto às concentrações de ureia e nitrogênio ureico no soro sanguíneo (NUS) observou-se que os animais alimentados com 50% cana-de-açúcar hidrolisada + 50% silagem de milho apresentaram maior nível de ureia no sangue ($P<0,01$) e consequentemente maior nitrogênio ureico, reflexo do CPB e CNDT (Tabela 5). O único nível de ureia no sangue que ficou fora dos valores referência (10 a 29 mg/dL) citados por Rebhun (2000) foi das vacas alimentadas com 100% cana-de-açúcar hidrolisada. Os níveis de nitrogênio ureico das vacas alimentadas com as diferentes proporções de cana-de-açúcar hidrolisada nas dietas divergem de Carvalho et al. (2011) que avaliando dietas para novilha contendo cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio, obtiveram valores de NUS variando de 14,7 a 16,5 mg/dL. Sendo ainda que Valadares et al. (1997) afirmaram que valores de 14,0 a 16 mg/dL de N-ureico plasmático representariam limites a partir dos quais estariam ocorrendo perdas de proteína dietética.

4.4. Análise de custos

Convém ressaltar que a diferença no preço da silagem de milho em relação à da cana-de-açúcar sempre existirá, uma vez que para a obtenção da silagem há necessidade da ensilagem (processo que envolve várias operações, além do silo e maquinário específico). Neste contexto, o preço poderá ser maior ou menor, em face das oscilações de mercado.

O custo com concentrado por vaca (Tabela 8) foi influenciado ($P < 0,05$) pelos tratamentos, verificando-se maior custo para animais que receberam como volumoso 50% cana-de-açúcar hidrolisada + 50% silagem de milho, sendo que foi semelhante ao custo com concentrado para os animais que receberam como volumoso 100% e 70% cana-de-açúcar hidrolisada. O custo com concentrado é o resultado do ajuste na quantidade de concentrado de acordo com a produção de leite das vacas nos diferentes períodos experimentais.

Tabela 8. Médias de consumo de concentrado (CC), de volumoso (VC), produção de leite (PL), preço de venda do leite, custo com concentrado (CCon), volumoso (CVol), custo com alimentação (CA), receita, margem bruta (MB), eficiência financeira (EFinanceira), custo/benefício, equações de regressão (ER), coeficientes de variação (CV) e de determinação (R^2) em função dos níveis de cana-de-açúcar hidrolisada na dieta.

	Cana-de-açúcar hidrolisada (%)				ER	CV (%)	R^2
	100	70	50	0			
CC, kg MN/vaca/dia	6,53	6,28	6,92	7,10			
VC, kg MN/vaca/dia	29,67	34,35	36,74	36,13			
PL, kg/vaca/dia	16,33	15,69	17,30	17,74			
Preço do leite ¹ , R\$/kg	0,706	0,706	0,706	0,706			
CCon, R\$/kg	0,62	0,62	0,62	0,62			
CVol, R\$/kg	0,13	0,16	0,18	0,24			
CCon, R\$/vaca/dia	4,40ab	4,25ab	4,53a	4,17b	ns	5,15	
CVol, R\$/vaca/dia	3,80d	5,57c	6,78b	8,71a	1**	8,63	0,98
CA ³ , R\$/vaca/dia	8,21d	9,83c	11,31b	12,88a	2**	4,78	0,97
Receita ⁴ , R\$/vaca/dia	11,53	11,08	12,22	12,52	3*	8,70	0,62
MB ⁵ , R\$/vaca/dia	3,32a	1,25b	0,90b	-0,36b	4**	92,94	0,91
EFinanceira ⁶	1,41a	1,13b	1,08b	0,98b	5*	10,88	0,98
Custo/Benefício ⁷	0,51c	0,63b	0,66ab	0,73a	6**	9,53	0,90

ns = não significativo; ** Significativo a 1%; * Significativo a 5%. X = Nível de cana-de-açúcar hidrolisada na dieta, na base da matéria seca (%). $1Y^{\wedge} = 8,89670991 - 0,04872995X$; $2Y^{\wedge} = 13,1332429 - 0,04687146X$; $3Y^{\wedge} = 12,5068042 + 0,01221462X$; $4Y^{\wedge} = -0,6259316 + 0,03465330X$; $5Y^{\wedge} = 0,97900356 - 0,00121019X + 0,00005389X^2$; $6Y^{\wedge} = 0,74313679 - 0,00200590X$. ¹Preço do leite tipo B pago ao produtor; ³CA = custo com concentrado + custo com volumoso; ⁴Receita = produto da produção diária de leite e o preço de venda do leite tipo B; ⁵MB = diferença entre a receita e o custo com alimentação; ⁶EFinanceira = quociente entre receita e custo com alimentação; ⁷Custo/benefício = quociente entre o custo diário com alimentação e produção diária de leite.

O custo com volumoso por vaca ($Y = 8,89670991 - 0,04872995X$) apresentou variação linear decrescente ($P < 0,01$) conforme ocorreu aumento da inclusão de cana-de-açúcar hidrolisada nas dietas, resultados que são reflexo do maior custo da silagem de milho em relação à cana-de-açúcar hidrolisada, o que está relacionado à menor produção do milho por hectare como também devido ao envolvimento de

maiores custos operacionais para sua conservação, conferindo a este volumoso maior custo por tonelada produzida.

Em resposta dos custos com concentrado e com volumoso, o maior ($P < 0,01$) custo com alimentação foi atribuído aos animais alimentados com 100% silagem de milho em relação aos demais tratamentos, os quais foram diferentes entre si, sendo ainda que apresentou variação linear de acordo com o aumento da inclusão de cana-de-açúcar hidrolisada nas dietas. Ressalta-se que não foi incluído o custo da mão-de-obra da aplicação ou mesmo do equipamento no caso de grande quantidade de cal a ser aplicada quando é realizada a hidrólise da cana-de-açúcar. De qualquer forma, comparando-se o custo da silagem de milho (R\$ 0,24/kg) em relação à cana-de-açúcar hidrolisada (R\$ 0,13/kg), houve um aumento de 84,61%. Fato este que destaca o elevado custo da silagem de milho.

A receita com a venda do leite tipo B diminuiu linearmente ($P < 0,05$) com adição da cana-de-açúcar hidrolisada nas dietas, o que pode ser explicado pelas produções de leite, pois quanto maior a quantidade de leite produzido maior a receita.

A margem bruta foi influenciada significativamente pelos tratamentos ($P < 0,01$), reflexo da variação nos custos com alimentação, aumentando linearmente com a inclusão de cana-de-açúcar hidrolisada nas dietas, visto que o custo da cana-de-açúcar hidrolisada é inferior ao da silagem de milho. A cana-de-açúcar *in natura* e a cana-de-açúcar hidrolisada contribuem com menos de 1% do custo total da alimentação, enquanto que, volumosos tradicionais como a silagem de milho podem atingir valores acima de 9% (PACHECO et al., 2006; RESTLE et al., 2007; MISSIO et al., 2009). Oliveira et al. (2011) também observou margens brutas melhores em dietas à base de cana-de-açúcar frente àquelas com silagem de milho, para uma produção de leite média de 14 kg leite/dia.

Quanto à eficiência financeira observou-se que apresentou variação quadrática com o aumento da inclusão de cana-de-açúcar hidrolisada, sendo o ponto de mínima para 11,23% de cana-de-açúcar hidrolisada que resulta na pior eficiência financeira (0,97). Teixeira Júnior (2008) avaliando dietas formuladas com silagem de milho, cana-de-açúcar *in natura* e cana-de-açúcar hidrolisada com 0,5% de cal virgem ou 0,5% de cal hidratada armazenadas até 48 horas, verificou

melhores eficiências financeiras para dietas compostas por cana-de-açúcar hidrolisada.

Verificou-se que custo/benefício foi pior para o tratamento com 50 e 100% silagem de milho em relação aos demais tratamentos, reflexo do maior custo da silagem de milho em comparação aos volumosos baseados na cana-de-açúcar hidrolisada. O custo/benefício apresentou melhor ajuste à equação de regressão linear decrescente conforme adicionou-se cana-de-açúcar hidrolisada nas dietas. Sforcini (2009) avaliando cana-de-açúcar hidrolisada com dois tempos de armazenamento, cana-de-açúcar *in natura* e silagem de milho como únicos volumosos na dieta de vacas em lactação, observou melhor custo/benefício nas dietas com cana-de-açúcar.

A opção pela quantidade do volumoso na dieta, depende da disponibilidade, preço e planejamento de utilização.

5. CONCLUSÕES

Embora todas as proporções possam ser utilizadas, recomenda-se a proporção 50% entre a silagem de milho e a cana-de-açúcar hidrolisada, visto que o consumo de nutrientes, a produção e composição do leite e a produção de leite corrigida para 3,5% de gordura das vacas alimentadas nesta proporção, se assemelha das vacas alimentadas unicamente com silagem de milho, bem como também proporciona os melhores resultados no metabolismo animal (parâmetros sanguíneos).

Os teores de proteína total, albumina e nitrogênio ureico no soro sanguíneo demonstraram que houve déficit de PB nas dietas.

Conforme a análise parcial de custo, a cana-de-açúcar hidrolisada pode reduzir o custo da dieta e conseqüentemente o custo do quilograma de leite produzido nos sistemas de produção, possibilitando o equacionamento do manejo dos volumosos ao longo do tempo conforme a disponibilidade dos mesmos para uso na alimentação das vacas leiteiras.

6. REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL 2013: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2013. 480 p.
- ALLEN, M.S. Carbohydrate nutrition. **The Veterinary Clinics of North America**, v.7, n.2, p.327-340, 1991.
- ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 7, p. 1598 - 1624, 2000.
- ALMEIDA, M.F.; VON TIESENHAUSEN, I.M.E.V.; AQUINO, L.H. et al. Composição química e consumo voluntário das silagens de sorgo, em dois estádios de corte, girassol e milho para ruminantes. *Cienc. Prat.*, v.19, p.315-321, 1995.
- ALVES, A. C. N. ; FAVARO, V.R.; EZEQUIEL, J.M.B.; LIMA, M.L. P.Fibra em detergente ácido e fibra em detergente neutro da cana-de-açúcar hidrolisada em diferentes tempos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** SBZ, Jaboticabal, SP: SBZ, 2007. CD ROM.
- ALVES, A.C.N.; EZEQUIEL, J. M.B.; LIMA, M. L. P.; AUGUSTINHO, E. T. Desempenho produtivo de vacas mestiças alimentadas com cana-de-açúcar hidrolisada e in natura. *Nucleus Animalium*, v.2, n.2, p.99-106, 2010. Disponível em: <[http:// www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/animalium/article/view/497](http://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/animalium/article/view/497)>. Acesso em: 18 jul. 2012. doi: 10.3738/1982.2278-497.
- ANDERSON, D.C.; RALSTON, A .T. Chemical treatment of ryegrass straw: in vitro dry matter digestibility and composition changes. **Journal of Animal Science**, Amsterdam, v.37, p.149-154, 1973.

ANDRADE, J.B.; FERRARI Jr., E.; BRAUN, G. Valor nutritivo da cana-de-açúcar tratada com hidróxido de sódio e acrescida de rolão de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 1265-1268, 2001.

ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília. **Anais...**Brasília: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. 32p. CD-ROM T025-3.

AROEIRA, L. J. M.; LOPES, F. C. F.; DAYRELL, M. S. et al. Digestibilidade, degradabilidade e taxa de passagem da cana-de-açúcar mais uréia e do farelo de algodão em vacas mestiças holandês x zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, n.6, p.1016-1026, 1995.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 12 ed.Washington, D.C.,1995.

ATHANASSOF, N. Cana na alimentação dos animais domésticos. **Revista de Agricultura**, v. 15, n.10, p. 421-427, 1940.

BALIEIRO NETO, G.; NOGUEIRA, J.R.; POSSENTI, R. Óxido e hidróxido de cálcio na digestibilidade *in vitro* da MS e fibra em detergente neutro da cana-de-açúcar IAC 86- 2480. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 18., 2008, João Pessoa. **Anais...**, CD ROOM.

BIONDI, P.; CAIELLI, E.L.; FREITAS, E.A.N.; LUCCHI, C.S.; ROCHA, G.L. Substituição parcial e total da silagem de milho por cana-de-açúcar como únicos volumosos para vacas em lactação. **Boletim Indústria Animal**, Nova Odessa, v.35,n.1, p. 45-55, 1978.

BRASIL, Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Instrução Normativa nº 62 de 29 de dezembro de 2011**. Instrução Normativa n.62, de 29

de dezembro de 2011. **Diário Oficial da União**, Brasília, Distrito Federal, 30 de dezembro de 2011. Seção 1.

BRODERICK, G.A. Alfalfa silage or hay versus corn silage as sole forage for lactating dairy cows. **Journal Dairy Science**, v.68, n.12, p. 3262-3271, 1985.

BRODERICK, G.A. Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.86, n.4, p.1370-1381, 2003.

BUETTNER, M. R.; LECHTENBERG, V. L.; HENDRIX, K. S.; HERTEL, J.M. Composition and digestion of ammoniated tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) hay. **Journal of Animal Science**, Amsterdam, v.54, n.1, p.173-178, Janeiro, 1982.

CALIXTO JÚNIOR, M.; JOBIM, C.C.; SANTOS, G.T.; BUMBIERIS JÚNIOR, V.H. Constituintes sanguíneos de vacas da raça holandesa alimentadas com silagens de milho ou capim-elefante. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina vol. 31, n. 2 p. 429-438, 2010.

CAPELLE, E. R.; VALADARES FILHO, S. de C.; SILVA, J. F. C.; CECON, P. R. Estimativas do Valor Energético a partir de Características Químicas e Bromatológicas dos Alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**., vol. 30, n. 6 p. 1837-1856, 2001.

CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V.; SILVA, R.R.; SANTANA JÚNIOR, H.A.; PINHEIRO, A.A.; MENDES, F.B.L.; RIBEIRO, L.S.O. Consumo e digestibilidade aparente em novilhas alimentadas com dietas contendo cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.12, p.2703-2713, 2010.

CEPEA-ESALQ/USP Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada.
Disponível em: <www.cepea.esalq.usp.br>. Acesso: 20 Novembro 2010.

CHAUDHRY, A.S. In vitro and in sacco digestibility of wheat straw treated with calcium oxide and sodium hydroxide alone or with hydrogen peroxide. **Animal Feed Science and Technology**. Amsterdam, v.74, p.301-313, 1998.

CONRAD, H.R. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants. Physiological and physical factors limiting feeding intake. **Journal of Animal Science**, Amsterdam, v.25, p.227-235, 1966.

CONTRERAS, P. Indicadores do metabolism proteico utilizado nos perfis metabólicos de rebanhos. In: GONZÁLEZ, H.D.; BARCELLOS, J.; PATINÕ, H. O.; RIBEIRO, L.A.O (Eds.) Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais. Porto Alegre: Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000. p.23-30.

COOMBRE, J. B.; DINIUS, D.A.; WHEELER, W.E. Effect of alkali treatment on intake and digestion of barley straw by steers. **Journal of Animal Science**, Amsterdam, v. 49, n. 1, p. 169- 176, 1979.

CORRÊA, C.E.S.; PEREIRA, M.N.; OLIVEIRA, S.G.de; RAMOS, M.H., Performance of holstein cows fed sugarcane or corn silages of different grain textures. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.60, n.4, p. 621-629, 2003.

COSTA, B.; FRANCO, M. Cana. **DBO Rural**, São Paulo, p.64-73, 1998.

COSTA, M.G.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; MENDONÇA, S.S.; SOUZA, D.P.; TEIXEIRA, M.P. Desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com diferentes proporções de cana-de-açúcar e concentrados ou silagem de milho na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p. 2437-2445, 2005.

- COSTA, W. **A Cana de Açúcar na Alimentação de Bovinos**. Artigos técnicos Nutroeste. Nutrição Animal, 2013. Disponível em: <<http://www.nutroeste.com.br/>> Acesso em: 10 jan 2013.
- DIAS, A.M.; ÍTAVO, L.C.V.; DAMASCENO, J.C.; SANTOS, G.T.; ÍTAVO, C.C.B.F.; SILVA, F.F.; NOGUEIRA, E; SOARES, C.M. Sugar cane treated with doses of calcium hydroxide in the diet for bovines: intake, digestibility and ingestive behavior. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 1799-1806, 2011.
- DIRKSEN, G.; BREITNER, W. New quick-test for semi quantitative determinations of beta-hydroxybutyric acid in bovine milk. **Journal Veterinary Medical Animal Physiology Pathology Clinical Medical**, v.40, p.779-784, 1993. Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8135084>>. Acesso em: 20 nov. 2010.
- DHIMAN, T.R., SATTER, L.D. Yield response of dairy cows fed different proportions of alfalfa silage and corn silage. **Journal Dairy Science**, v. 80, n.9, p.2069-2087. 1997.
- DOMINGUES, F. N.; OLIVEIRA, M. D. S., SIQUEIRA, G. R.; ROTH, A.P. de T.P.; SANTOS, J. dos.; ANDRADE A. T.; R. R. , ROTH; M. de T. P.; Efeitos das doses de cal microprocessada (CaO) e do tempo após o tratamento sobre a estabilidade aeróbia e dinâmica de microrganismos da cana-de-açúcar “in natura”. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006 João Pessoa, PA. **Anais...** SBZ, João Pessoa, PB: SBZ, 2006. CD ROM.
- DOMINGUES, F.N.; OLIVEIRA, M.D.S.; SIQUEIRA, G.R.; ROTH, A.P.T.P.; SANTOS, J. MOTA, D.A. Estabilidade aeróbia, pH e dinâmica de desenvolvimento de microrganismos da cana-de-açúcar in natura hidrolisada com cal virgem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.4, p.715-719, 2011.

DOMINGUES, F. N. ; OLIVEIRA, M.D.S.; MOTA, D.A. ; Ferreira, D. S. ; SANTOS, J. Desempenho de novilhas de corte alimentadas com cana hidrolisada. **Ciência Animal Brasileira**, v. 13, n.1, p. 8-14, 2012.

EZEQUIEL, J.M.B.; QUEIROZ, M.A.A.; GALATI, R.L. Processamento da cana –de-açúcar: Efeito sobre a digestibilidade, o consumo e a taxa de passagem. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1704-1710, 2005.

FAHEY JÚNIOR., G. C.; BOURQUIN, L. D.; TITGEMEYER, E. C.; ATWELL, D. G. Postharvest treatment of fibrous feedstuffs to improve their nutritive value. In: JUNG, H.G.; BUXTON, D.R.; HATFIELD, R.D.; RALPH, J. (Eds.). **Forage cell wall structure and digestibility**. Madison: ASA-CSSA-SSSA, 1993. p. 715-766.

FARIA, A.E.L.; OLIVEIRA, M.D.S.; BARBOSA, J.C. Composição bromatológica de duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes períodos e condições de armazenamento. **Ars Veterinária**, v.16, n.3, p.220-226, 2000.

FERNANDES, A. M.; QUEIROZ, A. C.; LANA, R. P.; PEREIRA, J. C.; CABRASL, S. L.; VITTORI, A., Estimativas da produção de leite por vacas holandesas mestiças, segundo o sistema CNCPS, em dietas contendo cana-de-açúcar com diferentes valores nutritivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.4, p.1350-1357, 2001.

GONZÁLEZ, F.H.D. O perfil metabólico no estudo de doenças da produção em vacas leiteiras. **Arquivo da Faculdade Veterinária UFRGS**, v.25, n.02, p.13-33, 1997. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/favet/lacvet/restrito/pdf/gonzalez_perfil.pdf>. Acesso em: 20 out. 2010.

GUIMARÃES, J. E. P. **Aplicações da cal no meio rural**. São Paulo, Associação Brasileira de Produtores de Cal, 2003.

GUTMANN, I.; BERGMEYER, H.U. **Reagents for enzymatic analysis**. In: BERGMEYER, H.U.; GAWEHN, K. *Methoden der enzymatischen analyse*. 3.ed. Weinheim: Verlag Chemie, 1974. V.2, p.1839-1842. Disponível em: <<http://www.clinchem.org/cgi/reprint/18/6/499>> Acesso em: 20 out. 2010.

HIDROCANA. Hidrólise em cana-de-açúcar: uma ótima opção na alimentação de bovinos com baixo custo. Disponível em: <www.hidrocana.com.br>. Acesso em: 17 maio 2009.

HOLDEN, L. A. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for tem feeds. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 82, n. 8, p. 1791 - 1794, 1999.

JACKSON, M. G. Review article: the alkali treatment of straws. **Animal Feed Science and Technology**, v. 2, n. 2, p. 105-130, 1977.

JUNG, H.G. Identification of cell wall traits that can be manipulated to improve forage digestibility. In: DAIRY FORAGE INDUSTRY CONFERENCE, 1996, Madison. *Proceedings...* Madison: US Dairy Forage Research Center, 1996. p.9-14.

KANEKO, J.J. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. 4th ed. San Diego. Academic Press, Inc. 1989.

KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M. L. (eds) **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. (5th ed.), New York, Academic Press, 1997.

KLOPFENSTEIN, T., Chemical treatment of crop residues. **Journal of Animal Science**, Amsterdam, v. 46, n.3, p.841-848, 1978.

KLOPFENSTEIN, T., Increasing the nutritive value of crop residues by chemical treatments. In: HUBER, J.T. **Upgrading residues and products for animals**. Boca Raton: Ed. CRC Press, 1980. p. 40-60.

- LACEY, J.; LORD, K. A.; CAYLEY, G. R. Chemical for preventing mounding in damp hay. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, n. 6, v. 3, p. 323-336, 1981.
- LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P.; RODRIGUES, A. A; CRUZ, G. M.; ROSSETO, R.; FIGUEIREDO, P. et al. **A variedade IAC 86-2480 como nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros: manejo de produção de uso na alimentação animal**. Campinas: IAC, 2002. 36p. (Boletim Técnico IAC 193 Série Tecnologia APTA).
- LIMA, J.B.M.P.; GRAÇA, D.S.; BARBOSA, G.S.S.C.; SOUZA, G.M. Digestibilidade aparente e consumo de matéria seca, proteína bruta e energia do bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) tratado com amônia anidra. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006. João Pessoa. **Anais...** Paraíba: SBZ, 2006. CD ROM.
- MACEDO, D.C. **Composição bromatológica da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) hidrolisada com cal virgem**. 2007. 44f. Monografia (Trabalho de graduação em Agronomia) Faculdade de ciências agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.
- MAGALHÃES, A.L.R.; CAMPOS, J.M.S; VALADARES FILHO, S.C.; TORRES, R.A.; MENDES NETO, J.; ASSIS, A.J. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: desempenho e viabilidade econômica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1292-1302, 2004.
- MAGALHÃES, A.L.R.; CAMPOS, J.M.S.; CABRAL, L.S.; MELLO, R.; FREITAS, J.A.; TORRES, R.A.; VALADARES FILHO, S.C.; ASSIS, A.J. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho para vacas em lactação: parâmetros digestivos e ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 2, p. 591-599, 2006.

- MANZANO, R.P.; FUKUSHIMA, R.S.; GOMES, J.D.F.; GARIPPO, G. Digestibilidade do bagaço de cana-de-açúcar tratado com reagentes químicos e pressão de vapor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.1196-1204, 2000.
- MARTINS, S.C.S.G; ROCHA JÚNIOR, V.R; CALDEIRA, L.A; PIRES, D.A.A.; BARROS, I.C.; SALES, E.C.J; SANTOS, C.C.R.; AGUIAR, A.C.R.; OLIVEIRA, C.R. Consumo, digestibilidade, produção de leite e análise econômica de dietas com diferentes volumosos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.12, n.3, p.691-708, 2011.
- MELVIN, J.; REECE, W.O. **Dukes - Fisiologia dos animais domésticos**. 11.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. p.390-397.
- MENDONÇA, S. de S.; CAMPOS J.M. de S.; VALADARES FILHO, S. de C.; et al., Consumo, digestibilidade aparente, produção e composição do leite e variáveis ruminais em vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.2, p.481-492, 2004.
- 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.
- MISSIO, R. L.; BRONDANI, I. L.; FREITAS, L. S.; SACHET, R. H.; SILVA, J. H. S.; RESTLE, J. Desempenho e avaliação econômica da terminação de tourinhos em confinamento alimentados com diferentes níveis de concentrado na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 7, p. 1309 - 1316, 2009.
- MFRURAL Mercado Físico Rural. Disponível em: <<http://www.mfrural.com.br>>, 2010.
- MOREIRA, A.L.; PEREIRA, O.G.; GARCIA, R.; VALADARES FILHO, S.C.; CAMPOS, J.M.S.; MORAES, S.A.; ZERVOUDAKIS, J.T. Consumo e

digestibilidade aparente dos nutrientes da silagem de milho e dos fenos de alfafa e de capim-coastcross, em ovinos. **Revista brasileira de zootecnia**, viçosa, v. 30 n. 3, suppl.1, p. 1099-1105, 2001.

MORRISON, M. E.; MACKIE, R. I. Nitrogen metabolism by ruminal microorganisms: current understanding and future perspectives. *Aust. J. Agric. Res.*, Queensland, v.47, n. 2, p. 227-246, 1996.

MOTA, D. A. **Diferentes tipos de cales na hidrólise da cana-de-açúcar IAC 86-2480**. 2008. 54f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-FCAV/UNESP, Jaboticabal, 2008.

MOTA, D.A.; OLIVEIRA, M. D. S.; DOMINGUES, F. N.; MANZI, G. M.; FERREIRA, D. S.; SANTOS, J. Hidrólise da cana-de-açúcar com cal virgem ou cal hidratada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, p. 1186-1190, 2010.

NAUFEL, F.; GOLDMAN, E.F.; GUARAGNA, R.N.; et al. Estudo comparativo entre cana-de-açúcar e silagens de milho, sorgo e capim-napier na alimentação de vacas leiteiras. **Boletim Indústria Animal**, Nova Odessa, v.26, p. 9-22, 1969.

NEIVA, J. N. M.; GARCIA, R.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Consumo e digestibilidade aparente de matéria seca e nutrientes em dietas à base de silagens e rolão de milho amonizados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.27, n.3, p.453-460, 1998.

NOGUEIRA FILHO, J.C.M.; LUCCI, C.de S.; ROCHA, G.L. da; et al. Substituição parcial da silagem de sorgo por cana-de-açúcar como únicos volumosos para vacas em lactação. **Boletim Indústria Animal**, Nova Odessa, v.34,n.1, p. 75-84, 1977.

- NUSSIO, L.G. Cana. Depois de se impor em pequenos confinamentos, ela começa a atrair os grandes. Para isso tem de vencer o desafio da ensilagem. **Revista DBO Rural**, n.6, p.104-112, 2003.
- NUSSIO, L.G. Cana-de-açúcar. Volumoso pode ser dado até para vacas de alta produção. **Revista Mundo do Leite**, n.6, p.18-20, 2008.
- 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. 2001, Maringá. *Anais...* Maringá: UEM, 2001. p. 319.
- NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P.; QUEIROZ, O.C.M. Alternativas de uso e manejo de cana-de-açúcar para bovinos. In: Simpósio goiano sobre manejo e nutrição de bovinos de corte, 7., 2005, Goiânia. **Anais ...** Goiânia: CBNA, p. 299-321, 2005.
- OLIVEIRA, I.S.; CABRAL, L.S.; ZERVOUDAKIS, J.T.; ABREU, J.G.; RODRIGUES, R.C. ; MORENZ, M.J.F. Consumo, digestibilidade e desempenho de vacas leiteiras submetidas a dietas baseadas em volumosos tropicais no Centro Oeste do Brasil. **Livestock Research for Rural Development**, v. 23, p. 224, 2011.
- OLIVEIRA, M.D.S. **Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos**. Jaboticabal: FUNEP, 1999. 128p.
- OLIVEIRA, M.D.S.; QUEIROZ, M. A. A.; CALDEIRÃO, E.; BETT, V.; RIBEIRO, G.M. Efeito da hidrólise com NaOH sobre a digestibilidade in vitro da matéria seca da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). **Ars Veterinaria**, Jaboticabal, v.18, n.2, p.167-173, 2002.
- OLIVEIRA, M.D.S.; ANDRADE, A.T.; BARBOSA, J.C. et al. Digestibilidade da cana-de-açúcar hidrolisada, *in natura* e ensilada para bovinos. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.8, n.1, p. 41-50, 2007.

- OLIVEIRA, M. D. S. Cana-de-açúcar hidrolisada na alimentação de bovinos – Técnica da hidrólise com cal virgem ou hidratada. FUNEP: Jaboticabal, 116p. 2010.
- OLOLADE, B. G.; MOWAT, D. N.; SMITH, G. C. Digestibility and nitrogen retention of NaOH treated diet. **Journal of Animal Science**, Amsterdam, v. 37, n. 1, p. 352-358, 1973.
- PACHECO, P. S.; RESTLE, J.; VAZ, F. N.; FREITAS, A. K.; NEUMANN, M.; ARBOITTE, M. Z. Avaliação econômica em confinamento de novilhos jovens e superjovens de diferentes grupos genéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 309 - 320, 2006.
- PAIVA, J.A.J.; MOREIRA, H.A.; CRUZ, G.M. et al. Cana-de-açúcar associada à uréia/sulfato de amônio como volumoso exclusivo para vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.20, n.1, p.90-99, 1991.
- PAIVA, J.A.J.; GARCIA, R.; QUEIROZ, A.C. et al. Efeitos dos diferentes níveis de amônia anidra e períodos de amonização sobre a degradabilidade da matéria seca e de constituintes da parede celular da palhada de milho (*Zea mays L.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.24, n.5, p.693-705, 1995.
- PAYNE, J.M.; PAYNE, S. The metabolic profile test. **Oxford University Press**. New York, 1987.
- PEDROSO, A. M. Silagem de milho: a rainha das forrageiras. Isto sempre é verdade? **Mundo do Leite**, São Paulo/SP, p. 52 - 54, 15 jun. 2013.
- PELL, A.N., SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. **Journal Dairy Science**, v. 76, n.4, p. 1063-1073, 1993.

- PEREIRA, E.S.; QUEIROZ, A.C.; PAULINO, M.F.; CECON, P.R.; VALADARES FILHO, S.C.; MIRANDA, L.F.; ARRUDA, A.M.V; FERNANDES, A.M.; CABRAL, L.S. Fontes nitrogenadas e uso de *Sacharomyces cerevisiae* em dietas baseadas em cana-de-açúcar para novilhos: consumo, digestibilidade, balanço nitrogenado e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 2, p. 563-572, 2001.
- PEREIRA, M.L.A.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; CAMPOS, J.M.S.; LEÃO, M.I.; PEREIRA, C.A.R.; SILVA, P.A.; MENDONÇA, S.S. Consumo, Digestibilidade Aparente Total, Produção E Composição Do Leite Em Vacas No Terço Médio Da Lactação Alimentadas Com Níveis Crescentes De Proteína Bruta No Concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 3, p. 1040-1050, 2005.
- PIRES, A.V.; SIMAS, J.M.C.; ROCHA, M.H.M. et. al. Efeito da substituição da silagem de milho pela cana-de-açúcar no consumo de matéria seca, parâmetros ruminais, produção e composição do leite de vacas holandesas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. (CD-ROM).
- PIRES, A.V.; SUSIN, I.; SIMAS, J.M.C.; SANTOS, F.A.P.; MENDES, C.Q.; OLIVEIRA JUNIOR, R.C.; FERNANDES, J.J.R.; ARAUJO, R.C. Substituição de silagem de milho por cana-de-açúcar e caroço de algodão nos parâmetros ruminais, síntese de proteína microbiana e utilização dos nutrientes em vacas lactantes. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 1, p. 50-58, 2008.
- PRESTON, T.R. Nutritional limitations associated with the feeding of tropical forages. **Journal Animal Science**, v.54, n.4, p.877-883, 1982.
- PRESTON, T.R.; LENG, R.A. La caña de azúcar como alimento para los bovinos. **Revista Mundial de Zootecnia**, n.27, p.7-12, 1978.

QUEIROZ, O.C.M.; NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P.; RIBEIRO, J.L; SANTOS, M.C.; ZOPOLLATO, M. Silagem de cana-de-açúcar comparada a fontes tradicionais de volumosos suplementares no desempenho de vacas de alta produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.358-365, 2008.

RABELO, C. H. S.; REZENDE, A.V.; NOGUEIRA, D.A.; RABELO, F.H.S.; ELIAS, R.F.; FARIA JÚNIOR, D.C.N.A. Composição químico-bromatológica e digestibilidade in vitro da matéria seca de cana-de-açúcar hidrolisada com cal virgem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador/BA, v. 11, p. 1137-1149, 2010.

REBHUN, W.C. Doenças do Gado Leiteiro. São Paulo: Editora Roca, 2000. p. 339 - 377.

REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. A.. **Amonização de volumosos**. Jaboticabal: FCAVJ-UNESP/FUNEP, 1993. Boletim técnico.

REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. A.; PEREIRA, J. R. A. BONJARDIM, S. R. Amonização de resíduos de culturas de inverno. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.22, n.5, p.787-793, 1993.

REIS, R.A.; BERTIPAGLIA, L.M.A.; SIQUEIRA, G.R. et al. Estratégias para o tratamento de volumosos. In: Federação da Agricultura do Estado de Sergipe; EMBRAPA Tabuleiros Costeiros. (Org.). **Simpósio Nordeste Rural**. 01 ed. Aracaju: Federação da Agricultura do Estado de sergipe, v. 01, p. 151-170. 2006.

RESTLE, J.; PACHECO, P. S.; COSTA, E. C.; FREITAS, A. K.; VAZ, F. N.; BRONDANI, I. L.; FERNANDES, J. J. R. Apreciação econômica da terminação em confinamento de novilhos Red Angus superjovens abatidos com diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 978 - 986, 2007.

- RODRIGUES, A.A. Potencial e limitações de dietas à base de cana-de-açúcar e uréia para recria de novilhas e para vacas em lactação. In: SIMPÓSIO MINEIRO DE NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE, 2., 1999, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, p.66-75, 1999.
- SANTOS, M. C., **Aditivos químicos para o tratamento de cana-de-açúcar in natura e ensilada (*Saccharum officinarum* L.)**. 2007. 113f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- SAS Institute. **Statistical analysis system user’s guide**. Version 8.02. Cary: Statistical Analysis System Institute, 2001.
- SCHMIDT, P. ; MARI, L.J. ; NUSSIO, L.G. ; PEDROSO, A. F. ; PAZIANI, S.F. ; WECHSLER, F. S. Aditivos químicos e biológicos na ensilagem de cana-de-açúcar. 1. Composição química das silagens, ingestão, digestibilidade e comportamento ingestivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 1666-1675, 2007.
- SFORCINI, M. P. R. **Silagem de milho, cana-de-açúcar in natura e hidrolisada, para vacas em lactação**. 2009. 76f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2009.
- SILVA, B. O.; LEITE, L. A.; FERREIRA, M. I.C.; et al. Silagens de girassol e de milho em dietas de vacas leiteiras: produção e composição do leite. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.56, p.750-756, 2004.
- SILVA, J. F. C. O ruminante e o aproveitamento de subprodutos fibrosos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n.119, p.8-15, nov. 1984.
- SILVA, R.,A.; CACERE, E.R.; DIAS, A.C.S.; RIBEIRO, C.B.; SOUZA, A . R.D.L.; VASCONCELOS, P.C.; MORAIS, M.G.; FRANCO, G.L. Efeito da adição de cal

hidratada na cana-de-açúcar picada sobre a composição química e digestibilidade in vitro da matéria seca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006. João Pessoa. **Anais ...** Paraíba: SBZ, 2006. CD-ROM.

SILVA, T.M.; OLIVEIRA, M.D.S.; SAMPAIO, A.A.M.; ANDRADE, A.T.; BARBOSA, J.C.; FERNANDES, A.R.M.; CALDEIRÃO, E.; RIBEIRO, G.M.; FAZOLO, B., Efeito da hidrólise de diferentes variedades de cana-de-açúcar sobre a digestibilidade ruminal “in vitro”. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42^a, Goiânia, GO. 2005. **Anais...** CD ROM.

SIQUEIRA, G. R.; ROTH, M.T.P.; MORETTI, M.H.; BENATTI, J.M.B.; RESENDE, F.D. Uso da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, p. 991-1008, 2012.

SKLAN, D. et al. Fatty acids, calcium soaps of fatty acids, and cottonseeds fed to high yielding cows. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.2463-2472, 1992. Disponível em: < <http://jds.fass.org/cgi/reprint/75/9/2463>>. Acesso em: 20 out. 2010.

SNIFFEN, C.J.; BEVERLY, R.W.; MOONEY, C.S. et al. Nutrient requirement versus supply in dairy cow: Strategies to account for variability. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.10, p.3160-3178, 1993.

SOUSA, D.P.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C.; LANA, R.P.; SEDIYAMA, C.A.Z.; MENDES NETO, J. Comportamento ingestivo, consumo e digestibilidade de nutrientes, produção e composição do leite de vacas alimentadas com silagem de milho ou cana-de-açúcar com caroço de algodão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.10, p.2053-2062, 2009.

SUNDSTOL. J.; OWEN, E. Straw and other fibrous by-products as feed. **Animal feed science and technology**. Amsterdam, Elsevier Press. 1984. 604p.

- TEIXEIRA JÚNIOR, D. J. **Hidrólise da cana-de-açúcar com cal virgem e cal hidratada na alimentação de vacas leiteiras**. 2008. 46f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2008.
- THIAGO, L. R. L.; VIEIRA, J. M., Cana-de-açúcar: uma alternativa de alimento para a seca. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2002. (Comunicado Técnico, 73).
- VALADARES, R.F.D.; GONÇALVES, L.C.; SAMPAIO, I.B.M.; RODRIGUEZ, N.M.; VALADARES FILHO, S.C. Níveis de proteínas em deitas de bovinos. 3. pH, amônia e eficiência microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p.1264-1269, 1997.
- VALVASORI, E.; LUCCI, C.de S.; ARCARO, J.R.P.; et al. Avaliação da cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho para vacas leiteiras. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.32, n.34, p.224-228, 1995.
- VAN SOEST, P. J. **Nutrition ecology of the ruminant**. 2nd ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- WILSON, J.R.; KENNEDY, P.M. Plant and animal constraints to voluntary feed intake associated with fibre characteristics and particle breakdown and passage in ruminants. **Australian Journal of Agriculture Research**, v.47, n.1, p.199-225, 1996.

7. IMPLICAÇÕES

Um dos principais entraves da pecuária bovina no Brasil é a escassez de forragem no período de inverno do ano. Neste período, devido principalmente a redução das chuvas e temperatura, a produção das forrageiras tropicais diminui acentuadamente fazendo com que seja necessária a utilização de volumoso complementar.

Visando solucionar este problema ou pelo menos atenuá-lo, várias alternativas têm sido utilizadas como a produção de silagens e feno. Outra opção que há anos vem sendo utilizada com o mesmo objetivo é o fornecimento de cana-de-açúcar no período de escassez de forragem.

A utilização de ambos os volumosos (cana-de-açúcar hidrolisada e silagem de milho) associados poderá proporcionar uma alimentação adequada aos animais além de diminuir o custo da produção de leite. Outro aspecto é a questão da alternativa de modificar a proporção de ambos, em face da disponibilidade e custo da dieta, viabilizando o sistema de produção de leite, mantendo ou até mesmo melhorando tanto a produção quanto a composição química do leite.

A cana-de-açúcar além de contribuir para diminuir o custo de produção, a alta disponibilidade e produtividade, aliados ao seu elevado valor energético dado pelo alto teor de sacarose (um carboidrato de grande digestibilidade) são aspectos favoráveis à sua utilização na pecuária leiteira. No entanto, o principal entrave que os produtores de leite encontram em relação ao uso da cana-de-açúcar para fins de utilização na alimentação de vacas leiteiras é o corte diário, pois a cana-de-açúcar começa a deteriorar no período pós-colheita, por ação das enzimas invertases que degradam a sacarose em monossacarídeos ou por microrganismos (*Leuconostoc spp.*), que transformam a sacarose, produzindo metabólitos de elevado peso molecular, como a dextrana. A ação desses microrganismos ocorre logo após o corte das plantas devido às condições úmidas de armazenamento.

Assim, é de grande interesse o desenvolvimento de tecnologias que facilitem o manejo de alimentação, reduzindo a necessidade de cortes diários e ainda

melhorem o valor nutritivo desta forrageira. A técnica da hidrólise da cana-de-açúcar com cal virgem ou hidratada tem sido estudada nesse sentido.

Os agentes alcalinizantes além de melhorar o valor nutritivo da cana-de-açúcar devido a sua ação sobre a fibra, também tem o poder de alterar o perfil de fermentação, atuando sobre o desenvolvimento dos microrganismos (principalmente leveduras), reduzindo a sua taxa de crescimento, consequentemente tornando possível a estocagem deste material por um período superior ao da cana-de-açúcar apenas picada. A hidrólise da cana-de-açúcar com cal virgem ou hidratada com altas concentrações de óxido ou hidróxido de cálcio proporciona outros aspectos positivos, tais como: possibilita a utilização das sobras no cocho, evita a presença de abelhas e mosquitos, possibilita a prevenção de acidose ruminal, possibilita flexibilidade no horário da alimentação assim como do corte da cana-de-açúcar nos finais de semana e feriados, além de proporcionar maior produção de leite. Porém quando a cal virgem é utilizada na hidrólise necessita de cuidados no manuseio devido a formação de aerossóis e da reação exotérmica gerada pela reação da cal virgem com a água.

A cana-de-açúcar hidrolisada com cal hidratada ($\geq 95\%$ de $\text{Ca}(\text{OH})_2$), é uma técnica simples e econômica (se utiliza 0,5 kg de cal misturado com 2 litros de água para cada 100 kg de cana-de-açúcar picada), e portanto de fácil implementação em diversos sistemas (pequeno, médio e grande produtor). Adicionalmente, o processo de hidrólise e consequente alcalinização da cana-de-açúcar pode proporcionar melhor digestibilidade da fibra, além de permitir o armazenamento deste volumoso por até 3 dias sem que haja deterioração, reduzindo custos através da racionalização da mão-de-obra, gastos de combustível e tempo de manejo.

Ressalta-se que vários fatores podem afetar a hidrólise da cana-de-açúcar com a cal virgem ou hidratada, tais como: homogeneização da calda e da calda com a cana-de-açúcar, tipos de cales e a concentração de óxido de cálcio, quantidade da cal em relação à cana-de-açúcar, tempo de hidrólise, forma de aplicação (calda ou pó), maturação e tamanho de partícula da cana-de-açúcar.

Neste contexto, salienta-se a flexibilidade na utilização da associação da cana-de-açúcar hidrolisada com a silagem de milho na alimentação de vacas leiteiras, levando em consideração a diferente composição químico-bromatológica

dos volumosos em questão, faz com que tenha uma complementação de nutriente entre os volumosos, ocorrendo um efeito associativo de ambos, a ponto de interferir no desempenho de vacas leiteiras. Além de aspectos econômicos, logística de utilização e disponibilidade.

Em face dos resultados observados neste experimento, sugere-se que ao utilizar dietas contendo cana-de-açúcar hidrolisada deve-se utilizar concentrado com maior teor proteico ou mesmo estabelecer proporção volumoso:concentrado mais estreita, afim de suprir os animais com maior quantidade de proteína, visto que a cana-de-açúcar hidrolisada tem baixo teor de proteína bruta. Deste modo, as dietas poderão ser melhoradas, visando a melhor produção de leite e padrões nutricionais. Cabe salientar que dietas contendo cana-de-açúcar hidrolisada associada ou não com a silagem de milho, mesmo com maior quantidade de ingredientes protéicos, ainda é vantajoso tendo em vista o menor custo da tonelada de cana-de-açúcar.