

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

HIDRÓXIDO DE CÁLCIO COMO ADITIVO PARA CANA-
DE-AÇÚCAR *IN NATURA* PARA ALIMENTAÇÃO DE
BOVINOS

Autor: Alexandre Menezes Dias
Orientador: Prof. Dr. Júlio Cesar Damasceno
Coorientador: Prof. Dr. Luís Carlos Vinhas Ítavo

MARINGÁ
Estado do Paraná
Julho - 2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

HIDRÓXIDO DE CÁLCIO COMO ADITIVO PARA CANA-
DE-AÇÚCAR *IN NATURA* PARA ALIMENTAÇÃO DE
BOVINOS

Autor: Alexandre Menezes Dias
Orientador: Prof. Dr. Júlio Cesar Damasceno
Coorientador: Prof. Dr. Luís Carlos Vinhas Ítavo

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - Área de Concentração Produção Animal.

MARINGÁ
Estado do Paraná
Julho - 2009

Ficha catalográfica

Dias, Alexandre Menezes
D541h Hidróxido de cálcio como aditivo para cana-de-açúcar in natura
para alimentação de bovinos / Alexandre Menezes Dias – Maringá,
2009.

88 f.

Orientador: Júlio Cesar Damasceno; coorientador Luís Carlos
Vinhas Ítavo

Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Maringá. Programa
de Pós-graduação em Zootecnia, 2009.

1. Hidróxido de cálcio 2. Cana-de-açúcar 3 Bovinos –
Alimentações e rações I. Universidade Estadual de Maringá.
Programa de Pós-graduação em Zootecnia II. Título.

CDD – 636.085



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

HIDRÓXIDO DE CÁLCIO COMO ADITIVO PARA CANA-
DE-AÇÚCAR *IN NATURA* PARA ALIMENTAÇÃO DE
BOVINOS

Autor: Alexandre Menezes Dias
Orientador: Prof. Dr. Júlio Cesar Damasceno
Coorientador: Prof. Dr. Luís Carlos Vinhas Ítavo

TITULAÇÃO: Doutor em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

APROVADA em 31 de julho de 2009.

Prof. Dr. Geraldo Tadeu
dos Santos

Prof. Dr. Ulysses Cecato

Prof. Dr. Marco Aurélio Alves
de Freitas Barbosa

Prof. Dr. Luís Carlos Vinhas
Ítavo

Prof. Dr. Júlio Cesar Damasceno
(Orientador)

Aos

meus queridos pais, Edson e Izarina, pela grande confiança, apoio, amor e incentivo dedicados a mim durante toda minha vida, porques sem eles nada poderia ter sido realizado.

Aos

meus queridos irmãos Luciano, Renato, Rodrigo e Jaquelyne, pela grande amizade e companheirismo.

À

minha querida afilhada Isadora, fonte de alegria.

À

minha querida namorada Juliane, pelo carinho e atenção.

Dedico...

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela vida, saúde e sabedoria, por tudo.

À Universidade Estadual de Maringá – UEM e ao programa de Pós-graduação em Zootecnia – Doutorado em Zootecnia, pela oportunidade oferecida para a realização do meu estudo.

A Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul - FUNDECT, pela concessão da bolsa de estudos.

À Universidade Católica Dom Bosco – UCDB, onde comecei minha jornada acadêmica e hoje pude retornar para desenvolver meu projeto, e que admiro. Obrigado pelo espaço concedido para desenvolvimento das atividades experimentais, pelos animais e pela estrutura.

Ao meu orientador, professor Dr. Júlio Cesar Damasceno, pela grade amizade, pela orientação, pelos valiosos ensinamentos, confiança e oportunidade na condução do meu trabalho.

Ao meu coorientador, professor Dr. Luís Carlos Vinhas Ítavo, pelos ensinamentos, a grande amizade, pelos momentos de trabalho e de dificuldades,

entretanto não tenho palavras para descrever essa pessoa. Pode ter a certeza que terá em mim mais que um simples orientado, agradeço muito.

Ao professor Dr. Lincoln Carlos da Silva Oliveira, pela colaboração nas análises termoanalíticas, e pela amizade.

Ao professor Dr. Geraldo Tadeu dos Santos, pela sua dedicação na coordenação do PPZ, pela atenção e amizade com que sempre me atendeu.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, em especial a amiga, professora Dr^a. Camila Celeste Brandão Ferreira Ítavo e a professora Dr^a. Maria da Graça Morais, por colaborarem na realização das análises bromatológicas.

Ao amigo Antonio, técnico do laboratório da UFMS, pela amizade e colaboração nas análises laboratoriais. À professora Dr^a. Beatriz Lempp, da Universidade Federal da Grande Dourados, pela amizade e pelos valiosos ensinamentos transmitidos.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da UEM, pelos valiosos ensinamentos.

Aos Bolsistas e amigos Nivaldo Passos de Azevedo Júnior, Denis de Souza Calvis, pela colaboração na condução do experimento. Às amigas Sandra Regina Goularte e Cláudia Muniz do mestrado em Biotecnologia da UCDB.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

ALEXANDRE MENEZES DIAS, filho de Edson Alves Dias e Izarina Lina de Menezes Dias, nasceu em 07 de setembro de 1979, em Campo Grande, Mato Grosso do Sul.

Em 1999 iniciou no curso de graduação em Zootecnia na Universidade Católica Dom Bosco, UCDB em Campo Grande-MS, finalizando o mesmo em 2002. Em 2003 trabalhou na empresa de nutrição animal, NUTRISUL como Zootecnista.

Em março de 2004 iniciou no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Mestrado em Zootecnia, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, concentração em Produção de Ruminantes e em fevereiro de 2006 submeteu-se a banca de defesa da dissertação intitulada “Bagaço de Mandioca em Dietas de Novilhas Leiteiras”.

Em março de 2006 iniciou no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Doutorado em Zootecnia na Universidade Estadual de Maringá – UEM, concentração em Produção Animal, e em fevereiro de 2009 foi aprovado na banca de qualificação.

Em março de 2009 foi aprovado na seleção de docentes da Universidade Católica Dom Bosco – UCDB, para as disciplinas de Forragicultura e Pastagens e Ovinocultura, e em julho de 2009 defendeu a presente Tese.

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xvi
I. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1. CANA-DE-AÇÚCAR NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS.....	1
2. HIDRÓLISE ALCALINA NA CANA-DE-AÇÚCAR.....	3
3. TERMODECOMPOSIÇÃO NA NUTRIÇÃO DE RUMINANTES	6
4. DIGESTIBILIDADE <i>IN VITRO</i> DE VOLUMOSOS.....	8
5. COMPORTAMENTO INGESTIVO DE BOVINOS.....	10
6. LITERATURA CITADA.....	12
II. OBJETIVOS GERAIS	16
III. ESTUDO TERMOANALÍTICO DA CANA-DE-AÇÚCAR COM DIFERENTES DOSES DE HIDRÓXIDO DE CÁLCIO.....	17
RESUMO	17
ABSTRACT	18
INTRODUÇÃO.....	19
MATERIAL E MÉTODOS.....	20

RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	21
CONCLUSÕES.....	28
LITERATURA CITADA.....	28
IV. ESTABILIDADE AERÓBIA, COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA, DIGESTIBILIDADE <i>IN VITRO</i> E DEGRADABILIDADE <i>IN SITU</i> DA CANA-DE-AÇÚCAR COM DOSES DE HIDRÓXIDO DE CÁLCIO	30
RESUMO	30
INTRODUÇÃO.....	32
MATERIAL E MÉTODOS.....	33
RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
CONCLUSÕES.....	46
LITERATURA CITADA.....	46
V. CANA-DE-AÇÚCAR COM DOSES DE HIDRÓXIDO DE CÁLCIO NA DIETA DE BOVINOS: CONSUMO, DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES E COMPORTAMENTO INGESTIVO	49
RESUMO	49
ABSTRACT	50
MATERIAL E MÉTODOS.....	52
RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
CONCLUSÕES.....	66
LITERATURA CITADA.....	66
VI. CANA-DE-AÇÚCAR COM DOSES DE HIDRÓXIDO DE CÁLCIO NA DIETA DE BOVINOS: PARÂMETROS RUMINAIS	70
RESUMO	70
ABSTRACT	71
INTRODUÇÃO.....	72
MATERIAL E MÉTODOS.....	73
RESULTADO E DISCUSSÕES.....	76
CONCLUSÕES.....	83
LITERATURA CITADA.....	84
VII. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	87

LISTA DE TABELAS

III. ESTUDO TERMOANALÍTICO DA CANA-DE-AÇÚCAR COM DIFERENTES NÍVEIS DE HIDRÓXIDO DE CÁLCIO

Tabela 1 – Teores de matéria seca (MS) da cana-de-açúcar in natura com inclusão de hidróxido de cálcio e da sua combinação com uréia após a aplicação e mistura (g/kg de cana-de-açúcar).....21

Tabela 2 – Médias, equações de regressão e coeficientes de determinação (r^2) da perda de massa e da energia liberada no processo de termodecomposição da cana-de-açúcar com diferentes níveis de hidróxido de cálcio (g/kg).....23

Tabela 3 – Médias, equações de regressão e coeficientes de determinação (r^2) da perda de massa e da energia liberada no processo de termodecomposição da cana-de-açúcar com diferentes doses da combinação de hidróxido de cálcio e uréia (g/kg).....26

IV. ESTABILIDADE AERÓBIA, COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA, DIGESTIBILIDADE *IN VITRO* E DEGRADABILIDADE *IN SITU* DA CANA-DE-AÇÚCAR *IN NATURA* COM NÍVEIS DE HIDRÓXIDO DE CÁLCIO

Tabela 1 – Teores médios de matéria seca (%) da cana-de-açúcar com inclusão de doses de hidróxido de cálcio em função do tempo após a aplicação e mistura (horas).....34

Tabela 2 - Composição química (%) da cana-de-açúcar *in natura* colhida com 14 meses35

Tabela 3 – Médias, equações de regressão e coeficientes de determinação (r^2) da composição química da cana-de-açúcar tratada com doses crescentes de hidróxido de cálcio40

Tabela 4 – Médias dos parâmetros de degradação ruminal da matéria seca (MS) da cana-de-açúcar *in natura* tratada com 10 g/kg de hidróxido de cálcio ou não tratada (0 g/kg), em função do tempo44

Tabela 5 – Médias, equações de regressão e coeficientes de variação (CV) da degradabilidade efetiva da matéria seca (MS) da cana-de-açúcar tratada com 10 g/kg de hidróxido de cálcio ou não tratada (0 g/kg), em função do tempo46

V. CANA-DE-AÇÚCAR COM NÍVEIS DE HIDRÓXIDO DE CÁLCIO NA DIETA DE BOVINOS: CONSUMO, DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES E COMPORTAMENTO INGESTIVO

Tabela 1 - Composição química da cana-de-açúcar *in natura* e do concentrado utilizados nas dietas experimentais53

Tabela 2 - Composição química das dietas a base de cana-de-açúcar com níveis crescentes de hidróxido de cálcio53

Tabela 3 - Categorias básicas de comportamento utilizadas (Etograma).54

Tabela 4 - Médias, coeficiente de variação (CV), equações de regressão e coeficiente de determinação (r^2) dos consumos de nutrientes em kg/dia, em porcentagem do peso vivo (%PV) de bovinos recebendo dietas a base de cana-de-açúcar com doses de hidróxido de cálcio, em porcentagem da matéria seca57

Tabela 5- Médias (%), equações de regressão e coeficiente de determinação das digestibilidades aparentes dos nutrientes e dos nutrientes digestíveis totais (NDT) das dietas de bovinos recebendo dietas a base de cana-de-açúcar com doses de hidróxido de cálcio60

Tabela 6 – Médias, coeficientes de variação (CV) e equações de regressão ajustadas para os consumos de nutrientes digestíveis totais (CNDT) em kg/dia, em porcentagem do peso vivo (% PV) e produção microbiana (Pmic) em função do nível de hidróxido de cálcio na cana-de-açúcar *in natura* da dieta de bovinos63

Tabela 7- Médias dos tempos, em minutos, despendidos das atividades com alimentação (Ingestão de alimento), ruminação total (em pé e deitado), ingestão de água e ócio total (em pé e deitado) em função das dietas experimentais64

Tabela 8- Médias e equações de regressão do número de mastigações/bolo ruminado (NMB), tempo de mastigação por bolo (TMB) em segundos e suas respectivas equações

de regressão e coeficientes de determinação (r^2) em função do nível de hidróxido de cálcio.....65

VI. CANA-DE-AÇÚCAR COM NÍVEIS DE HIDRÓXIDO DE CÁLCIO NA DIETA DE BOVINOS: PARÂMETROS RUMINAIS

Tabela 1 - Composição bromatológica da cana-de-açúcar *in natura* e do concentrado utilizados nas dietas experimentais.....75

Tabela 2 - Composição química das dietas à base de cana-de-açúcar com doses de hidróxido de cálcio.....75

Tabela 3 - Médias e equações de regressão ajustadas para o pH do líquido ruminal, em diferentes tempos, antes (0 hora) e 12 horas após fornecimento da dieta, de bovinos alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar com doses de hidróxido de cálcio.....77

Tabela 4 - Médias e equações de regressão ajustadas para o N-NH₃ (mg/100mL) do líquido ruminal, em diferentes tempos, antes (0 hora) e 12 horas após fornecimento da dieta, de bovinos alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar em função das doses de hidróxido de cálcio.....79

Tabela 5. Médias e equações de regressão das concentrações (mM/mL) dos ácidos graxos voláteis (AGV) e da proporção acético:propiónico (C2:C3) no líquido ruminal, em diferentes tempos, antes (0 hora) e 12 horas após fornecimento da dieta, de bovinos recebendo dietas à base de cana-de-açúcar com diferentes doses (g/kg) de hidróxido de cálcio.....82

LISTA DE FIGURAS

III. ESTUDO TERMOANALÍTICO DA CANA-DE-AÇÚCAR COM DIFERENTES NÍVEIS DE HIDRÓXIDO DE CÁLCIO

Figura 1. Perda de massa (1) e energia liberada (2) da cana-de-açúcar com diferentes doses (0, 10, 20 e 30 g/kg) de hidróxido de cálcio24

Figura 2 - Perda de massa (1) e energia liberada (2) da cana-de-açúcar *in natura* com diferentes níveis de hidróxido de cálcio+uréia (0, 10, 20 e 30 g/kg de cana).....27

IV. ESTABILIDADE AERÓBIA, COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA, DIGESTIBILIDADE *IN VITRO* E DEGRADABILIDADE *IN SITU* DA CANA-DE-AÇÚCAR *IN NATURA* COM NÍVEIS DE HIDRÓXIDO DE CÁLCIO

Figura 1 - Médias e equações de regressão ajustadas do pH da cana-de-açúcar *in natura* com doses de hidróxido de cálcio (g/kg de cana-de-açúcar) em função do tempo de amostragem após a aplicação e mistura (horas).....37

Figura 2 - Médias de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), da fibra em detergente neutro (DIVFDN) e da fibra em detergente ácido (DIVFDA) da cana-de-açúcar *in natura* tratada com dose crescente de hidróxido de cálcio.....42

RESUMO

Conduziram-se experimentos na Universidade Católica Dom Bosco – UCDB, em Campo Grande-MS, objetivando-se estudar o efeito do hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) em pó misturado a cana-de-açúcar. Para o estudo termoanalítico foram avaliados quatro doses de hidróxido de cálcio (0, 10, 20 e 30 g por kg de cana-de-açúcar) e sua combinação com uréia. À medida que se elevou o nível de hidróxido de cálcio observou-se um aumento de energia liberada, sendo de 4,35; 4,84; 5,59 e 5,67 kJ/g para as doses 0, 10, 20 e 30 g/kg, respectivamente. No tratamento hidróxido de cálcio+uréia houve efeito da combinação dos aditivos na energia liberada, apresentando valores de 4,35; 5,00; 5,57 e 5,68 kJ/g para as doses 0, 10, 20 e 30 g/kg, respectivamente. Há uma relação direta entre o hidróxido de cálcio na cana-de-açúcar e o processo de termodecomposição, bem como aumento na energia liberada. Para determinação da estabilidade aeróbia, através da medida do pH, avaliou-se as doses 0, 5, 10, 15, 20, 25 e 30 g de hidróxido de cálcio por kg de cana-de-açúcar e cinco tempos após mistura, sendo 0, 24, 48, 72 e 96 horas após a colheita da cana-de-açúcar. Para avaliação da degradabilidade *in situ* da matéria seca (MS) foram avaliados a adição de 10 g/kg ou não de hidróxido de cálcio na cana-de-açúcar nos tempos 0, 24, 48 e 72 horas após colheita e mistura. A cana-de-açúcar sem hidróxido de cálcio (0g/kg) apresentou maior fração solúvel (fração *a*). O hidróxido de cálcio teve efeito positivo na fração potencial degradável (fração *b*) e na taxa de degradação (fração *c*). Para determinação da composição química e da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), da fibra em detergente neutro (DIVFDN) e da fibra em

detergente ácido (DIVFDA) da cana-de-açúcar com hidróxido de cálcio, avaliaram-se as doses 0, 8, 16 e 24 g/kg de cana-de-açúcar. O hidróxido de cálcio promoveu redução nos teores de FDN, FDA (37,78; 32,27; 29,34 e 29,01%) e carboidratos não fibrosos (CNF). Houve acréscimos nos teores de hemicelulose sendo de 11,14; 15,39; 16,85 e 17,66% para as doses 0, 8, 16 e 24g/kg, respectivamente. Houve efeito quadrático para a DIVMS, DIVFDN e DIVFDA da cana-de-açúcar *in natura*. Para as variáveis de consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes, do comportamento ingestivo e dos parâmetros ruminais, utilizam-se quatro vacas, com peso vivo (PV) médio de 412,06 kg \pm 37,3 kg, distribuídas em quadrado latino 4x4, por quatro períodos de 21 dias. As doses de hidróxido de cálcio avaliadas foram 0, 8, 16 e 24 g/kg de cana-de-açúcar. Para os parâmetros ruminais realizaram-se colheitas de líquido ruminal, para determinação do pH e N-NH₃ antes (tempo zero) e 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 horas após o fornecimento da dieta e para a determinação da concentração de AGV nos tempos 0, 3, 6, 9 e 12 horas. Houve efeito quadrático para os consumos de nutrientes, sendo que o consumo de FDA apresentou efeito linear. Os coeficientes de digestibilidade apresentaram efeito quadrático. Para as atividades ruminação e ócio totais, não houve efeito do hidróxido de cálcio. O tempo de mastigação total, número de bolos ruminados e o tempo para ruminação de cada bolo apresentaram efeito significativo. Houve efeito do hidróxido de cálcio no pH e na concentração de N-NH₃ do líquido ruminal. Houve efeito das doses testadas para as concentrações de AGV. O hidróxido de cálcio misturado em pó (a seco) a cana-de-açúcar apresenta efeito na fração fibrosa da cana-de-açúcar melhorando seu aproveitamento, favorecendo aumento no consumo e na digestibilidade da fração fibrosa da parede celular e elevando o pH do rúmen.

Palavras-Chave: cal hidratada, comportamento ingestivo, consumo, digestibilidade, parâmetros ruminais, produção animal

ABSTRACT

The experiments were carried out in the Dom Bosco Catholic University - UCDB, in Campo Grande, MS, aimed to study the effect of the hydroxide of calcium ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) in powder mixed with sugar cane. For thermoanalytic study were evaluated four levels, containing 0, 10, 20 and 30 g of hydroxide of calcium per kg of sugar cane. As the level of calcium hydroxide increased it was observed an increase of liberated energy, being of 4.35; 4.84; 5.59 and 5.67 KJ/g for the levels 0, 10, 20 and 30 g/kg, respectively. In the treatment calcium hydroxide + urea there was an increase in the liberated energy, presenting values of 4.35, 5.00, 5.57 and 5.68 KJ/g for the levels 0, 10, 20 and 30 g/kg, respectively. There is a direct relationship between the level of hydroxide in the sugar cane and the thermo decomposition process, as well as an increase in the liberated energy. For determination of the aerobic stability through pH measure it was evaluated the hydrated lime, the urea and its combinations as additive. (0, 5, 10, 15, 20, 25 and 30 g/kg of natural matter of sugar cane for each additive tested) and five times of storage (0, 24, 48, 72 and 96 hours after the harvest and application of the additive). For the DM *in situ* degradability there were evaluated the addition of 10 g/kg or not of calcium hydroxide in the sugar cane in the times 0, 24, 48 and 72 hours after mixture. The sugar cane without hydroxide presented a higher soluble fraction (fraction *a*). The hydrated lime had positive effect in the degradable potential fraction (fraction *b*) and in the degradation rate (fraction *c*). It was determined the chemical composition and the

digestibility *in vitro* of the dry matter (IVDMD), of the neutral detergent fiber (IVNDFD) and of the acid detergent fiber (IVADFD) of the sugar cane with levels of hydroxide. The treatments considered the inclusion of calcium hydroxide in the levels of 0, 8, 16 and 24 g/kg of sugar cane. The amounts of DM and ashes had linear increases while the OM decreased linearly when it increases the level of calcium hydrated. The level of calcium hydroxide promoted reduction in the amounts of NDF, ADF (37.78; 32.27; 29.34 and 29.01%) and NFC. The inclusion of lime showed increases in the amounts of hemicellulose being of 11.14; 15.39; 16.85 and 17.66% and 16.48 for the levels of 0, 8, 16 and 24g/kg, respectively. There was a quadratic effect for IVDMD, IVNDFD and IVADFD of the sugar cane. For evaluation of the nutrients intake, nutrients apparent digestibility, ruminating parameters and the ingestible behavior was used four cows, body weight (BW) medium of 412.04 kg \pm 37.3 kg, distributed in a latin square 4x4, with four periods of 21 days, being 14 for adaptation and seven for data collection. The treatments used the inclusion of calcium hydroxide in the levels of 0, 8, 16 and 24 g/kg of sugar cane in the supplied natural matter. For the ruminating parameters were used crops of liquid ruminal, for determination of the pH and N-NH₃ before (time zero) and 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 and 12 hours after the supply of the diet and to determine the concentration of VFA at 0, 3, 6, 9 and 12 hours. There was a quadratic effect for the intake of nutrients, and the intake of ADF presented linear effect. The digestibility coefficients presented quadratic effect for the levels of calcium hydroxide inclusion. For rumination and total leisure activities, there was no effect of the level. The total time of chewing, number of bolus ruminal and time for rumination of each bolus had a significant effect. There was no effect of calcium hydroxide level on pH and N-NH₃ of liquid ruminal. There was effect of levels tested for the concentration of VFA. The calcium hydroxide powder mixed to sugar cane, has the effect of fiber fraction of sugar cane improving their use by encouraging increase in the consumption and digestibility of fibrous fraction of the cell wall.

Keywords: hydrated lime, ingestible behavior, intake, digestibility, ruminal parameters, animal production

I. INTRODUÇÃO GERAL

1. CANA-DE-AÇÚCAR NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS

A estacionalidade na produção de forragem é um dos maiores desafios para a produção pecuária do Brasil, porque existem períodos de escassez e períodos de alta produção de forragem. Em sistemas intensivos de produção de ruminantes, torna-se necessário a utilização de volumosos suplementares durante a época de escassez de alimento.

Quando comparada a outras fontes de forragens, a cana-de-açúcar tem se apresentado como alternativa viável na maioria das simulações de custos de produção, gerando coeficientes de desempenho mais eficientes quanto a outras fontes de alimentos volumosos.

A agricultura canavieira tem se mostrado de grande importância para o desenvolvimento sócio-econômico sustentável do agronegócio brasileiro. Atualmente, a produção mundial de cana-de-açúcar é de aproximadamente 1,3 bilhões de toneladas (matéria verde). O Brasil, maior produtor mundial, produziu na última safra cerca de 423 milhões de toneladas, cultivadas em aproximadamente 5,8 milhões de hectares (Nussio et al., 2008). Estima-se que 10% da produção brasileira sejam destinadas a alimentação animal. Assim, nessa área, seriam produzidos cerca de 40 milhões de toneladas de massa verde, o que seriam suficientes para alimentar 15 milhões de bovinos, durante 150 dias no período seco do ano.

Quando se quer uma pecuária eficiente, com grandes investimentos em genética e equipamentos, não se pode ficar na dependência do crescimento natural das forrageiras de pastagens. Assim, é de grande importância a reserva de alimentos, que vise suplementar os animais nos períodos mais críticos do ano, minimizando os efeitos negativos no desempenho dos animais (Reis et al., 2001). O fornecimento de cana-de-açúcar como volumoso no período de estiagem é uma prática muito utilizada e interessante, devido à disponibilidade de forragem e melhor valor nutritivo coincidir com o período crítico.

O uso de cana-de-açúcar tem sido preconizado para alimentação animal, em razão de suas características agronômicas como alto potencial de produção, variedades adaptadas aos diversos ambientes de produção e resistência a doenças e pragas. Aliado aos aspectos agronômicos tem-se, também, características desejáveis do ponto de vista zootécnico, baixo custo por tonelada de matéria seca (MS), ponto de maturação coincidente com a escassez de forragem.

Nas condições de Brasil Central, a produção de cana-de-açúcar *in natura*/ha/corte pode variar entre 60 e 120 toneladas de matéria verde, por um período de até cinco anos, tendo sua maior produção no primeiro ano. Entretanto, de acordo com Leng (1988), a cana-de-açúcar como alimento básico para ruminantes, apresenta limitações de ordem nutricional, por causa dos baixos teores de proteína (PB), minerais e precursores gliconeogênicos e ao alto teor de fibra de baixa degradação ruminal.

Uma série de trabalhos de pesquisa vem sendo realizados, avaliando o efeito da substituição total da cana-de-açúcar por outras fontes de volumosos, como a silagem de milho, visando reduzir os custos com a alimentação e elevar a disponibilidade de volumosos, sem a necessidade de ampliação na área destinada a produção de forragem na propriedade.

Segundo Pinto et al. (2003), a cana-de-açúcar *in natura* tem-se mostrado uma importante alternativa de alimentação, e quando devidamente empregada traz resultados satisfatórios ao sistema de produção de ruminantes. Portanto, são necessárias mais informações técnicas a respeito da cana-de-açúcar e de tratamentos a serem utilizados para que se possa maximizar a utilização de seus nutrientes pelos ruminantes.

2. HIDRÓLISE ALCALINA NA CANA-DE-AÇÚCAR

Tradicionalmente, o uso da cana-de-açúcar baseia-se no corte diário e fornecimento imediato da forragem fresca no cocho para consumo dos animais. Atualmente, este sistema tem possibilitado alternativas de manejo com base na utilização de agentes hidrolíticos imediatamente no campo e posterior armazenamento desse material tratado em ambiente protegido. De certa forma, o motivo para tal adequação pode ser analisado sob diferentes pontos de vista. A adição do agente hidrolítico sugere a redução da frequência de corte sem perda de capacidade de colheita, alcançando benefícios em termos de qualidade de vida no campo e facilitação das atividades dentro da propriedade rural.

Essa menor frequência de corte permite ainda redução da demanda de mão-de-obra. Em propriedades de pequeno porte, em que os gastos com equipamentos de colheita mecanizada podem dificultar a viabilidade econômica em virtude da necessidade de alto investimento inicial, o aumento da capacidade de colheita pode ser alcançado com o uso dessa técnica. Aliado a estes fatores, o baixo custo de aquisição de aditivo e a concentração da colheita são benefícios adicionais que também devem ser considerados.

Outro fator relevante está relacionado com o efeito do aditivo na fração fibrosa da cana-de-açúcar. A suposta ação desses agentes sob componentes da parede celular pode resultar em alimento de maior digestibilidade da porção fibrosa. O uso desta técnica pode proporcionar ganhos adicionais em termos de valor nutricional da cana-de-açúcar, favorecendo o consumo de nutrientes e melhor produção animal.

Os primeiros trabalhos conduzidos por Castrillón et al. (1978) e Alcântara (1989) envolviam a utilização de hidróxido de sódio na ensilagem da cana-de-açúcar, reduzindo significativamente a produção de etanol e os teores de FDN, o que resultou em silagens com maior pH e maior teor de ácido láctico, cinzas e carboidratos solúveis. De acordo com Pedrosa et al. (2007) silagens de cana-de-açúcar tratadas com NaOH apresentam maiores coeficientes de digestibilidade e menores teores de FDN, FDA e lignina.

A utilização do tratamento químico de volumosos é bastante antiga. O uso de substâncias alcalinizantes, como o hidróxido de sódio e amônia anidra foram utilizados com o intuito de melhorar a digestibilidade e o consumo de alimentos fibrosos como palhadas, bagaço da cana-de-açúcar, dentre outros, sempre visando melhoria no valor nutricional dos mesmos, como volumosos para ruminantes (Manzano et al., 2000; Andrade et al., 2001).

A cana-de-açúcar picada hidrolisada por meio do hidróxido de sódio (NaOH), óxido de cálcio (cal virgem) e do hidróxido de cálcio (cal hidratada) como agentes alcalinizantes, visa a redução dos teores de fibra e conseqüentemente melhoria no consumo pelos animais, armazenamento mais eficiente e minimização da mão-de-obra (Nussio et al., 2008). O hidróxido de sódio (NaOH) é uma das substâncias alcalinas mais utilizada com esse propósito (Pires et al., 2006). Apesar dos significantes benefícios da utilização do NaOH, na melhora do valor nutritivo de alimentos ricos em carboidratos estruturais, sua aplicação é limitada por ser considerado nocivo ao homem, aos animais e ao meio ambiente.

Ressalta-se que a ação hidrolisante dos diferentes agentes alcalinos no sentido de reduzir os teores de FDN, hemicelulose e de FDA da cana-de-açúcar, está relacionada com a melhoria no consumo e na digestibilidade da mesma, com possível melhoria no desempenho animal (Oliveira et al., 2007; Oliveira et al., 2008).

Oliveira et al. (2008) estudaram três níveis de cal hidratada (0, 5 e 6 g/kg) na cana-de-açúcar, em função do tempo após a aplicação (0, 3, 6 e 9 horas) e encontraram médias de pH iguais a 5,37; 11,25 e 11,34, respectivamente. Os autores observaram interação significativa entre nível da cal hidratada e tempo após aplicação.

O fato de o pH manter-se estável ao longo de várias horas após a aplicação é positivo, porque está relacionado com a preservação da cana-de-açúcar à ação de microrganismos dentre outros aspectos, que poderiam prejudicar a qualidade da mesma. Salienta-se que a ação hidrolisante sobre os componentes da cana-de-açúcar depende de vários fatores, principalmente dos teores de hidróxido de cálcio, óxido de cálcio e de óxido de magnésio, dentre outros. Dependendo da origem da rocha, estes teores poderão apresentar variações acentuadas e significativas, o que irá influir diretamente sobre o poder hidrolisante do hidróxido de cálcio.

Geralmente, a ação alcalinizante do hidróxido de cálcio proporciona redução nos teores de FDN e de hemicelulose da cana-de-açúcar, causando a solubilização parcial da hemicelulose, por meio do intumescimento alcalino da mesma (Berger et al., 1994; Van Soest, 1994).

No experimento de Oliveira et al., (2008) com adição da cal hidratada, os teores de matérias orgânica (MO) da cana-de-açúcar *in natura* foram reduzidos e o mineral (MM) aumentados. Tal fato está de acordo com a hipótese de que a composição da cal hidratada, ou seja, teores elevados de minerais, levaria a um aumento na MM da cana-de-açúcar e redução da porção fibrosa representada neste experimento pela MO. Segundo os

autores, a quantidade de cálcio presente na cal, não foi suficiente para causar o efeito hidrolisante necessário sobre os teores dos nutrientes da cana-de-açúcar, em especial da fração fibrosa. Observaram que os teores de FDN e de hemicelulose foram menores em razão da ação da cal hidratada. Salientaram que de alguma forma a cal hidratada agiu sobre a fração fibrosa da cana-de-açúcar, apesar de estatisticamente as médias não terem diferido entre si. Possivelmente, o efeito não tenha sido significativo principalmente, em virtude de quantidade da cal utilizada com conseqüente poder insuficiente de hidrólise.

O efeito alcalinizante provoca a solubilização parcial da hemicelulose, que consiste na expansão das moléculas de celulose, causando a ruptura das ligações das pontes de hidrogênio (Jackson, 1977). Oliveira et al. (2008) verificaram que os teores de carboidratos totais (CHO) foram diminuídos, quando submeteu-se a cana-de-açúcar à hidrólise com a cal hidratada. A redução foi de apenas 1,64% quando a cana-de-açúcar foi hidrolisada com 0,5% de cal hidratada. Tal fato ocorreu, possivelmente, em conseqüência ação alcalinizante da cal sobre os açúcares da cana, causando alteração nos teores dos CHO. Por outro lado, apesar das reduções significativas os autores verificaram que as médias de NDT da cana-de-açúcar não foram influenciadas pelos níveis de cal hidratada utilizados.

Domingues et al. (2006) observaram acréscimo na temperatura da cana-de-açúcar após a adição de 1% de hidróxido de cálcio de 0,53°C/h. Além disso, o pH mensurado por esses autores 24 horas após o tratamento da cana-de-açúcar (9,22) foi demasiadamente alcalino, podendo ter prejudicado a palatabilidade e limitado o consumo do volumoso tratado.

Oliveira et al. (2008) ressaltaram significativa melhoria na digestibilidade da cana-de-açúcar tratada com hidrólise alcalina, destacando a propriedade tamponante que o volumoso adquire com o tratamento, o que confere segurança e estabilidade na alimentação de ruminantes. Esta tecnologia pode ser utilizada conjuntamente com adição de uréia e outros tipos de aditivos na alimentação dos animais, melhorando assim o resultado final. Os agentes alcalinizantes como o hidróxido de sódio (NaOH), o hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂), a amônia anidra (NH₃) e mais recentemente o óxido de cálcio (CaO) são utilizados para melhorar os coeficientes de digestibilidade das palhas e/ou resíduos agrícolas, como por exemplo o bagaço de cana-de-açúcar (Pires et al., 2006).

Entretanto, Moraes et al. (2008) ressaltaram que a cana-de-açúcar com a adição de 1% de CaO fornecida após 24 horas de armazenamento não alterou a digestibilidade, mas

prejudicou o consumo de nutrientes, o balanço de compostos nitrogenados e o desempenho animal. Os autores não encontraram evidências para se recomendar a adição do óxido de cálcio à cana-de-açúcar. Todavia, pesquisas sobre o uso de aditivos alcalinizantes na cana-de-açúcar são necessários em razão da amplitude e contradições dos resultados encontrados na literatura nacional.

Freitas et al. (2008) ao avaliarem a cana-de-açúcar hidrolisada com hidróxido de cálcio verificaram que a digestibilidade da fibra em detergente neutro aumentou. Os autores não observaram alteração no consumo de nutrientes ou melhora no ganho em peso dos animais alimentados com cana-de-açúcar, tratada com hidróxido de cálcio, a 0,5 e 0,9%, em comparação à cana-de-açúcar *in natura*. Os autores recomendaram que a cana-de-açúcar com adição hidróxido de cálcio pode ser fornecida após 24 horas de armazenamento, sem prejuízo do desempenho dos animais.

3. TERMODECOMPOSIÇÃO NA NUTRIÇÃO DE RUMINANTES

A análise térmica consiste em um conjunto de métodos em que uma propriedade física de uma amostra ou uma transformação química sofrida pela mesma é continuamente medida em função de uma variação controlada de temperatura (Wedlandt, 1974; Wendlandt, 1986; Garn, 1965; Dodd, 1987).

As técnicas termoanalíticas têm-se tornado um instrumento quase que essencial nos estudos da cinética e mecanismo de substâncias, principalmente pelo fato de fornecer informações muitas vezes ausente em métodos convencionais.

Para que uma técnica térmica seja considerada termoanalítica ela deve atender a três critérios (Wendlant, 1986):

- medir uma propriedade física;
- expressar a medida, diretamente ou indiretamente, em função da temperatura;
- realizar a medida sob um controle de temperatura.

A habilidade das técnicas de caracterizar os materiais é bastante aperfeiçoada quando combinada com outra técnica analítica, principalmente para caracterização dos produtos gasosos liberados, sendo frequentemente possível realizar medidas simultâneas de mais que uma propriedade (Brown, 1998).

Dentre estes métodos destacam-se as técnicas de termogravimetria (TG), termogravimetria-derivada (DTG), análise térmica diferencial (DTA) e calorimetria exploratória diferencial (DSC).

A Termogravimetria (TG) é uma técnica na qual se avalia a variação de massa (Δm = ganho ou perda), sofrida por uma amostra, ao ser aquecida a uma razão programada de temperatura (ΔT). À medida que algum processo, tal como: uma desidratação, decomposição, oxirredução, ocorre com a mesma, a quantitativa variação de massa, correspondente ao evento é medida por uma balança (termobalança) que, acoplada a um micro processador, registra uma curva de variação de massa em função da variação de temperatura ($\Delta m/\Delta t$). Esta curva apresenta uma sequência de patamares e inflexões correspondentes aos processos ocorridos, o que permite, valendo-se de cálculos estequiométricos simples uma análise quantitativa do evento, ou seja, pode-se, por exemplo, determinar o número total de moléculas de água presentes, e se estão fraca ou fortemente ligadas ao composto em estudo; pode-se também avaliar se o processo de decomposição se dá em uma ou mais etapas, e se em várias etapas, quais fragmentos estão sendo eliminados, assim como o grau de pureza da amostra, entre outras possibilidades (Wendlant, 1986).

A Termogravimetria Derivada (DTG) é um recurso matemático que através da derivada primeira da curva TG, transforma uma inflexão num pico, cuja área é proporcional a variação de massa ocorrida, além de mostrar os limites de temperatura onde cada evento ocorre (inicial: T_i) e (final: T_f), respectivamente, assim como a temperatura de pico que indica a inflexão máxima da curva. Permite a determinação do número de etapas de reação em caso de processos consecutivos (Fernandes, 1995).

A Análise Térmica Diferencial (DTA) é uma técnica na qual a diferença de temperatura entre uma amostra (T_a) e um material inerte de referência (T_r) é medida em função de uma variação controlada (linear) de temperatura (ΔT). À medida que o material em análise sofre uma transformação física ou química, produzindo ou consumindo energia térmica, sensores (termopares) localizados na base suporte da amostra, registram a variação de temperatura (ΔT) ocorrida, gerando uma curva que apresentará picos endo ou exotérmicos, em função da temperatura (T) relativos ao eventos (Wendlandt, 1986; Dodd, 1987)

A Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) é uma técnica onde se analisa diferencialmente a temperatura entre uma amostra e um material de referência inerte, provocada por um fluxo contínuo de calor (dQ/dT), em função de uma variação controlada de aquecimento ou resfriamento (ΔT). É uma técnica bastante semelhante à DTA, pois ambas analisam a diferença de temperatura e a energia liberada entre uma

amostra e uma referência aquecidas simultaneamente num mesmo forno. Quando uma amostra de um determinado material sofre uma transformação química ou uma mudança de estado físico, uma quantidade característica de calor (Q) é absorvida ou liberada, o que resulta em efeitos endo ou exotérmicos, respectivamente. Como exemplo pode-se citar a fusão em que se observa um efeito endotérmico, ou uma decomposição ou ainda uma adsorção que se observa um efeito exotérmico, já uma transição cristalina pode apresentar tanto um efeito endo quanto exotérmico (Wendlandt, 1986).

Integrando-se a área destes picos, obtém-se a variação de entalpia (ΔH) relativa ao processo, ou seja, DTA e DSC são técnicas que fornecem dados termodinâmicos do processo. Neste ponto surgem, contudo as diferenças entre as técnicas, pois os equipamentos de DSC possuem um “software” que calcula o ΔH , enquanto os DTA não, e portanto o cálculo tem que ser feito posteriormente. Entretanto os equipamentos DSC devido ao seu esquema de montagem só operam até temperaturas em torno de 700°C com atmosferas inertes e em torno de 400°C para ar sintético, enquanto os DTA vão a 1.400°C. Por estes motivos normalmente se utilizam as curvas DTA para análises qualitativas e os DSC para análises quantitativas (Dodd, 1987).

As técnicas de DTA e DSC possuem um amplo campo de aplicação, tais como: análises de fenômenos de adsorção e dessorção, transições cristalinas, cristalização, fusão, vaporização, sublimação, degradação oxidativa, decomposição, desidratação, quimissorção, reações de oxirredução e reações no estado sólido.

4. DIGESTIBILIDADE *IN VITRO* DE VOLUMOSOS

A digestão do alimento é definida como o processo de conversão de macromoléculas da dieta em compostos mais simples, que podem ser absorvidos a partir do trato gastrointestinal (Van Soest, 1994). Sendo um dos parâmetros mais importantes para a avaliação do valor nutritivo de um alimento.

A digestibilidade é conhecida como a aptidão de um alimento para ser digerido por determinada espécie animal, sendo este parâmetro de grande importância na formulação de dietas (NRC, 2001). A cana-de-açúcar apresenta características que limitam a sua utilização em animais de elevado potencial genético, como baixo teor de PB, fibra de baixa degradação ruminal, e elevado teor de fibra não degradável (Pereira et al., 2000) o que provoca acúmulo de fibra não degradada, limitando o consumo por repleção ruminal.

Muitos são os fatores que influenciam a digestibilidade, como a ingestão de MS, composição da dieta, processamento dos alimentos e os fatores dependentes dos animais e do nível nutricional. A determinação da digestibilidade por meio de ensaios de alimentação, envolvendo coleta total de fezes, requer controle rigoroso das ingestões e excreções, o que a torna trabalhosa e onerosa. Além disso, em determinadas circunstâncias, este controle é praticamente impossível de ser realizado (Zeoula et al., 2002). Sendo assim, muitos estudos foram realizados com o objetivo de se obter um método químico que permitisse avaliar a digestibilidade do alimento com altas correlações entre os resultados de laboratório e aqueles obtidos dos ensaios com os animais. O desenvolvimento do rúmen artificial ou a técnica de fermentação *in vitro* foi o resultado destes estudos.

O princípio deste método consiste em deixar amostras de alimentos em contato com o conteúdo do rúmen, onde se tenta reproduzir as condições predominantes no rúmen-retículo, presença de microrganismos, anaerobiose, temperatura de 39°C, poder tampão e pH de 6,9.

Segundo Moraes et al. (2008) a adição de óxido de cálcio na cana-de-açúcar não altera a digestibilidade. Entretanto, Oliveira et al. (2007) verificaram comportamento inverso, constataram aumento na digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) da cana-de-açúcar submetida ao mesmo tratamento com óxido de cálcio. Do mesmo modo, Oliveira et al. (2008) relataram que o tratamento com 5 g/kg de cal melhorou a DIVMS e da FDN. Embora os valores absolutos da digestibilidade *in vitro* e *in vivo* não devam ser comparados, os resultados relativos podem servir como parâmetro na comparação de comportamento da variável.

Oliveira et al. (2008), ao avaliarem a hidrólise da cana-de-açúcar com dois níveis de óxido de cálcio (0,5 e 1,0%), verificaram que, com o aumento do nível de óxido de cálcio, o pH da cana-de-açúcar aumentou provocando redução dos teores de FDN, MO e PB. Entretanto não observaram influência na DIVFDN e da DIVFDA ($P > 0,05$). As médias da DIVFDN e DIVFDA, em nível de 5 g/kg de cal hidratada foram de 23,10 e 18,00%, respectivamente. Porém, houve interação significativa ($P < 0,05$) entre os níveis de cal hidratada e os tempos de hidrólise para a DIVMS da cana-de-açúcar. A hidrólise da cana-de-açúcar com 5 ou 6 g/kg de cal hidratada não foram suficientes para promover a ação hidrolisante necessária, a fim de melhorar a qualidade da cana-de-açúcar.

Assim, fica caracterizada a necessidade de estudos para identificar o melhor nível de aditivo alcalinizante para obtenção de resultados favoráveis sobre a digestibilidade da porção fibrosa da cana-de-açúcar.

5. COMPORTAMENTO INGESTIVO DE BOVINOS

O objetivo de se estudar o comportamento ingestivo dos animais consiste em avaliar a quantidade e o valor nutritivo da dieta, através da eficiência do animal, bem como estabelecer a relação entre o comportamento e o consumo voluntário, para obtenção de dados para a melhoria do desempenho animal (Albright, 1993).

Os animais consomem por pequenos espaços de tempo, cada um destes, caracterizando uma refeição, sendo que o número de refeições diárias varia de espécie para espécie e apresenta distribuição irregular ao longo das 24 h, havendo preferência das espécies domésticas pela alimentação diurna (Teixeira, 1998). O pastejo é um processo de elevada complexidade que envolve características do herbívoro e do alimento presente em seu ambiente (Prache et al., 1998).

Os ruminantes, ao ingerirem, mastigam o alimento superficialmente, sendo este transportado até o rúmen e retículo e, após algum tempo, este alimento retorna à boca para a ruminação que é uma atividade que permite a redução do tamanho das partículas dos alimentos, favorecendo, desta forma, a degradação e digestão destes, a fim de melhorar a absorção dos nutrientes.

A atividade de ruminação em animais adultos ocupa cerca de oito horas por dia com variações entre quatro e nove horas (Van Soest, 1994). Esse comportamento é influenciado pela natureza da dieta e parece ser proporcional ao teor de parede celular dos alimentos volumosos.

A atividade de ruminação pode ocorrer com o animal em pé ou deitado, sendo que esta última posição demonstra uma condição de conforto e bem-estar animal. É considerado ócio o tempo em que o animal não está ingerindo alimento ou água e ruminando (Marques et al., 2005).

O estudo do comportamento animal é de grande importância, principalmente para animais mantidos em regime de confinamento (Damasceno et al., 1999), onde o uso de concentrado na ração é utilizado de forma, muitas vezes, desbalanceada. Os ruminantes podem modificar um ou mais componentes do seu comportamento ingestivo com a

finalidade de minimizar os efeitos de condições alimentares desfavoráveis, conseguindo, assim, suprir as suas exigências nutricionais para manutenção e produção (Forbes, 1995).

O conhecimento dos mecanismos que controlam a seleção e ingestão de alimentos é um desafio que abrange importantes áreas da pesquisa. A ingestão de alimentos é de importância fundamental na alimentação animal porque dela vai depender a quantidade total de nutrientes que o animal recebe para seu crescimento, sua saúde e produção. A quantidade total de nutrientes absorvidos vai depender também da digestibilidade, mas o consumo é responsável pela maior parte das diferenças entre os alimentos (Mertens, 1994).

A demanda energética do animal define o consumo de dietas com alta densidade calórica, enquanto a capacidade física do trato gastrintestinal determina a ingestão de dietas com baixa densidade energética (Van Soest, 1994). Assim, quando dietas de alta qualidade são fornecidas, o animal se alimenta para satisfazer sua demanda de energia e a ingestão é limitada pelo potencial do animal em utilizar a energia absorvida (Ítavo et al., 2002).

A fibra é um componente muito importante na dieta de ruminantes, está associada ao estímulo da mastigação e da motilidade do rúmen, à manutenção do ambiente ruminal, ao consumo de matéria seca e ao fornecimento de energia, entre outros. Ela pode ser definida nutricionalmente como a fração do alimento lentamente digestível ou indigestível, que ocupa espaço no trato gastrintestinal dos animais (Mertens, 1997). Mendonça et al. (2004) avaliaram parâmetros do comportamento ingestivo de vacas de leite, submetidas a dietas à base de silagem de milho ou cana-de-açúcar e não verificaram diferença para os tempos médios despendidos com alimentação e ruminação, ao passo que os animais submetidos à silagem de milho ficaram menos tempo no ócio e apresentaram maior consumo de MS, quando comparados àqueles alimentados com cana-de-açúcar.

O estudo do comportamento ingestivo pode apresentar soluções para problemas relacionados com a redução do consumo em épocas críticas para produção de leite. Dado & Allen (1994) relataram a importância de se mensurar o comportamento alimentar e a ruminação, a fim de verificar suas implicações sobre o consumo diário de alimentos. O entendimento do comportamento ingestivo dos ruminantes torna-se necessário o investimento em pesquisas que forneçam aos pesquisadores e produtores informações proporcionando aos animais um manejo nutricional adequado.

6. LITERATURA CITADA

- ALBRIGH, T.J.L. Nutrition, feeding and calves: feeding behavior of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.2, p.485-498, 1993.
- ALCÁNTARA, E.; AGUILERA, A.; ELLIOT, R. et al. Fermentation and utilization by lambs of sugarcane harvested fresh and ensiled with and without NaOH. 4. Ruminant kinetics. **Animal Feed Science and Technology**, v.23, p.323-331, 1989.
- 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.
- BERGER, L.L.; FAHEY Jr., G.C.; BOURQUIM, L.O. Modification of forage quality after harvest. In: FAHEY Jr., G.C. (Ed.). **Forage quality, evaluation e utilization**. American Society of Agronomy, 1994, p.922-966.
- BROWN, M. E.; **Introduction to thermal analysis – Techniques and applications**, 1ª. edition, London, Chapman and Hall, 1998.
- CASTRILLÓN, M.V.; SHIMADA, A.S.; CALDERÓN, F.M. Manipulación de la fermentación en ensilajes de caña de azúcar y su valor alimenticio para borregos. **Técnica Pecuária en México**, v.35, p.48-55, 1978.
- DADO, R.G.; ALLEN, M.S. Variation in and relationships among feeding, chewing, and drinking variables for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.132-144, 1994.
- DAMASCENO, J.C., BACCARI JR, F.; TARGA, L.A. Respostas comportamentais de vacas holandesas com acesso a sombra constante ou limitada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.4, p.709-715. 1999.
- DODD, J.W., TONGE, K.H. **Thermal Methods**. John Wiley & Sons Inc., London, 1987.
- DOMINGUES, F.N.; OLIVEIRA, M.D.S, SIQUEIRA, G.R. et al. Efeito das doses de cal (CaO) microprocessada 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. **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006.
- FERNANDES, V. J. **Curso de Análise Térmica (TG, DSC, DTA e TMA)**, UFRN, Natal, 1995.

- FORBES, J.M. 1995. **Voluntary food intake and diet selection in farm animals**. Wallingford: CAB. 532p.
- FREITAS, A.W.P.; ROCHA, F.C.; ZONTA, A. et al. Consumo de nutrientes e desempenho de ovinos alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar hidrolisada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.11, p.1569-1574, 2008.
- GARN, P.D. **Thermoanalytical Methods of Investigation**, Academic Press, New York, 1965.
- ÍTAVO, L.C.V.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, F.F. et al. Consumo, degradabilidade ruminal e digestibilidade aparente de fenos de gramíneas do gênero *Cynodon* e rações concentradas utilizando indicadores internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.1024-1032, 2002
- JACKSON, M. G. The alkali treatments of straws. **Animal Feed Science and Technology**, v.2, n.2, p.105-130, 1977.
- LENG, R. A. Limitaciones metabólicas en la utilización de la cana-de-açúcar de azúcar y sus derivados para el crecimiento y producción de leche en ruminantes. In: PRESTON, T. R.; ROSALRS, M. (Org.). **Sistemas intensivos para la producción animal y de energía renovable con recursos tropicales**. Cali: Ed. CIPAV, 1988. p.1-24.
- MANZANO, R.P.; FUKUSHIMA, R.S.; GOMES, J.D.F. Digestibilidade do Bagaço de Cana-de-açúcar Tratado com Reagentes Químicos e Pressão de Vapor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n4. p.1196-1204, 2000.
- MARQUES, J.A.; BARBOSA, O.R.; ALBUQUERQUE, K.P. et al. Comportamento de novilhas bubalinas terminadas em confinamento usando promotor de crescimento ou esferas de chumbo no útero. **Acta Scientiarum. Animal Science**, v.27, n.3, p.363-370, 2005.
- MENDONÇA, S.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar ou silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.723-728, 2004.
- MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: GEORGE, C.; FAHEY, G.C. Jr. (Ed) **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.
- MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.8, p.1463-1481, 1997.

- MORAES, K.A.K.; VALADARES FILHO, S.C.; MORAES, E.H.B.K. et al. Cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio fornecida com diferentes níveis de concentrado para novilhas de corte em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p.1293-1300, 2008.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7 ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 381p.
- NUSSIO, L.G.; SANTOS, M.C.; QUEIROZ, O.C.M. Cana-de-açúcar de açúcar para a produção intensiva de leite a pasto. **Caderno Técnico de Veterinária e Zootecnia**, v.57, p.40-66, 2008.
- OLIVEIRA, M.D.S.; ANDRADE, A.T.; BARBOSA, J.C.; SILVA, T.M.; FERNANDES, A.R.M.; CALDEIRÃO, E.; CARABOLANTE, A. Digestibilidade da cana-de-açúcar hidrolisada, in natura e ensilada para bovinos. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, p.41-50, 2007.
- OLIVEIRA, M.D.S.; SANTOS, J.; DOMINGUES, F.N. et al. Avaliação da cal hidratada como agente hidrolisante de cana-de-açúcar. **Veterinária Notícias**, v.14, n.1, p.9-17, 2008.
- PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; LOURES, D.R.S. et al. Efeito do tratamento com aditivos químicos e inoculantes bacterianos nas perdas e na qualidade de silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.558-564, 2007.
- PEREIRA, E.S.; QUEIROZ, A.C.; PAULINO, M.F. et al. Determinação das frações protéicas e de carboidratos e taxas de degradação in vitro da cana-de-açúcar, da cama de frango e do farelo de algodão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1887-1893, 2000.
- PINTO, A.P.; PEREIRA, E.S.; MIZUBUTI, I.Y. Características nutricionais e formas de utilização da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. **Ciências Agrárias**, v.24, n.1, p. 73-84, 2003.
- PIRES, A.J.V.; REIS, R.A.; CARVALHO, G.G.P. de; SIQUEIRA, G.R.; BERNARDES, T.F. Bagaço de cana-de-açúcar tratado com hidróxido de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.953-957, 2006.
- PRACHE, S.; GORDON, I.J.; ROOK, A.J. Foraging behaviour and diet selection in domestic herbivores. **Annales de Zootechnie**, v.48, p.1-11, 1998.
- REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. A.; RESENDE, K. T. Avaliação de fontes de amônia para o tratamento de fenos de gramíneas tropicais. 1. Constituintes da parede celular,

poder tampão e atividade ureática. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.3, p.682-686, 2001.

TEIXEIRA, J.C. **Fisiologia digestiva dos animais ruminantes**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 171p.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminants**. 2.ed., Ithaca: Cornell University. 476p, 1994.

WENDLANDT, W.W. **Thermal Methods of Analysis, Chemical Analysis**, John Wiley & Sons Inc., New York, 1974.

WENDLANDT, W.W. **Thermal Analysis, Chemical Analysis**, John Wiley and Sons, New York, NY, 3.ed., v.19, p.1.1986.

ZEOULA L. M.; PRADO, I. N.; DIAN, P. R. M. et al. Recuperação Fecal de Indicadores Internos Avaliados em Ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1865-1874, 2002.

II. OBJETIVOS GERAIS

Estudar a termodecomposição da cana-de-açúcar *in natura* hidrolisada com diferentes doses de hidróxido de cálcio.

Avaliar o efeito do hidróxido de cálcio na estabilidade aeróbia da cana-de-açúcar, após colheita em função do tempo após mistura e a degradabilidade *in situ* da matéria seca (MS) com ou sem tratamento com hidróxido de cálcio em diferentes tempos após mistura do hidróxido de cálcio, bem como determinar a sua degradabilidade potencial e efetiva.

Determinar a composição química e a digestibilidade *in vitro* da cana-de-açúcar *in natura* com doses de hidróxido de cálcio.

Avaliar o efeito de doses crescentes de hidróxido de cálcio na cana-de-açúcar *in natura* na dieta de bovinos sobre o consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes, do comportamento ingestivo e dos parâmetros ruminais.

III. ESTUDO TERMOANALÍTICO DA CANA-DE-AÇÚCAR COM DIFERENTES DOSES DE HIDRÓXIDO DE CÁLCIO

RESUMO – No presente trabalho realizou-se um estudo termoanalítico da cana-de-açúcar *in natura* aditivada com diferentes doses de hidróxido de cálcio e sua combinação com uréia. Foram avaliados quatro doses, contendo 0, 10, 20 e 30 g de hidróxido de cálcio por kg de cana-de-açúcar *in natura*, sendo os mesmos para o tratamento do hidróxido de cálcio combinado com uréia (50% de cada aditivo) com o objetivo de se obter a estabilidade térmica, o teor de umidade, o processo de termodecomposição e o resíduo de cinzas, curvas de Termogravimetria-Termogravimetria Derivada (TG/DTG) e de Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC). Foram utilizadas 10 mg de amostra em cada análise, com temperaturas variando entre 25 e 800°C. À medida que se elevou a dose de hidróxido de cálcio observou-se um aumento de energia liberada pela cana-de-açúcar, sendo de 1,04; 1,15; 1,33 e 1,35 Mcal/kg para as doses 0, 10, 20 e 30 g/kg, respectivamente. As cinzas foram 4,11; 6,09; 7,00 e 6,84% para os níveis 0, 10, 20 e 30 g/kg, respectivamente. No tratamento com hidróxido de cálcio+uréia observou-se um aumento na energia liberada pela amostra, apresentando valores de 1,19; 1,33 e 1,36 Mcal/kg de cana-de-açúcar *in natura* para as doses 10, 20 e 30 g/kg, respectivamente. As cinzas foram 5,76; 6,08 e 6,05% para os tratamentos 10, 20 e 30 g/kg de hidróxido de cálcio+uréia, respectivamente. Há uma relação direta entre o hidróxido de cálcio e sua combinação com uréia na cana-de-açúcar e o processo de termodecomposição, bem como um aumento na energia liberada, o que provavelmente deverá interferir nas características nutricionais da cana-de-açúcar.

Palavras-chave: Calorimetria Exploratória Diferencial, Termogravimetria-Termogravimetria Derivada, cal hidratada, uréia

THERMAL ANALYSIS OF SUGAR CANE CONTAINING DIFFERENT CALCIUM HYDROXIDE

ABSTRACT: In the present work it was of the sugar cane *in natura* with different levels of hydrated lime and calcium hydroxide + urea. There were evaluated four levels, containing 0, 10, 20 and 30 g of hydrated lime by kg of sugar-cane *in natura*, with the objective of obtaining the thermal stability, the humidity amount the thermodecomposition process and the residue of ashes, curves of Thermogravimetry-Termogravimetry Derived (TG/DTG) and of Differential Exploratory Calorimetry (DSC). A total of 10 mg of sample were used in each analysis, with temperatures varying between 25 and 800°C. As it increase the level of calcium hydroxide an increase of energy liberated was observed by sample, being of 1.04, 1.15, 1.33 and 1.35 Mcal/kg for the levels 0, 10, 20 and 30 g/kg, respectively. The ashes were 4.11, 6.09, 7.00 and 6.84% for the treatments 0, 10, 20 and 30 g/kg of calcium hydroxide, respectively. In the treatment calcium hydroxide + urea an increase was observed in the energy liberated by the sample, presenting values of 1.19, 1.33 and 1.36 Mcal/kg of sample for the levels 10, 20 and 30 g/kg, respectively. The ashes were 5.76, 6.08 and 6.05% for the treatments 10, 20 and 30 g/kg of calcium hydroxide+urea, respectively. There is a direct relationship between the level of calcium hydroxide and calcium hydroxide + urea in the sugar-cane and the process of thermo decomposition, as well as an increase in the liberated energy, what should probably interfere in the nutritional characteristics of the sugar cane.

Keywords: hydrated lime, Thermo gravimetry-Derivate Thermo gravimetry, Differential Scanning Calorimetry, urea

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é tradicionalmente utilizada na alimentação animal, apesar da sua baixa digestibilidade, em razão da quantidade de lignina. Contudo, é uma cultura com valor energético que desponta como opção viável técnica e economicamente, além da sua importância para bioenergia (Valvasori & Paulino, 2007).

A maioria dos alimentos sofre tratamento térmico durante seu processamento que podem alterar as propriedades físico-químicas e funcionais, refletindo na qualidade e aceitabilidade pelo animal. A produção de ruminantes depende da qualidade dos alimentos fornecidos em sua dieta, sendo o volumoso a mais econômica fonte de nutrientes (Ítavo & Ítavo, 2004). Reis & Rodrigues (1994) e Andrade et al. (2001) destacaram a importância do uso de substâncias químicas visando melhorar a digestibilidade e disponibilidade de nutrientes para o animal.

A utilização do tratamento químico de volumosos é bastante antiga. O uso de substâncias alcalinizantes, como o hidróxido de sódio e amônia anidra foram utilizados com o intuito de melhorar a digestibilidade e o consumo de alimentos fibrosos como palhadas, bagaço da cana-de-açúcar, dentre outros, sempre visando melhoria no valor nutricional dos mesmos, como volumosos para ruminantes (Manzano et al., 2000; Andrade et al., 2001).

A ação hidrolisante dos diferentes agentes alcalinos para reduzir os teores da FDN, hemicelulose e FDA da cana-de-açúcar, está relacionada com a melhoria no consumo e na digestibilidade da mesma, com possível melhoria no desempenho animal (Oliveira et al., 2002; Oliveira et al., 2007).

A análise térmica foi definida por Ionashiro & Giolito (1980) como um grupo de técnicas nas quais uma propriedade física de uma substância e/ou seus produtos de reação é medida, enquanto a amostra é submetida a uma programação de temperatura.

A análise térmica pode ser uma ferramenta útil para pesquisa, desenvolvimento e controle de qualidade de alimentos para ruminantes, consistindo em um conjunto de métodos em que uma propriedade física de uma amostra ou uma transformação química sofrida pela mesma é continuamente medida em função de uma variação controlada de temperatura (Wedlandt, 1986). A termogravimetria-derivada (TG/DTG) mede a variação de massa de um material, quando submetido a um programa controlador de temperatura.

A Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) é uma técnica em que se analisa diferencialmente a temperatura entre uma amostra e um material de referência inerte, provocada por um fluxo contínuo de calor (dQ/dT). Quando uma amostra sofre uma transformação química ou uma mudança de estado físico, uma quantidade característica de calor (Q) é absorvida ou liberada, o qual por meio de cálculos realizados por software instalado é convertido em variação de entalpia (Dodd e Tonge, 1987).

Assim, objetivou-se estudar o comportamento termoanalítico da cana-de-açúcar hidrolisada com diferentes doses de hidróxido de cálcio e sua combinação com uréia.

MATERIAL E MÉTODOS

Avaliou-se a cana-de-açúcar *in natura* colhidas aos 14 meses de idade, utilizando-se o hidróxido de cálcio e a combinação hidróxido de cálcio e uréia como aditivos.

A cana-de-açúcar foi triturada e misturada com diferentes doses de hidróxido de cálcio e sua combinação com uréia, nas doses de 0, 10, 20 e 30 gramas por kg de cana-de-açúcar, sendo que para a combinação de hidróxido de cálcio e uréia cada dose possui 50% de cada aditivo, sendo para a dose de 10 g/kg = 5g de hidróxido de cálcio e 5 g de uréia, para a dose de 20 g/kg = 10 g de hidróxido de cálcio e 10 g de uréia e para a dose de 30 g/kg = 15 g de hidróxido de cálcio e 15 g de uréia por kg de cana-de-açúcar após a colheita (por kg de cana-de-açúcar foram adicionados as doses 10, 20 e 30 g para cada tratamento, sendo a dose 0 g/kg sem inclusão). O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições por tratamento. Realizada a colheita da cana-de-açúcar, prepararam-se oito porções de 20 kg. Após a formação das porções misturou-se o hidróxido de cálcio e hidróxido de cálcio + uréia com suas respectivas doses de inclusão (0 (sem aplicação), 10, 20 e 30 g/kg de cana-de-açúcar) e foram retiradas três amostras após a mistura na cana-de-açúcar para realização das análises térmicas.

As amostras foram pré-secadas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, sendo realizada moagem com peneira de 1 mm, e acondicionadas em recipientes plásticos devidamente identificados.

Na Tabela 1, estão apresentados os valores de matéria seca da cana-de-açúcar *in natura* com inclusão de hidróxido de cálcio e a combinação de hidróxido de cálcio + uréia após a aplicação e mistura (g/kg de cana-de-açúcar).

Tabela 1 – Teores de matéria seca (MS) da cana-de-açúcar in natura com inclusão de hidróxido de cálcio e da sua combinação com uréia após a aplicação e mistura (g/kg de cana-de-açúcar)

Aditivo	Nível de aditivo (g/kg)			
	0	10	20	30
Hidróxido de cálcio	29,52	36,00	34,85	34,96
Hidróxido de cálcio+uréia	29,52	32,87	30,90	32,40

Foram utilizados 10 mg de amostra por análise, com a temperatura variando entre 25°C e 800°C. Os resultados obtidos foram tabulados e os gráficos confeccionados, utilizando-se o software TA Universal Analysis. As curvas Termogravimetria-Termogravimetria Derivada (TG-DTG) foram obtidas num equipamento SDTQ600 da TA Instruments, em atmosfera de ar sintético com fluxo de 100 mL/min, razão de aquecimento de 20°C/min, em cadinhos de alumina (Al₂O₃) como suporte.

As curvas Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) foram obtidas no equipamento SDTQ600 da TA Instruments, utilizando-se como suporte de amostra, cadinhos de alumina sem tampa, e como referência, um cadinho similar, vazio, atmosferas de ar sintético e nitrogênio, com fluxo de 100 mL/min e razão de aquecimento de 20°C/min. As análises foram realizadas no Laboratório de Biotecnologia da Universidade Católica Dom Bosco - UCDB. As variáveis foram avaliadas por meio de análises de variância e regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As curvas TG-DTG, mostram que o processo de termodecomposição promove perda de massa em quatro etapas consecutivas entre temperatura de 25°C e 800°C, sendo a primeira relativa ao processo de desidratação, cujos teores variaram entre 5,7 e 6,9%, bem como um aumento no teor de cinzas à medida que se eleva o nível de hidróxido de cálcio (Tabela 2). Provavelmente tal fato ocorreu em virtude da maior quantidade de hidróxido de cálcio, quando se elevou o nível de inclusão, proporcionando maior teor de cinzas.

Na faixa de temperatura de 146,65 a 272,20°C os níveis crescentes de hidróxido de cálcio influenciaram na perda de massa seca, apresentando comportamento linear crescente, provavelmente estando relacionado a degradação da hemicelulose, por causa da mistura do hidróxido de cálcio em pó e a seco com a cana-de-açúcar, demonstrando

seu efeito de hidrólise alcalina, rompendo as pontes de hidrogênio solubilizando maior parte da hemicelulose, podendo assim o hidróxido de cálcio estar influenciando na hidrólise da fração fibrosa da cana-de-açúcar.

Observam-se maiores perdas de massa entre as temperaturas de 272,21 e 397,76°C, ocorrendo provavelmente quebra das ligações nas unidades de celulose sendo que o tratamento sem hidróxido de cálcio apresentou maior perda de massa nesta faixa de temperatura.

De acordo com Fernandes et al. (2006), a decomposição e perda de massa durante a análise termogravimétrica de materiais lignocelulósicos ocorrem em quatro etapas, sendo elas: desidratação (105-125°C), decomposição da hemicelulose (120-280°C); quebra da ligação β -1,4 glicosídica nas unidades da celulose (255-360°C) e despolimerização na lignina (420-485°C). Assim, observam-se maiores perdas de massa na terceira etapa, entre as temperaturas de 272,21 a 397,76°C, provavelmente ocorrendo maiores quebras das ligações glicosídicas da celulose.

Oliveira & Vieira (1994), observaram que, quanto maior o tempo de estocagem, pior é a composição química do bagaço de cana, em decorrência da diminuição do teor energético, com conseqüente aumento da MS. De maneira geral a cana-de-açúcar exposta ao ar, sofre rápido aquecimento, em razão dos microrganismos oportunistas que iniciam atividade metabólica produzindo calor e consumindo nutrientes, de modo que alguns produtos da fermentação passam a ser substrato, ocorrendo um processo de deterioração. A fermentação por leveduras converte a sacarose a CO₂, etanol e água. Essa conversão acarreta redução drástica no valor nutritivo e elevadas perdas durante a estocagem do material e fornecimento aos animais (Resende et al., 2005).

O nível de hidróxido de cálcio influenciou a liberação de calor observados pelos resultados de energia total, modificando sua composição química, o que pode alterar o valor nutritivo cana-de-açúcar.

Tabela 2 – Médias, equações de regressão e coeficientes de determinação (r^2) da perda de massa e da energia liberada no processo de termodecomposição da cana-de-açúcar com diferentes níveis de hidróxido de cálcio (g/kg)

	Nível de aditivo (g/kg)				Equação de Regressão*	r^2
	0	10	20	30		
Δ_m 25,00 – 146,64°C	6,04	6,34	6,78	6,93	$\hat{Y} = 6,05267 + 0,038875*n$	0,97
Δ_m 146,65 – 272,20°C	15,54	16,78	20,23	21,07	$\hat{Y} = 15,4023 + 0,25050*n$	0,94
Δ_m 272,21 – 397,76°C	46,10	44,93	43,41	38,29	$\hat{Y} = 46,9217 + 0,311875*n$	0,88
Δ_m 397,77 – 690,13°C	28,24	25,38	23,31	25,71	$\hat{Y} = 28,4268 - 0,613313*n + 0,02050*n^2$	0,95
Cinzas	4,24	6,73	7,43	8,53	$\hat{Y} = 4,70033 + 0,169625*n$	0,93
Energia total (kJ/g)	4,40	4,89	5,64	5,72	$\hat{Y} = 4,4560 + 0,058875*n$	0,93
Energia total (Mcal/kg)	1,04	1,15	1,33	1,35	$\hat{Y} = 1,05433 + 0,0138750*n$	0,93

*P < 0,0001

Δ_m (%) = Perda de Massa (temperatura inicial e final de perda de massa); 1 cal = 4,19 J;

À medida que se elevou a dose de hidróxido de cálcio, 0, 10, 20 e 30 g/kg de cana-de-açúcar na matéria natural, observa-se um aumento na energia liberada, sendo esta de 4,35; 4,84; 5,59 e 5,67 kJ/g para as doses 0, 10, 20 e 30 g/kg, respectivamente. Provavelmente tal fato ocorreu, em virtude da interação do hidróxido de cálcio com a hemicelulose, causando hidrólise, ocasionando assim, liberação de compostos da fibra mais facilmente degradados pelo aumento de temperatura.

Quando se converte os valores de energia liberada para Mcal/kg os valores encontrados são 1,04; 1,15; 1,33 e 1,35 Mcal/kg para as doses 0, 10, 20 e 30 g de hidróxido de cálcio, respectivamente.

As curvas DSC permitem verificar um aumento de energia liberada (Figura 1) no processo de termodecomposição das amostras, à medida que se eleva o nível de hidróxido de cálcio na cana-de-açúcar. Tal fato sugere que houve efeito do tratamento alcalino na melhoria do valor nutricional, uma vez que a liberação de energia estaria diretamente relacionada a disponibilidade de nutrientes e à facilidade de quebra das moléculas.

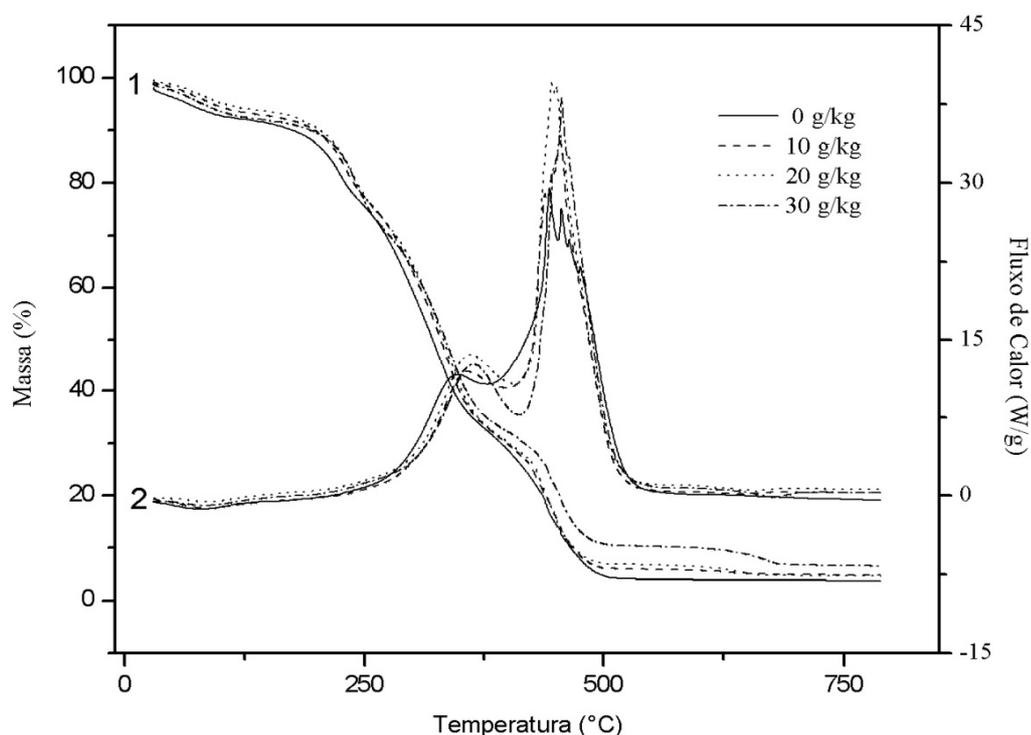


Figura 1. Perda de massa (1) e energia liberada (2) da cana-de-açúcar com diferentes doses (0, 10, 20 e 30 g/kg) de hidróxido de cálcio

Na Tabela 3, está apresentada a perda de massa para o processo térmico de decomposição da cana-de-açúcar com diferentes doses de hidróxido de cálcio+uréia (g/kg). O tratamento sem inclusão de aditivo apresentou quatro etapas para perda de massa e os tratamentos com níveis crescentes de hidróxido de cálcio+uréia apresentaram cinco etapas. À medida que se elevou a dose de hidróxido de cálcio+uréia, observa-se um aumento na energia liberada. Provavelmente tal fato ocorreu, devido à interação do hidróxido de cálcio com a hemicelulose, causando hidrólise, ocasionando assim, liberação de compostos da fibra mais facilmente degradados pelo aumento de temperatura.

Na Figura 2, estão apresentadas Perda de massa (1) e a energia liberada (2) da cana-de-açúcar com diferentes doses de hidróxido de cálcio+uréia (0, 10, 20 e 30 g/kg de cana). Quando se converte os valores de energia liberada para Mcal/kg as doses de hidróxido de cálcio apresentaram valores de 1,04; 1,19; 1,33 e 1,36 Mcal/kg para as doses 0, 10, 20 e 30 g de hidróxido de cálcio+uréia, respectivamente, por kg de cana-de-açúcar.

Observaram-se perdas de massa em quatro ou cinco etapas consecutivas entre temperatura de 25°C e 800°C, sendo que na primeira ao processo de eliminação de água, os teores variaram entre 5,4 e 6,01%, bem como um aumento no teor de cinzas à medida que se elevou o nível de hidróxido de cálcio + uréia na cana-de-açúcar, sendo que a cana-de-açúcar sem aditivo apresentou valor de 4,13%. Para as inclusões dos níveis testados de hidróxido de cálcio+uréia os teores de cinzas foram 5,00; 5,57 e 5,68% para os tratamentos 10, 20 e 30 g/kg, respectivamente.

Na faixa de temperatura de 125,47 a 258,82°C as doses crescentes da combinação de hidróxido de cálcio+uréia influenciaram a perda de massa, apresentando comportamento quadrático, com médias de 15,54; 14,51; 14,69 e 16,54% diferente em relação ao tratamento somente com hidróxido de cálcio (Tabela 2), que apresentou efeito linear crescente, com médias de 15,54; 16,78; 20,23 e 21,07%, demonstrando assim o maior efeito do hidróxido de cálcio na perda de massa nesta faixa de temperatura, provavelmente relacionado à degradação da hemicelulose, associado ao processo de hidrólise alcalina, ocasionando o rompimento das pontes de hidrogênio solubilizando maior parte da hemicelulose, podendo assim o hidróxido de cálcio combinado com a uréia estar influenciando na hidrólise da fração fibrosa da cana-de-açúcar.

Tabela 3 – Médias, equações de regressão e coeficientes de determinação (r^2) da perda de massa e da energia liberada no processo de termodecomposição da cana-de-açúcar com diferentes doses da combinação de hidróxido de cálcio e uréia (g/kg)

	Nível de aditivo (g/kg)				Equação de Regressão*	r^2
	0	10	20	30		
Δ_m 25,00 – 125,46°C	6,01	5,96	5,83	5,47	$\hat{Y} = 5,8675 + 0,2125*n - 0,0775*n^2$	0,99
Δ_m 125,47 – 259,82°C	15,54	14,51	14,69	16,64	$\hat{Y} = 18,2 - 3,377*n + 0,745*n^2$	0,99
Δ_m 259,83 – 389,02°C	46,09	46,77	44,62	42,87	$\hat{Y} = 45,003 + 1,8565*n - 0,6075*n^2$	0,94
Δ_m 389,03 – 679,70°C	28,25	27,00	28,78	28,97	$\hat{Y} = 37,15 - 14,265*n + 6,135*n^2 - 0,77*n^3$	0,99
Cinzas	4,11	5,76	6,08	6,05	$\hat{Y} = 1,865 + 2,714*n - 0,42*n^2$	0,98
Energia total (kJ/g)	4,35	5,00	5,57	5,68	$\hat{Y} = 4,01 + 0,0456*n$	0,93
Energia total (Mcal/kg)	1,04	1,19	1,33	1,36	$\hat{Y} = 0,957 + 0,1088*n$	0,93

*P < 0,0001

Δ_m (%) = Perda de Massa (temperatura inicial e final de perda de massa); 1 cal = 4,19 J

As curvas DSC mostram inicialmente um suave desvio da linha de base para o sentido endotérmico da reação, relativo ao processo de desidratação das amostras, seguido de dois picos exotérmicos relativos ao processo de termodecomposição das amostras. As curvas DSC permitem verificar um aumento de energia liberada (Figura 2), no processo de termodecomposição das amostras, à medida que se eleva o nível da combinação de hidróxido de cálcio+uréia na cana-de-açúcar *in natura*.

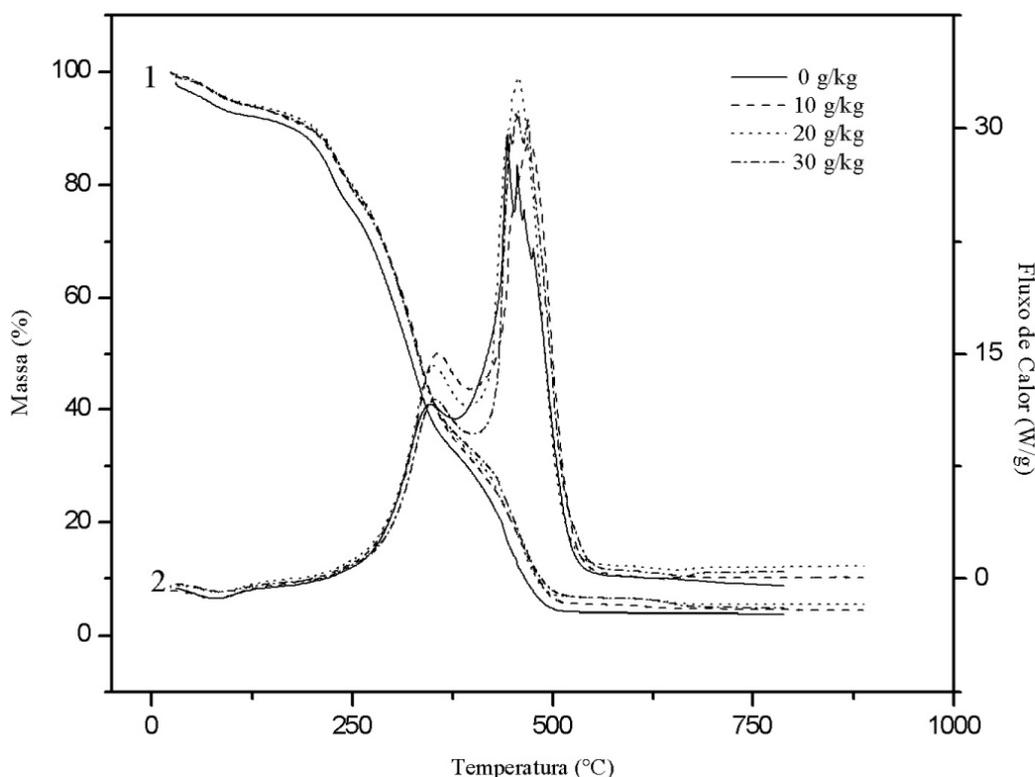


Figura 2 - Perda de massa (1) e energia liberada (2) da cana-de-açúcar *in natura* com diferentes níveis de hidróxido de cálcio+uréia (0, 10, 20 e 30 g/kg de cana)

Há de se destacar que os estudos termoanalíticos são para determinar as características relacionadas ao alimento, realizadas em laboratório, assim podendo estimar a energia liberada pela amostra, podendo ser correlacionadas a estudos com digestão.

CONCLUSÕES

O hidróxido de cálcio influencia no processo de termodecomposição da cana-de-açúcar, bem como um aumento na energia liberada pela cana-de-açúcar e um efeito na perda de massa da fração fibrosa. Sugerem-se mais estudos da técnica para aplicação na avaliação de alimentos para ruminantes e correlacionar com a digestibilidade dos nutrientes.

LITERATURA CITADA

- 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.
- DODD, J.W.; TONGE, K.H. **Thermal Methods**, John Wiley & Sons Inc., London, 1987.
- FERNANDES, F.L.; BARRETO, M.C.S.; JAGUARIBE, E.F. et al. Análise termogravimétrica de matérias-primas utilizadas na produção de carvões ativados. **Anais...** V Congresso Brasileiro de Análise Térmica e Calorimetria – V CBRATEC – 2006.
- IONASHIRO, M.; GIOLITO, I. Nomenclatura, padrões e apresentação dos resultados em análise térmica. **Cerâmica**. v.26. p. 54-75, 1980.
- ÍTAVO, L.C.V.; ÍTAVO, C.C.B.F. Aspectos relacionados a produção de Leite. In: SILVA, M.J. **Métodos e Culturas Alternativas na Agricultura Familiar**. UCDB, 2 ed. rev. p.185-214. 2004.
- MANZANO, R.P.; FUKUSHIMA, R.S.; GOMES, J.D.F. Digestibilidade do Bagaço de Cana-de-açúcar Tratado com Reagentes Químicos e Pressão de Vapor. **Revista Brasileira de Zootecnia**. V.29, n4. p.1196-1204, 2000.
- OLIVEIRA, M.D.S.; VIEIRA, P.F. Efeito do tempo de estocagem sobre a composição química do bagaço de cana-de-açúcar hidrolisado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 9, p.1.469– 1.473. 1994.
- OLIVEIRA, M. D. S.; QUEIROZ, M. A. A.; CALDEIRÃO, E. ET AL. Efeito da hidrólise com NaOH sobre a digestibilidade *in vitro* da matéria seca da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). **Ars Veterinária**, v. 18, n. 2, p. 167-173, 2002.

- OLIVEIRA, M.D.S.; ANDRADE, A.T.; BARBOSA, J.C.; SILVA, T.M.; FERNANDES, A.R.M.; CALDEIRÃO, E.; CARABOLANTE, A. Digestibilidade da cana-de-açúcar hidrolisada, in natura e ensilada para bovinos. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, p.41-50, 2007.
- REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. A. Amonização de forrageiras de baixa qualidade. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 1994, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 1994. p. 89-104.
- RESENDE, F.D.; SIGNORETTI, R.D.; COAN, R.M. et al. Terminação de bovinos de corte com ênfase na utilização de volumosos conservados. In: REIS, R.A. et al. (Eds.) **Volumosos na produção de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, p.83-106. 2005.
- VALVASSORI, E.; PAULINO, V.T. Alguns aspectos sobre o uso de cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. 2007. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_3/ruminantes/index.htm>. Acesso em: 16/2/2008.
- WENDLANDT, W. W.; ELVING, P.J.; WINEFORDNER, J.D. **Thermal Analysis, Chemical Analysis**. 3^a Edição, John Wiley & Sons, New York, 1986.

IV. ESTABILIDADE AERÓBIA, COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA, DIGESTIBILIDADE *IN VITRO* E DEGRADABILIDADE *IN SITU* DA CANA-DE-AÇÚCAR COM DOSES DE HIDRÓXIDO DE CÁLCIO

RESUMO – Avaliaram-se doses de hidróxido de cálcio, misturado em pó, na estabilidade aeróbia, na composição química, na digestibilidade *in vitro* e na degradabilidade *in situ* da cana-de-açúcar. Para determinação da estabilidade aeróbia (pH) utilizaram-se sete doses de hidróxido de cálcio (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 g/kg de matéria natural de cana-de-açúcar) e cinco tempos de amostragens (0, 24, 48, 72 e 96 horas) após a mistura. Determinou-se a composição química e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), da fibra em detergente neutro (DIVFDN) e da fibra em detergente ácido (DIVFDA) da cana-de-açúcar tratada com doses de 0, 8, 16 e 24 g/kg hidróxido de cálcio. Para a degradabilidade *in situ* da MS foram avaliados a adição (10 g/kg) ou não (0 g/kg) de hidróxido de cálcio na cana-de-açúcar nos tempos 0, 24, 48 e 72 horas após mistura. As doses de hidróxido de cálcio apresentaram valores de pH satisfatórios, favorecendo melhor estabilidade aeróbia. A dose de 20 g/kg apresentou pH de 8,27 no tempo 24 horas e com 30 g/kg pode-se conservar até 72 horas. Houve redução linear nos teores de FDN, FDA e CNF. Houve efeito quadrático para a DIVMS (55,27; 62,34; 60,75 e 61,20), DIVFDN (36,47; 60,08; 53,66 e 50,58) e DIVFDA (28,45; 45,75; 41,89 e 42,37) da cana-de-açúcar. A cana-de-açúcar sem hidróxido de cálcio apresentou maior fração solúvel (fração *a*). O hidróxido de cálcio teve efeito na fração potencial degradável (fração *b*) e na taxa de degradação (fração *c*). O hidróxido de cálcio proporcionou melhor estabilidade aeróbia, alterou a composição química da fração fibrosa e melhorou a digestibilidade da fração fibrosa, caracterizando o efeito de hidrólise na cana-de-açúcar.

Palavras-chave: cal hidratada, hidrólise, nutrição de ruminantes, parede celular, valor nutricional

**AEROBIC STABILITY, CHEMICAL COMPOSITION, *IN VITRO*
DIGESTIBILITY AND *IN SITU* DEGRADABILITY OF SUGAR CANE WITH
DOSES OF CALCIUM HYDROXIDE**

ABSTRACT – It was aimed to evaluate the effect of calcium hydroxide doses, mixed in powder, in aerobic stability chemical composition, *in vitro* digestibility and *in situ* degradability of sugar cane *in natura*. For determination of aerobic stability (pH) were used seven levels of calcium hydroxide (0, 50, 10, 15, 20, 25, 30 g/kg of sugar cane *in natura*) and five times of evaluation, (0, 24, 48, 72 and 96 hours) after the application. It was determined the chemical composition and *in vitro* digestibility of dry matter (IVDMD), neutral detergent fiber (IVNDFD) and acid detergent fiber (DIVFDA) of sugar cane treated with doses of 0, 8, 16 and 24 g/kg calcium hydroxide. For the *in situ* degradability of DM there were evaluated the addition (10 g / kg) or not (0 g / kg) of calcium hydroxide in the sugar cane at 0, 24, 48 and 72 hours after the application. For the DM *in situ* degradability were evaluated the addition (10 g/kg) or not of calcium hydroxide in the sugar cane in the times 0, 24, 48 and 72 hours after harvest. For the treatment with calcium hydroxide all the doses presented satisfactory pH. The level of 20 g/kg presented pH of 8.27 in the time 24 hours and with 30 g/kg it can be conserved up to 72 hours. There was a linear reduction in doses of NDF, ADF, and NFC. There was a quadratic effect for IVDMD (55.27, 62.34, 60.75 and 61.20), IVNDFD (36.47, 60.08, 53.66 and 50.58) and IVADFD (28.45, 45.75, 41.89 and 42.37) of sugar cane. The sugar-cane without lime presented larger soluble fraction (fraction *a*). The hydrated lime had effect in the fraction potential degradable (fraction *b*) and in the degradation rate (fraction *c*). The calcium hydroxide changes the pH of the sugar cane after mix, the chemical composition and the digestibility of fibrous fraction, improving their nutritional value.

Key Words: hydrated lime, hydrolyze, nutrition ruminant, cell wall, nutritional value

INTRODUÇÃO

Uma alternativa para tentar melhorar a qualidade da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes seria o uso de aditivos, como por exemplo, o uso do hidróxido de cálcio. Os resultados são escassos com informações do hidróxido de cálcio na melhoria do valor nutricional da cana-de-açúcar para utilização na alimentação de ruminantes. Uma técnica já utilizada por criadores para tornar a cana-de-açúcar mais digestível é misturar o alimento picado com uma solução à base de soda cáustica. A soda tem alguns inconvenientes quando comparada com o hidróxido de cálcio, sendo seu manuseio perigoso e corrosivo, por isso deprecia muitos equipamentos, o que não ocorre com hidróxido de cálcio.

A técnica de digestibilidade *in vitro*, usada para avaliação da digestibilidade dos alimentos, tem sido utilizada na análise dos mais variados tipos de alimentos fornecidos aos ruminantes. Esse fato se observa em razão da prática na determinação dos resultados, uma vez que grande parte do processo é desenvolvida em laboratório (Alcalde et al., 2001). A técnica *in vitro* procura simular as condições naturais da digestão.

A busca para melhorar a eficiência no laboratório conduziu ao desenvolvimento do aparelho que simula a fermentação ruminal (incubadora DAISY), o qual permite incubação de diferentes alimentos em filtros de náilon no mesmo recipiente, sendo considerado o material que desaparece como digestível (Mabjeesh et al., 2000). Holden (1999) afirmou que o aparelho DAISY pode ser utilizado para avaliações *in vitro* de forragens e grãos.

Andrade et al. (2001) destacaram a importância do uso de substâncias químicas visando melhorar a digestibilidade e disponibilidade de nutrientes para a nutrição animal. O uso de alcalinizantes, como o hidróxido de sódio (NaOH), o hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂), a amônia anidra (NH₃) e mais recentemente o óxido de cálcio (CaO), são utilizados para melhorar os coeficientes de digestibilidade de volumosos. Esses agentes atuam solubilizando parcialmente a hemicelulose, promovem o fenômeno conhecido como intumescimento alcalino da celulose, que consiste na expansão das moléculas de celulose, causando a ruptura das pontes de hidrogênio, as quais, segundo Jackson (1977), confere a cristalinidade da celulose, aumentando a digestão desta e da hemicelulose.

De acordo com Klopfenstein (1980), o teor de lignina normalmente não é alterado pelo tratamento químico, mas a ação deste tratamento leva ao aumento da taxa de digestão da fibra. Trabalhos similares foram realizados utilizando aditivos alcalinizantes,

e verificaram aumentos na digestibilidade *in vitro* da MS, da FDN e da FDA da cana-de-açúcar (Oliveira et al., 2008).

Segundo Oliveira et al. (2007) a hidrólise da cana-de-açúcar com a cal processada influenciou a digestibilidade *in vitro* da MS, FDN, FDA e da lignina. Entretanto, Andrade et al. (2001) ao avaliar a aplicação de 10 g/kg de hidróxido de sódio na cana-de-açúcar para ovinos, não observaram melhora nos coeficientes de digestibilidade da MS e da FDN.

Assim, objetivou-se avaliar doses de hidróxido de cálcio na cana-de-açúcar sobre a estabilidade aeróbia, a degradabilidade *in situ* da matéria seca (MS), a composição química e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (MS), da fibra em detergente neutro (DIVFDN) e da fibra em detergente ácido (DIVFDA).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Universidade Católica Dom Bosco – UCDB e no laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, Campo Grande, Mato Grosso do Sul. Foram realizados três ensaios experimentais para avaliação do hidróxido de cálcio como aditivo para cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes.

Ensaio de estabilidade aeróbia: Foi utilizado cana-de-açúcar *in natura* aos 14 meses de idade, avaliando-se doses de hidróxido de cálcio, adicionado e misturado em pó e a seco na cana-de-açúcar após a colheita com diferentes tempos de amostragens. Para colher e picar a cana-de-açúcar foi utilizado uma colhedora de forragem regulada para corte de partículas de 4 mm.

Os tratamentos consistiram em sete níveis de hidróxido de cálcio (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 g/kg de matéria natural de cana-de-açúcar) e cinco tempos de amostragens, sendo 0 (zero), 24, 48, 72 e 96 horas após a aplicação e mistura do hidróxido de cálcio, sendo o tempo zero hora logo após colheita da cana-de-açúcar.

Após a colheita da cana-de-açúcar, foram formadas 14 porções de 20 kg, em piso de concreto e coberto, e adicionado o hidróxido de cálcio em suas respectivas doses (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 g/kg) e misturados a cana-de-açúcar, sendo realizadas coletas de amostras nos respectivos horários avaliados (0, 24, 48, 72 e 96 horas após a mistura do hidróxido de cálcio) para determinação do pH das doses avaliadas nos respectivos tempos de amostragens.

Foram colhidas três amostras (triplicata) de cada tratamento para determinação do pH. As análises de MS e pH foram realizadas segundo metodologia descrita em Silva & Queiroz (2002). Na Tabela 1, estão apresentados os teores de matéria seca (MS) da cana-de-açúcar *in natura* com inclusão de hidróxido de cálcio em função do tempo após a aplicação e mistura (horas) e da dose avaliada (g/kg de cana-de-açúcar).

Tabela 1 – Teores médios de matéria seca (%) da cana-de-açúcar com inclusão de doses de hidróxido de cálcio em função do tempo após a aplicação e mistura (horas)

Nível (g/kg de cana)	Tempo após aplicação do hidróxido de cálcio (horas)				
	0	24	48	72	96
0	29,52	30,76	29,00	30,63	31,36
5	34,24	36,78	36,27	35,36	35,72
10	36,00	34,45	37,76	36,92	37,33
15	34,12	33,55	38,86	36,23	36,04
20	34,85	36,88	38,99	37,59	37,58
25	33,40	36,83	37,08	36,56	37,40
30	34,96	36,10	38,84	37,41	38,87

Ensaio de digestão in vitro: Os tratamentos compreenderam a inclusão de hidróxido de cálcio nas doses 0, 8, 16 e 24 g por kg de cana-de-açúcar *in natura* (Tabela 2), após colheita. A cana-de-açúcar foi colhida, triturada e misturada às doses de hidróxido de cálcio. Foram avaliadas sete amostras por tratamento em delineamento inteiramente casualizado, sendo quatro doses de hidróxido de cálcio com sete repetições por tratamento. As amostras foram pré-secas em estufa com ventilação forçada a 55°C por 72 horas e trituradas em moinho. Os alimentos foram analisados quanto aos teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, lignina e cinzas segundo metodologias descritas em Silva & Queiroz (2002). O teor de Hemicelulose foi determinado pela diferença entre os teores de FDN e FDA.

Os teores de carboidratos totais (CT) foram calculados segundo as equações de Sniffen et al. (1992), em que: $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%Cinzas)$, enquanto os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados pela fórmula $CNF = CT - FDN$.

Utilizaram-se dois bovinos machos, castrados, adultos, munidos de fístulas ruminais, como doadores de líquido ruminal, permanecendo em jejum por 4 horas antes da coleta do líquido ruminal, com acesso somente a água.

Tabela 2 - Composição química (%) da cana-de-açúcar *in natura* colhida com 14 meses

Composição química	Cana-de-açúcar
Matéria seca (%)	27,43
Matéria orgânica (% MS)	96,07
Proteína bruta (% MS)	3,28
Extrato etéreo (% MS)	0,50
Fibra em detergente neutro (% MS)	48,92
Fibra em detergente ácido (% MS)	37,78
Carboidrato não fibroso (% MS)	43,83
Hemicelulose (% MS)	11,13
Celulose (% MS)	22,74
Lignina (% MS)	7,08
Cinzas (% MS)	3,92
Cálcio (% MS)	0,45

Para a determinação da digestibilidade *in vitro* (DIV) foi utilizada a metodologia do fermentador ruminal (incubadora DAISY). Pesaram-se as amostras em triplicatas, aproximadamente 0,25 g de MS em sacos de filtro de TNT, com dimensões de 6,0 x 6,0 cm e malhas de 30 mm, lacrados a quente e colocados em jarros de vidros e acondicionados em ambiente com temperatura controlada, sendo 25 sacos por jarro. Em cada jarro adicionou-se 1.332 mL de solução tampão A e 268 mL de solução tampão B, de maneira a se obter um pH final de 6,8 a 39°C, purgando-se CO₂ para manter o meio anaeróbio.

Os botões de aquecimento e rotação foram acionados 20 minutos antes da incubação (inócuo + CO₂), permitindo que a temperatura, nos jarros da incubadora, atingisse o equilíbrio. Foram adicionados 400 mL do líquido de rúmen filtrado, mantido em banho-maria a 39°C e purgado com CO₂. Os jarros permaneceram na incubadora por 48 h, mantendo-se aquecido a 39°C e em agitação constante. Completando-se a incubação foram adicionados a cada jarro 8 g de pepsina (1:10.000) e 40 mL de HCl 6N e os jarros mantidos aquecidos a 39°C por mais 24 h.

Ao término deste período, os jarros foram drenados e os sacos de náilon foram lavados no próprio jarro, cinco a seis vezes com água destilada, e o gás contido nos sacos foi removido com delicada pressão sobre os mesmos e colocados em estufa a 105°C por 12 horas para secagem. Os filtros de náilon foram pesados com os resíduos para se determinar a matéria seca (MS) e o coeficiente de digestibilidade *in vitro* da MS, tendo sido calculados pela diferença do alimento incubado e pelo resíduo, após a incubação.

Sequencialmente os saquinhos foram lavados em solução de detergente neutro e pesados tendo sido calculados pela diferença do alimento incubado e pelo resíduo, após a incubação e após lavagem com solução de FDN para determinação da DIVFDN.

Em seguida os saquinhos foram lavados em solução de detergente ácido e pesados tendo sido calculados pela diferença do alimento incubado e pelo resíduo, após a incubação e após lavagem com solução de FDA para determinação da DIVFDA.

Ensaio de degradabilidade in situ: Foram utilizadas quatro vacas adultas, fistuladas no rúmen, onde foram incubados sacos de náilon, de 15 x 8 cm, com poros de 50 µm com cana-de-açúcar *in natura*, tratadas com 0 e 10 g de hidróxido de cálcio por kg de cana-de-açúcar *in natura* (g/kg), nos tempos (0, 24, 48 e 72 horas) de amostragem após mistura do hidróxido de cálcio na cana-de-açúcar, previamente secos em estufa de ventilação forçada (55 °C), moídos em peneira com malha dotada de crivos de 5 mm. Os tempos de incubação foram: 6, 12, 24, 48, 72, 96, 120 e 144 horas, sendo o tempo zero obtido através da lavagem do material em água corrente. As análises laboratoriais de MS foram realizadas segundo metodologia descrita em Silva & Queiroz (2002).

Para as estimativas dos parâmetros de degradabilidade potencial da MS foi utilizando o modelo proposto por Orskov & McDonald (1979), em que:

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

Sendo: DP = Degradabilidade potencial do componente nutritivo em porcentagem; a = fração solúvel em porcentagem; b = fração insolúvel potencialmente degradável em porcentagem; c = taxa de digestão por ação fermentativa da fração b em porcentagem por hora, e t = tempo de incubação em horas.

Os parâmetros não lineares, a, b e c, foram estimados por meio de procedimentos iterativos de quadrados mínimos. A degradabilidade efetiva (DE) da MS, no rúmen, foi calculada usando a seguinte equação:

$$DE = a + (b \times c / c + k)$$

em que: k = taxa estimada de passagem das partículas no rúmen.

As degradabilidades efetivas da MS foram estimadas para cada tratamento, levando-se em conta as taxas de passagem de 2, 5 e 8%/h, as quais podem ser atribuídas aos níveis de ingestão alimentar baixo, médio e alto, respectivamente.

As variáveis foram avaliadas por meio de análises de variância e regressão. O modelo estatístico foi escolhido de acordo com a significância dos coeficientes de regressão, coeficiente de determinação e o fenômeno biológico estudado. Os parâmetros

de degradação (*a*, *b* e *c*) foram estimados por meio do procedimento Gauss Newton, utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG (UFV, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para fins de avaliação da estabilidade aeróbia, foram considerados adequados, valores de pH próximos do neutro (7,0) da cana-de-açúcar *in natura*. Quando o material apresentou valores de pH ácido, considerou-se que houve algum processo de fermentação indesejável (acética ou alcoólica).

Na Figura 1, estão apresentados os valores médios e as equações de regressão do pH da cana-de-açúcar *in natura* com hidróxido de cálcio em função do nível de aditivo e do tempo após aplicação e homogeneização do aditivo na cana-de-açúcar após a colheita no campo.

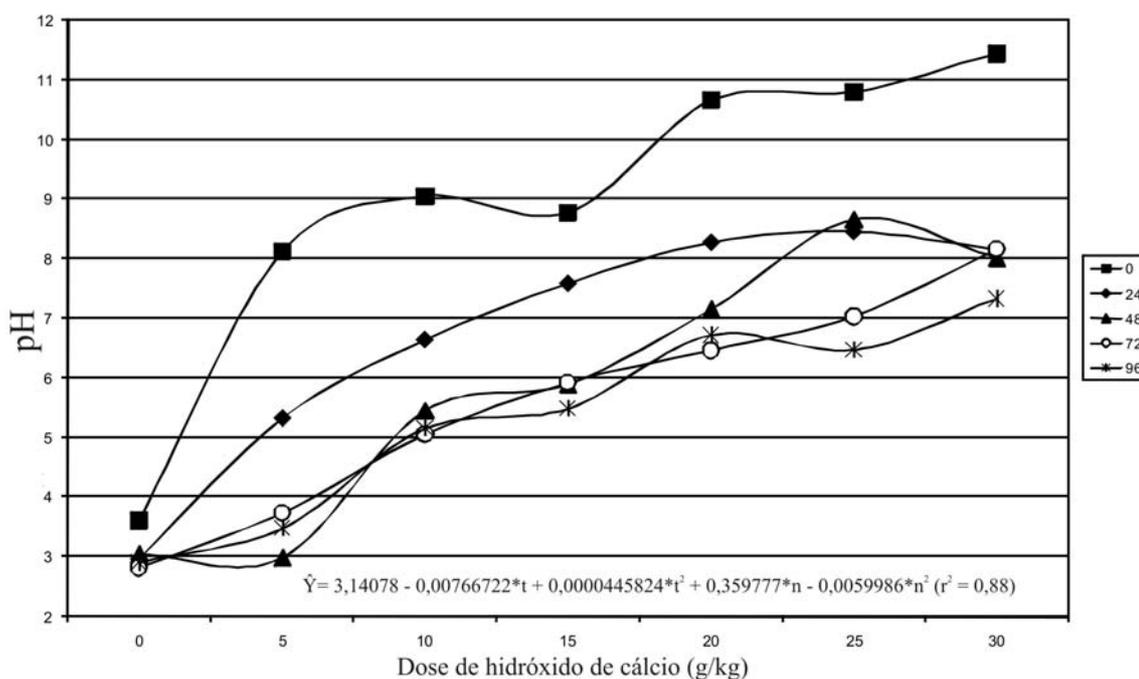


Figura 1 - Médias e equações de regressão ajustadas do pH da cana-de-açúcar *in natura* com doses de hidróxido de cálcio (g/kg de cana-de-açúcar) em função do tempo de amostragem após a aplicação e mistura (horas)

Observa-se que no tempo 0 hora a cana-de-açúcar *in natura* (0 g/kg) apresentou média de pH igual a 3,6, considerado um pH ácido, logo após colheita e mistura do hidróxido de cálcio. Este valor indica que a cana-de-açúcar *in natura* sem aditivo já

apresentou fermentações indesejáveis logo após a colheita até a formação das porções e mistura dos aditivos e medições do pH. Tal fato indica que a cana-de-açúcar *in natura* sem aditivo não poderia permanecer sequer por 24 horas à disposição dos animais, no cocho ou armazenada, porque sua qualidade já estaria comprometida, provavelmente os carboidratos solúveis já teriam sido fermentados, após 24 horas. No tempo 0 horas todos os tratamentos apresentaram pH maior que 8,0.

Este resultado está em concordância com Pedroso et al., (2005), que avaliaram a dinâmica da fermentação e da microflora epifítica em silagem de cana-de-açúcar e concluíram que para um melhor armazenamento da cana-de-açúcar, esta deve ser tratada com algum aditivo, pois foi observado, que o padrão de variação na concentração de etanol foi inverso à concentração de carboidratos.

Assim, o efeito da redução de consumo da cana-de-açúcar por ruminantes seria relacionado ao processo de fermentação que a cana-de-açúcar apresenta logo após seu corte e fornecimento aos animais (Pedroso et al., 2005). Provavelmente, o hidróxido de cálcio possibilitaria maior tempo de permanência da cana-de-açúcar no cocho favorecendo o consumo dos animais, sem que ocorram fermentações indesejáveis durante o período de alimentação. Outra possibilidade seria relacionada ao número de cortes que o produtor necessitaria realizar, diminuindo o número de corte, sendo que o mesmo poderia colher e misturar o hidróxido de cálcio e fornecer a cana-de-açúcar com 20g/kg por até 48 horas, armazenando o material em local provido de cobertura.

Observa-se que no tempo 0 hora, logo após a mistura do nível de 5g de hidróxido de cálcio por kg de cana-de-açúcar, o valor de pH foi de 8,12. Este nível de hidróxido de cálcio já poderia evitar fermentações indesejáveis, podendo favorecer o consumo dos animais, principalmente naquelas situações onde há elevada participação de concentrado na dieta.

Os resultados de pH sugerem que a conservação por 24 horas da cana-de-açúcar com o hidróxido de cálcio seriam necessários níveis acima de 10 g/kg, e para a conservação por até 96 horas recomendam-se níveis acima de 20 g/kg.

Oliveira et al. (2008), avaliaram a inclusão de 5 e 6 g/kg de cal hidratada à cana-de-açúcar picada e avaliada no tempo após mistura (0 hora), 3, 6 e 9 horas após mistura da cal hidratada e verificaram que os níveis testados melhoram a estabilidade aeróbia, porém os níveis testados não foram suficientes para promover ação hidrolisante, não apresentando efeito na composição química e na digestibilidade *in vitro* da MS, FDN e FDA, onde a cana-de-açúcar tratada apresentou pH médio no tempo 0 horas de 11,67

enquanto que a cana-de-açúcar “*in natura*” apresentou pH de 5,32. O tratamento com 15g/kg apresentou resultados semelhantes. Há de se destacar que o pH inicial da cana-de-açúcar é influenciado pelos teores de carboidratos solúveis, assim, o nível de aditivo alcalinizante pode diferir em função da idade de colheita, época e variedade da cana-de-açúcar.

Adicionalmente, com o uso do hidróxido de cálcio espera-se que o efeito seja capaz de inibir o crescimento microbiano, evitar o aquecimento e as perdas de sacarose, do momento da colheita da cana-de-açúcar até o fornecimento aos animais no cocho. Souza et al. (2008) avaliando diferentes níveis de uréia (5, 7, 9 e 11 g/kg) na cana-de-açúcar hidrolisada com 10 g/kg de cal hidratada e encontraram valores para os teores de MS (%) de 26,25; 27,43; 26,94 e 26,82% e de pH de 7,74; 7,74; 7,70 e 7,77; para os tratamentos com 5, 7, 9 e 11 g/kg de uréia, respectivamente. Há de se destacar que o pH inicial da cana-de-açúcar avaliada por Souza et al. (2008) apresentou média igual a 5,90.

Neste trabalho, a elevação da dose de hidróxido de cálcio proporcionou aumento no teor de MS linearmente, enquanto o teor de MO foi diminuído, o que já era esperado, pois à medida que se adiciona hidróxido de cálcio o teor de cinzas foi aumentado. Os teores de FDN e FDA foram reduzidos quando se aumentou a dose de hidróxido de cálcio, provavelmente devido ao efeito de hidrólise sobre a fração fibrosa da cana-de-açúcar (Tabela 3).

Houve efeito nos teores médios de hemicelulose, pois quando se adicionou hidróxido de cálcio, o mesmo aumentou linearmente, provavelmente provocando a solubilização da hemicelulose em função do rompimento das ligações do tipo de éster da hemicelulose com a lignina. Estes resultados estão de acordo com Van Soest (1994) que citou que há ação hidrolizante na parede celular, principalmente sobre as ligações covalentes entre lignina e parede celular. Na Tabela 3, evidencia-se a hidrólise parcial da fração hemicelulose, e redução nos teores da FDN e FDA. Vale lembrar, segundo Berguer et al. (1994) que o tratamento químico não apresenta benefícios sobre os componentes do conteúdo celular das células vegetais, agindo exclusivamente sobre a parede celular.

Tabela 3 – Médias, equações de regressão e coeficientes de determinação (r^2) da composição química da cana-de-açúcar tratada com doses crescentes de hidróxido de cálcio

Composição	Nível de hidróxido de cálcio (g/kg)				CV	Equação de regressão*	r^2
	0	8	16	24			
Matéria seca (%)	27,43	28,50	29,36	30,12	2,06	$\hat{Y} = 27,5140 + 0,111906*n$	0,99
Matéria orgânica (%)	96,07	94,37	91,39	89,54	1,00	$\hat{Y} = 96,2315 - 0,282156*n$	0,99
Proteína bruta (%MS)	3,28	3,05	3,03	3,06	4,68	$\hat{Y} = 3,10$	-
Extrato etéreo (%MS)	0,50	0,48	0,51	0,52	4,98	$\hat{Y} = 0,50$	-
Fibra em detergente neutro (%MS)	48,92	47,66	46,19	46,07	2,44	$\hat{Y} = 49,0034 - 0,00403858*n$	0,87
Fibra em detergente ácido (%MS)	37,78	32,27	29,34	29,01	2,55	$\hat{Y} = 36,4675 - 0,298594*n$	0,83
Hemicelulose (%MS)	11,14	15,39	16,85	17,06	4,71	$\hat{Y} = 12,7652 + 0,204094*n$	0,95
Celulose (%MS)	22,74	25,30	24,21	23,69	1,61	$\hat{Y} = 22,9505 + 0,311625*n - 0,0120703*n^2$	0,70
Lignina (%MS)	7,08	5,88	5,22	4,74	2,79	$\hat{Y} = 6,87975 - 0,0956563*n$	0,96
Carboidrato não fibroso (%MS)	43,37	42,08	39,74	39,34	3,45	$\hat{Y} = 43,2997 - 0,180344*n$	0,94
Cinzas (%MS)	3,92	5,62	8,60	10,45	5,96	$\hat{Y} = 3,766850 - 0,282156*n$	0,99

*P < 0,0001

O fenômeno mais associado ao tratamento alcalino de volumosos é a solubilização parcial de hemicelulose, lignina e sílica, e a hidrólise dos ésteres dos ácidos urônico e acético. O tratamento com álcali também pode levar à quebra de pontes de hidrogênio na celulose. Oliveira et al. (2008) observaram que os teores de FDN e de hemicelulose foram menores devido à ação da cal hidratada. A ausência de efeito significativo no trabalho de Oliveira et al. (2008) foi relacionada à quantidade de cal utilizada com consequente poder insuficiente de hidrólise e fato de ter diluído a cal hidratada em água.

Os valores de FDA e hemicelulose podem esclarecer o efeito alcalinizante que o hidróxido de cálcio proporciona, causando a solubilização parcial da hemicelulose segundo as afirmações de Jackson (1977) e proporcionando redução no teor de lignina quando se aumenta o nível de hidróxido de cálcio.

Os componentes celulose, hemicelulose e lignina sofreram efeito do tratamento com hidróxido de cálcio, enfatizando o efeito hidrolisante pelo hidróxido de cálcio na parede celular. O maior efeito pode ser observado (Tabela 3) nos teores de hemicelulose, tal fato proporcionado pela solubilização causado pela expansão das moléculas de celulose.

Fernandes et al. (2003) avaliando a composição química de variedades de cana-de-açúcar, encontraram valores de 28,70; 2,57; 0,60; 48,75; 28,78% para os teores de MS, PB, EE, FDN e FDA. Estes valores estão em concordância com os encontrados no presente trabalho para cana-de-açúcar sem hidróxido de cálcio, com exceção para o teor de FDA. Há de destacar que a diferença pode estar relacionada à variedade da cana-de-açúcar e época de corte.

Na Figura 2, estão apresentadas as médias de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), da fibra em detergente neutro (DIVFDN) e da fibra em detergente ácido (DIVFDA) da cana-de-açúcar *in natura* tratada com doses de hidróxido de cálcio.

As doses 0, 8, 16 e 24 g/kg apresentaram médias para DIVMS de 55,27; 62,34; 60,75 e 61,20%, para DIVFDN de 36,47; 60,08; 53,66 e 50,58% e para DIVFDA de 28,45; 45,75; 41,89 e 42,37%, respectivamente.

Houve efeito quadrático do nível de hidróxido de cálcio para a DIVMS, DIVFDN e da DIVFDA. A dose de 8 g de hidróxido de cálcio apresentou acréscimo de 12,8; 64,74 e 60,81% na DIVMS, DIVFDN e DIVFDA, respectivamente, comparado ao tratamento sem hidróxido de cálcio (0 g/kg). Observou-se aumento na digestibilidade *in vitro* da FDN e da FDA em função da ação alcalinizante do hidróxido de cálcio, em virtude da solubilização da fração fibrosa da cana-de-açúcar favorecendo a digestão pelos microrganismos do rúmen.

Derivando-se as equações de regressão ajustadas para as doses de hidróxido, observam-se valores iguais a 15,92 g/kg para a máxima DIVMS ($\hat{Y} = 55,8112 + 0,822909*n - 0,0258477*n^2$), 14,15 g/kg para a DIVFDN ($\hat{Y} = 38,1388 + 2,95075*n - 0,104241*n^2$) e 15,61 g/kg para a DIVFDA ($\hat{Y} = 29,7282 + 2,05098*n - 0,06571328*n^2$).

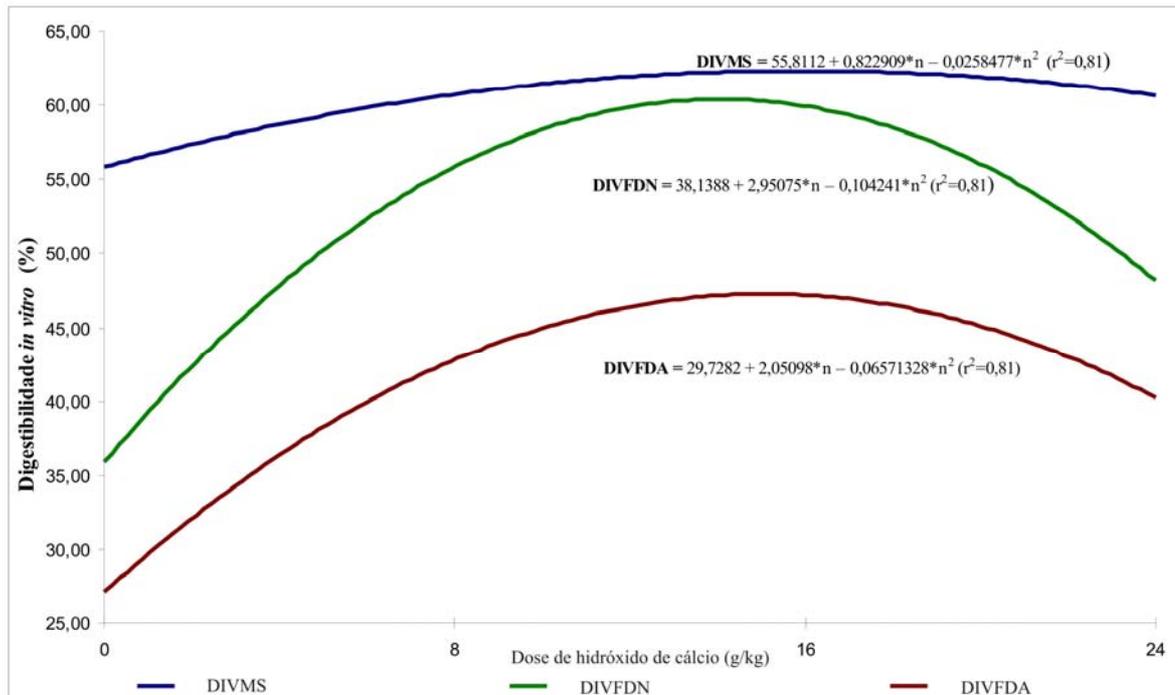


Figura 2 - Médias de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), da fibra em detergente neutro (DIVFDN) e da fibra em detergente ácido (DIVFDA) da cana-de-açúcar *in natura* tratada com dose crescente de hidróxido de cálcio

Manzano et al. (2000) relataram que o tratamento com NaOH do bagaço de cana-de-açúcar aumentou a DIVMS, fato ocorrido no presente trabalho, provavelmente atribuído à solubilização parcial da hemicelulose, e à expansão da celulose, facilitando o ataque de microrganismos à parede celular, o que culmina no aumento do consumo de MS e possibilitando ao animal melhor desempenho. Também Oliveira et al. (2008), trataram a cana-de-açúcar com cal hidratada (hidróxido de cálcio), e verificaram redução de 5,84% e de 11,53% nos teores de FDN e hemicelulose, assim como na DIVMS, evidenciando o poder de alcalinizante deste aditivo sobre a cana-de-açúcar. Da mesma forma, no presente trabalho, foi observado redução nos teores de FDA de 15,30; 17,04 e 20,24% para as doses 8, 16 e 24 g/kg, respectivamente. Ao passo que se adicionou as doses do hidróxido de cálcio, os teores de FDA foram reduzidos enfatizando a ação sobre a parede celular, como pode ser observado nos teores de lignina.

O ponto de máximo para a DIVMS, derivando a equação de regressão, é de 62,36% para a dose de 15,92 g/kg, para a DIVFDN foi de 59,02% com 14,15 g/kg e para DIVFDA foi de 45,73% para a dose 15,61 g/kg. O efeito da lignificação sobre a digestibilidade da parede celular explica quantitativamente a influência do total de lignina sobre a digestibilidade da MS. Consequentemente, muitas variações taxonômicas devido à relação quantitativa entre a lignina e a digestibilidade podem ser explicadas pelo conteúdo da parede celular. Entretanto, os teores de hemicelulose, celulose e lignina foram reduzidos linearmente quando se incluiu hidróxido de cálcio, proporcionando maior digestibilidade *in vitro* da FDN e FDA.

O hidróxido de cálcio apresentou efeito nos teores de hemicelulose, celulose e lignina ocasionando a maior digestibilidade *in vitro* da cana-de-açúcar *in natura*, visto que o hidróxido de cálcio foi misturado em pó e sem diluição em água, o que diminui o efeito de hidrólise, logo após a colheita da cana-de-açúcar. Van Soest (1994) destacou o efeito de produtos alcalinos sobre a fração fibrosa de volumosos de baixo valor nutritivo, entretanto ressaltaram que a fração da lignina pode ser solubilizada em concentrações elevadas de aditivos alcalinos. Também Reis & Rodrigues (1993) citaram que ocorre ação de produtos alcalinos sobre a estrutura da FDN dos volumosos resultando no aumento da digestibilidade da celulose e da hemicelulose em razão da expansão ou afrouxamento das fibras vegetais.

Aumento no coeficiente de digestibilidade da FDN foram observados por Freitas et al. (2008) quando se tratou a cana-de-açúcar com hidróxido de cálcio. Os autores encontraram valores para digestibilidade da FDN de 38,2, 45,1 e 46,7% nos tratamentos *in natura*, com 0,5 e 0,9% de hidróxido de cálcio, respectivamente, melhorando a digestibilidade da FDN em 18 e 22%, em relação ao *in natura*, nas doses de 0,5 e 0,9%, respectivamente. Os níveis avaliados pelos autores foram inferiores aos testados no presente trabalho, sendo de 8, 16 e 24 g/kg, o que provavelmente proporcionou maiores valores para digestibilidade *in vitro* da FDN e em razão da redução no teor da fração fibrosa (Tabela 3).

O rompimento das ligações do tipo éster entre a lignina e o complexo de carboidratos estruturais, por causa do aumento do pH proporcionado pela hidrólise alcalina permite maior ação das enzimas microbianas, resultando em rompimento da estrutura da parede celular e em aumento na sua hidratação. Trabalhos com volumosos mostram um aumento médio de 10% na digestibilidade da MS decorrente da hidrólise alcalina através da amonização. Outro efeito estaria relacionado à habilidade do hidróxido de cálcio em formar

complexo com a celulose, reduzindo a sua cristalinidade, através de rompimentos das pontes de hidrogênio, aumentando a sua fragilidade e proporcionando melhor digestão enzimática. Estes fatores, juntos, provocam fragmentação mais rápida do material ingerido e melhoram a eficiência dos microrganismos no ataque às partículas. Assim, foi observado aumento na digestibilidade da MS, FDN e FDA devido à hidrólise com o hidróxido de cálcio possibilitando melhor valor nutricional a cana-de-açúcar *in natura*.

Na Tabela 4, estão apresentados os parâmetros de degradação ruminal da matéria seca (MS) da cana-de-açúcar *in natura* tratada (10 g/kg) ou não com hidróxido de cálcio.

Tabela 4 – Médias dos parâmetros de degradação ruminal da matéria seca (MS) da cana-de-açúcar *in natura* tratada com 10 g/kg de hidróxido de cálcio ou não tratada (0 g/kg), em função do tempo

Variáveis	Tempo após mistura (horas)*				CV(%)	P
	0	24	48	72		
Fração <i>a</i> (solúvel)						
0 g/kg ¹	0,4379 a	0,1807 a	0,2467 a	0,3131 b	0,03	0,00001
10 g/kg ²	0,3502 b	0,1105 b	0,2159 b	0,3330 a	0,05	0,00001
Fração <i>b</i>						
0 g/kg ³	0,1903 b	0,5100 b	0,2415 b	0,3262 a	0,03	0,00001
10 g/kg ⁴	0,3018 a	0,5634 a	0,3782 a	0,2354 b	0,04	0,00001
Fração <i>c</i> (%/hora)						
0 g/kg ⁵	0,0192 b	0,0472 b	0,0271 b	0,0227 b	0,26	0,00001
10 g/kg ⁶	0,0276 a	0,0589 a	0,0534 a	0,0312 a	0,13	0,00001

$$^1\hat{Y} = 0,409722 - 0,0135646*t + 0,000175189*t^2 \quad (r^2 = 0,73)$$

$$^2\hat{Y} = 0,321542 - 0,0130923*t + 0,000189573*t^2 \quad (r^2 = 0,75)$$

$$^3\hat{Y} = 0,237347 + 0,00792584*t - 0,000102023*t^2 \quad (r^2 = 0,75)$$

$$^4\hat{Y} = 0,326249 + 0,0110388*t - 0,000175558*t^2 \quad (r^2 = 0,80)$$

$$^5\hat{Y} = 0,0223857 + 0,000974616*t - 0,0000140951*t^2 \quad (r^2 = 0,57)$$

$$^6\hat{Y} = 0,028580 + 0,00169677*t - 0,0000232509*t^2 \quad (r^2 = 0,97)$$

*Médias seguidas por letra minúscula distintas na coluna difere pelo teste F (P<0,01).

CV = coeficiente de variação.

Observa-se valores para as frações “a”, “b” e “c” de 43,79 e 35,02% para “a”, de 19,03 e 30,18% para “b” e de 1,92 e 2,76% para “c”, respectivamente, para a cana-de-açúcar sem ou com hidróxido de cálcio no tempo 0 horas. No tempo de 24 horas encontram-se valores de 18,07 e 11,05% para “a”, 51,00 e 56,34% para “b” e 4,72 e 5,89% para “c”.

O maior valor para a fração “a” para o tratamento 0 g/kg pode ter ocorrido pelo teor de açúcares solúveis deste volumoso, principalmente sacarose. Assim, quando o hidróxido de cálcio foi misturado a cana-de-açúcar maiores quantidades desses açúcares foram mobilizados para a reação de hidrólise alcalina. Como resultado houve reduções nas

frações “a” e aumentos nas frações “b” praticamente para todos os tempos de conservação estudados.

A fração “b” da cana-de-açúcar com 0 g/kg no tempo 0 horas (19,03) se assemelha com o encontrado por Aroeira et al. (1993) quando a cana-de-açúcar foi aditivada com 1% de uréia e incubada no rúmen de bovinos. Quando se utilizou 10 g de hidróxido de cálcio por kg de cana-de-açúcar (10 g/kg) a fração “b” apresentou valor superior (30,18). Este resultado indica que o tratamento com hidróxido de cálcio pode melhorar a fração potencialmente degradável, aumentando conseqüentemente a qualidade do volumoso.

Ezequiel et al. (2001) verificaram que as frações solúvel (a), potencialmente degradável (b) e a taxa de degradação da fração “b” (c) e as degradabilidades potencial (DP) e efetiva (DE) para a cana-de-açúcar *in natura*, hidrolisada não fenada e hidrolisada fenada foram diferentes. A cana-de-açúcar *in natura* apresentou maior fração “a”, confirmando os resultados do presente estudo onde a cana-de-açúcar sem hidróxido de cálcio (0g/kg) apresentou maiores frações solúveis nos tempos 0, 24 e 48 horas e menor fração “b”.

Um fato interessante que ocorreu devido à hidrólise alcalina foi a grande redução na fração solúvel (Tabela 5). Isto torna possível a ingestão de cana-de-açúcar sem que haja grande liberação de glicose prontamente no rúmen. Por outro lado houve aumento na fração “b” o que proporciona grande possibilidade de se manejar rações contendo esse volumoso. O tratamento com hidróxido de cálcio (10 g/kg) apresentou maiores valores para a fração “c”. Todavia, o aumento nas taxas de degradação, conduz à dedução de que o processo de hidrólise proporcionou melhoria na degradabilidade potencial e conseqüentemente no aproveitamento dos nutrientes do volumoso. Pinto et al. (2003) apresentaram valores de degradabilidade da MS da cana-de-açúcar para fração “a” de 38,8%, para a fração “b” de 32,5% e para fração “c” de 3,0%/h.

Pinto et al. (2007) avaliando a degradabilidade de alguns nutrientes da cana-de-açúcar “*in natura*” e tratada com diferentes níveis (0, 2, 4 e 6%) de hidróxido de sódio (NaOH), em diferentes tempos de incubação no rúmen, verificaram que o tratamento químico da cana-de-açúcar com 6% de NaOH promoveu maior degradabilidade efetiva (49,39%) da MS. Há de se destacar que os valores apresentados na Tabela 4 para os tempos 0 e 24 horas no tratamento alcalino (10 g de hidróxido de cálcio/kg de cana-de-açúcar) apresentaram valores similares. Todavia, observa-se que alguns resultados de degradabilidade efetiva foram maiores para o tratamento sem hidróxido de cálcio (0 g/kg),

uma vez que no cálculo a fração "a" participa integralmente, uma vez que a cana-de-açúcar sem aditivo apresentou valores superiores desta fração.

Tabela 5 – Médias, equações de regressão e coeficientes de variação (CV) da degradabilidade efetiva da matéria seca (MS) da cana-de-açúcar tratada com 10 g/kg de hidróxido de cálcio ou não tratada (0 g/kg), em função do tempo

Variáveis	Tempo após mistura (horas)				CV(%)	P
	0	24	48	72		
Degradabilidade efetiva 2%/h						
0 g/kg ¹	53,10 a	53,89 a	38,56 b	48,65 a	0,03	0,00001
10 g/kg ²	52,51 b	53,11 b	49,11 a	47,65 b	0,06	0,00001
Degradabilidade efetiva 5%/h						
0 g/kg ³	49,06 a	42,83 a	33,16 b	41,49 b	0,03	0,00001
10 g/kg ⁴	45,75 b	41,52 b	41,13 a	42,35 a	0,02	0,00001
Degradabilidade efetiva 8%/h						
0 g/kg ⁵	47,47 a	36,99 a	30,78 b	38,52 b	0,03	0,00001
10 g/kg ⁶	42,76 b	34,84 b	36,78 a	39,91 a	0,02	0,00001

$$^1\hat{Y} = 53,9809 - 0,626462*t + 0,00750247*t^2 \quad (r^2 = 0,86)$$

$$^2\hat{Y} = 51,6699 - 0,229422*t + 0,00257274*t^2 \quad (r^2 = 0,70)$$

$$^3\hat{Y} = 48,9379 - 0,80647*t + 0,00978866*t^2 \quad (r^2 = 0,99)$$

$$^4\hat{Y} = 44,4384 - 0,430594*t + 0,00582947*t^2 \quad (r^2 = 0,77)$$

$$^5\hat{Y} = 46,7532 - 0,923319*t + 0,0113728*t^2 \quad (r^2 = 0,99)$$

$$^6\hat{Y} = 41,1462 - 0,587808*t + 0,00823524*t^2 \quad (r^2 = 0,83)$$

*Médias seguidas por letra minúscula distantes na coluna difere pelo teste (P<0,01).

Uma das vantagens da utilização do hidróxido de cálcio seria no manuseio pelo produtor no tratamento da cana-de-açúcar para fornecimento aos animais no cocho.

CONCLUSÕES

O uso de hidróxido de cálcio favorece a conservação da cana-de-açúcar após a colheita atuando na melhoria da composição química da fração fibrosa e na digestibilidade dos nutrientes da cana-de-açúcar *in natura*.

LITERATURA CITADA

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.

- ALCALDE, C.R.; MACHADO, R.M.; SANTOS, G.T. et al. Digestibilidade *in vitro* de alimentos com inóculos de líquido de rúmen ou de fezes de bovinos. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 4, p.917-921, 2001.
- BERGER, L.L.; FAHEY, G.C; BOURQUIN, L.D. et al. Modification of forage after harvest. In: FAHEY, D.C. (Ed.) **Forage quality, evaluation, and utilization**. 1.ed. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society, Soil Science Society, 1994. p.922-966.
- EZEQUIEL, J.M.B.; GALATI, R.L.; GASTALDI, K.A. et al. Degradabilidade da matéria seca e pH ruminal em bovinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura*, hidrolisada ou hidrolisada fenada. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, ESALQ. **Anais...** ESALQ:Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001.
- FERNANDES, A.M.; QUEIROZ, A.C; PEREIRA, J.C. Composição químico-bromatológica de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp* L.) com diferentes ciclos de produção (precoce e intermediário) em três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.977-985, 2003.
- FREITAS, A.W.P.; ROCHA, F.C.; ZONTA, A. et al. Consumo de nutrientes e desempenho de ovinos alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar hidrolisada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.11, p.1569-1574, 2008.
- HOLDEN, L.A. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for tem feeds. **Journal Dairy Science**, v.82, p.1788-1794, 1999.
- JACKSON, M. G. The alkali treatments of straws. **Animal Feed Science and Technology**, v. 2, n. 2, p.105-130, 1977.
- KLOPFENSTEIN, T. Increasing the nutritive value of crop residues by chemical treatments. In: HUBER, J.T. **Upgrading residues and products for animals**. Ed. CRC Press, 1980. p.40-60.
- MABJEESH, S.J. In vitro methods for measuring the dry matter digestibility of ruminant feedstuffs: Comparison of methods and inoculum source. **Journal Dairy Science**, v. 83, p. 2289-2294, 2000.
- MANZANO, R.P.; FUKUSHIMA, R.S.; GOMES, J.D.F. Digestibilidade do Bagaço de Cana-de-açúcar Tratado com Reagentes Químicos e Pressão de Vapor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, V.29, n4. p.1196-1204, 2000.
- OLIVEIRA, M.D.S.; ANDRADE, A.T.; BARBOSA, J.C.; SILVA, T.M.; FERNANDES, A.R.M.; CALDEIRÃO, E.; CARABOLANTE, A. Digestibilidade da cana-de-açúcar

- hidrolisada, in natura e ensilada para bovinos. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, p.41-50, 2007.
- OLIVEIRA, M.D.S.; SANTOS, J.; DOMINGUES, F.N. et al. Avaliação da cal hidratada como agente hidrolisante de cana-de-açúcar. **Veterinária Notícias**, v. 14, n. 1, p.9-17, 2008.
- ORSKOV, E. R.; Mc DONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.92, n.1, p.499-503, 1979.
- PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F. et al. Dinâmica da fermentação e da microflora epífita em silagem de cana-de-açúcar. **Science agricola** v.62, n.5, p.427-432, 2005.
- PINTO, A.P.; PEREIRA, E.S.; MIZUBUTI, I.Y. Características nutricionais e formas de utilização da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. **Ciências Agrárias**, v.24, n.1, p. 73-84, 2003.
- PINTO, A.P.; MIZUBUTI, I.Y.; RIBEIRO, E.L.A. et al. Degradabilidade ruminal da cana-de-açúcar integral tratada com diferentes níveis de hidróxido de sódio. **Ciências Agrárias**, v. 28, n. 3, p. 503-512, 2007.
- REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. A. **Amonização de volumosos**. Boletim Técnico. Jaboticabal: FCAVJ-UNESP/FUNEP, 1993.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, C. A. **Análise de alimentos. Métodos químicos e biológicos**. Viçosa: Ed. UFV, Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235 p.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. 2. Carbohydrate and protein availability. **Journal Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.
- SOUZA, M.M.; REIS, W.; MACEDO, V.P. et al. Valor nutritivo da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) hidrolisada com diferentes níveis de uréia. **PUBVET**, v.2, n.4, Jan4, 2008.
- SUNDSTOL, J.; OWEN, E. **Straw and other fibrous by-products as feed**. Amsterdam, Elsevier Press. 1984. 604p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **SAEG – Sistema de análises estatísticas e genéticas**. Versão 8.0 (manual do usuário). Viçosa:Universidade Federal de Viçosa, 2000. 142p.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.

V. CANA-DE-AÇÚCAR COM DOSES DE HIDRÓXIDO DE CÁLCIO NA DIETA DE BOVINOS: CONSUMO, DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES E COMPORTAMENTO INGESTIVO

RESUMO: Objetivou-se avaliar o consumo e a digestibilidade aparente dos nutrientes, o comportamento ingestivo e o teor de nutrientes digestíveis totais das dietas de bovinos à base de cana-de-açúcar com doses crescentes de hidróxido de cálcio. Utilizaram-se quatro vacas, com peso vivo médio de 412,06 kg \pm 37,3 kg. Os tratamentos compreenderam a inclusão de hidróxido de cálcio nas doses 0, 8, 16 e 24 g/kg de cana-de-açúcar na matéria natural fornecida em dietas com 65% de volumoso e 35% de concentrado. O delineamento experimental foi em quadrado latino 4x4, com quatro tratamentos e quatro períodos. Houve efeito quadrático para os consumos de nutrientes, sendo para consumo de matéria seca de 6,44; 7,77; 7,69 e 7,45 kg/dia, para o consumo de matéria orgânica de 6,08; 6,80; 6,51 e 5,87 kg/dia e FDN de 2,75; 3,31; 3,24 e 3,07 kg/dia para as doses de 0, 8, 16 e 24 g/kg, respectivamente. Os coeficientes de digestibilidade apresentaram efeito quadrático para as doses de inclusão de hidróxido de cálcio. Os coeficientes de digestibilidade da FDN foram 39,03; 68,63; 56,26 e 37,97%; da FDA de 42,84; 58,79; 50,33 e 30,04% e o NDT das dietas foram de 65,23; 74,89; 68,88 e 61,10% para as doses de 0, 8, 16 e 24 g/kg, respectivamente. Para as atividades ruminação e ócio totais, não houve efeito de tratamento. O tempo de mastigação total, número de bolos ruminados e o tempo para ruminação de cada bolo apresentaram efeito. O hidróxido de cálcio possibilitou maiores consumos e digestibilidade dos nutrientes, principalmente da parede celular, favorecendo o aproveitamento dos nutrientes da dieta.

Palavras-chave: cal hidratada, hidrólise alcalina, NDT, nutrição de ruminantes

**SUGAR CANE WITH DOSES OF CALCIUM HYDROXIDE IN DIET OF BEEF
CATTLE: INTAKE, DIGESTIBILITY OF NUTRIENTS AND INGESTIVE
COMPORTAMENT**

ABSTRACT - The objective was to evaluate the nutrients intake and the apparent digestibility, ingestive comportament and total digestible nutrients (TDN) of bovine diets based on sugar cane with doses of calcium hydroxide. There were used four cows, body weight average of 412.06 kg \pm 37.3 kg. The treatments included the addition of calcium hydroxide in the doses 0, 8, 16 and 24 g/kg of cane sugar fed a once day with roughage:concentrate 65:35. Distributed in 4x4 latin square experimental with four treatments and four periods. There was effect on the nutrients intakes. There was a quadratic effect on nutrients intake being for dry matter an intake of 6.44, 7.77, 7.69 and 7.45 kg/day for the organic matter of 6.08, 6.80; 6.51 and 5.87 kg/day and NDF of 2.75, 3.31, 3.24 and 3.07 kg/day for the dose of 0, 8, 16 and 24 g/kg, respectively. The digestibility coefficients showed a quadratic effect for the levels of inclusion of hydrated lime. The digestibility coefficients for NDF of 39.03, 68.63, 56.26 and 37.97%; DADF of 42.84, 58.79, 50.33 and 30.04% and TDN of diets were 65.23, 74.89, 68.88 and 61.10% for levels of 0, 8, 16 and 24 g/kg, respectively. For rumination and total leisure activities there was no effect of treatment. The total time of chewing, number of bolus and rumination time had effect. The calcium hydroxide has higher intake and nutrients digestibility, especially the cell wall, facilitating the use of nutrients from the diet.

Key Words: hydrated lime, alkaline hydrolyze, TDN, nutrition ruminant

INTRODUÇÃO

Como recurso forrageiro a cana-de-açúcar possui algumas características que têm justificado a sua escolha, em virtude da elevada produção por unidade de área cultivada, cultivo relativamente fácil, baixo custo por unidade de matéria seca produzida e coincidência do período de sua maior disponibilidade com o período de escassez de forragem na forma de pasto.

A exigência energética do animal define o consumo de dietas com alta densidade calórica, enquanto a capacidade física do trato gastrintestinal determina a ingestão de dietas com baixa densidade energética. Assim, quando dietas de alta qualidade são fornecidas, o animal se alimenta para satisfazer sua demanda de energia e a ingestão é limitada pelo potencial do animal em utilizar a energia absorvida (Ítavo et al., 2002).

De acordo com Mertens (1993), a digestão em ruminantes é um processo complexo que envolve interações dinâmicas de dieta, população microbiana e animal. Uma alternativa para melhor utilização da cana-de-açúcar seria o desenvolvimento de tratamentos que promovam o rompimento da estrutura da fração fibrosa para torná-la mais digestível (Burgi, 1985).

Recentemente, pesquisas com o óxido de cálcio têm se destacado para uso do tratamento hidrolítico da cana-de-açúcar, o qual se baseia na formação de hidróxido de cálcio, que, segundo Berger et al. (1994), é um agente alcalino com moderado poder de hidrólise da fibra.

Os agentes alcalinizantes atuam solubilizando parcialmente a hemicelulose, promovem o fenômeno conhecido como intumescimento alcalino da celulose, que consiste na expansão das moléculas de celulose, causando a ruptura das pontes de hidrogênio, as quais, segundo Jackson (1977), conferem a cristalinidade da celulose, aumentando a digestão desta e da hemicelulose. De acordo com Klopfenstein (1980), o teor de lignina normalmente não é alterado pelo tratamento químico, mas a ação deste tratamento leva ao aumento da taxa de digestão da fibra.

Consequentemente o conhecimento dos padrões de comportamento dos animais para escolha, localização e ingestão de alimento é crucial para o desenvolvimento e sucesso da prática de manejo. Atividades comportamentais, dieta e sistema de produção influenciam o desempenho animal (Souza et al., 2007).

Neste contexto, objetivou-se com esse trabalho avaliar o consumo e a digestibilidade aparente dos nutrientes e o comportamento ingestivo de bovinos recebendo dietas a base de cana-de-açúcar tratada com doses crescentes de hidróxido de cálcio.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Fazenda Escola São Vicente da Universidade Católica Dom Bosco – UCDB, localizada em Campo Grande – MS, entre os meses de setembro e dezembro de 2007.

Para colher e picar a cana-de-açúcar foi utilizado uma colhedora de forragem (marca Tarupe, modelo CNF-140) regulada para corte de partículas de 4 mm, colhida aos 14 meses, após o último corte realizado.

Foram utilizadas quatro vacas cruzadas, munidas de fístulas ruminais com peso vivo (PV) médio inicial de $412,06 \pm 37,3$ kg, confinadas em baias individuais com 5 m² de área útil e piso de concreto, providas de comedouro de concreto e bebedouros de tambores plásticos. As vacas permaneceram confinadas em baias individuais, recebendo alimentação uma vez ao dia, às 08h, de forma a manter as sobras em torno de 5 a 10% do fornecido. A quantidade de cana-de-açúcar e concentrado fornecidos e as sobras foram registradas diariamente.

Os animais foram distribuídos em delineamento em quadrado latino (4x4) com quatro níveis de hidróxido de cálcio (Ca (OH)₂) e quatro períodos experimentais de 21 dias, sendo 14 para adaptação as dietas e sete para coleta de dados. Os animais passaram por um período pré-experimental de 30 dias, antes do início da fase experimental, para se adaptarem as dietas e manejo. Os animais foram pesados no início e no final de cada período experimental.

Os tratamentos compreenderam a inclusão de hidróxido nas doses 0, 8, 16 e 24g/kg da matéria natural de cana-de-açúcar *in natura*, sendo o hidróxido de cálcio misturado em pó a cana-de-açúcar antes de ser misturada ao concentrado e fornecido aos animais. A proporção de volumoso:concentrado da dieta foi de 65:35 com base na matéria seca (MS).

Na Tabela 1, são apresentados a composição química da cana-de-açúcar e do concentrado utilizados nas dietas experimentais. A cana-de-açúcar foi fornecida após a trituração e aplicação dos níveis de hidróxido de cálcio, em pó, sem diluição em água, conforme os tratamentos, até a completa homogeneização. Em seguida, o volumoso foi misturado ao concentrado e fornecido aos animais.

Tabela 1 - Composição química da cana-de-açúcar *in natura* e do concentrado utilizados nas dietas experimentais

Composição química	Cana-de-açúcar	Concentrado¹
Matéria seca (%)	27,43	83,70
Matéria orgânica (% MS)	96,07	91,10
Proteína bruta (% MS)	3,28	15,98
Extrato etéreo (% MS)	0,05	4,84
Fibra em detergente neutro (% MS)	48,92	31,15
Fibra em detergente ácido (% MS)	37,78	18,67
Carboidrato não fibroso (% MS)	43,37	39,13
Hemicelulose (% MS)	11,13	12,47
Celulose (% MS)	22,74	nd
Lignina (% MS)	7,08	nd
Cinzas (% MS)	3,92	8,89
Cálcio (% MS)	0,45	1,0

¹Concentrado: 27% de Farelo de soja, 20% de milho moído, 20% de sorgo moído, 20% de casquinha de soja, 9% de gordura protegida, 2% de uréia, 2% de mistura mineral. nd: não determinado.

Na Tabela 2, encontra-se a composição química das dietas experimentais à base de cana-de-açúcar *in natura* com níveis crescentes de hidróxido de cálcio.

As amostras do volumoso, concentrado e das sobras de cada animal foram colhidas diariamente. Foram feitas amostras compostas por período. As amostras de cada período foram pré-secas em estufa com ventilação forçada a 55°C por 72 horas e trituradas em moinho de faca (peneira de 1 mm).

Tabela 2 - Composição química das dietas à base de cana-de-açúcar com níveis crescentes de hidróxido de cálcio

Composição química	Nível de hidróxido de cálcio (g/kg)			
	0	8	16	24
Matéria seca (%)	47,12	47,82	48,38	48,87
Matéria orgânica (%)	94,33	93,23	91,29	86,64
Proteína bruta (% MS)	7,73	7,58	7,56	7,58
Extrato etéreo (% MS)	2,02	2,01	2,03	2,03
Fibra em detergente neutro (% MS)	42,70	42,59	42,17	41,20
Fibra em detergente ácido (% MS)	31,09	27,51	26,91	26,12
Hemicelulose (% MS)	11,60	15,08	15,26	15,08
Celulose (%MS)	22,74	25,30	24,21	23,69
Lignina (% MS)	7,08	5,88	5,22	4,74
Carboidratos não fibrosos (% MS)	41,89	41,05	39,53	35,83
Cinzas (% MS)	5,66	6,76	8,70	9,90

As amostras de cana-de-açúcar com e sem inclusão de hidróxido de cálcio fornecida, do concentrado fornecido, das fezes e sobras foram compostas proporcionalmente por animal, moídas e analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS), matéria orgânica

(MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), Cinzas conforme Silva & Queiroz (2002). Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram obtidos pela equação conforme recomendações de Sniffen et al. (1992): $CNF = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM + \%FDN)$. As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS.

Para o ensaio de digestibilidade aparente as coletas totais de fezes foram realizadas durante três dias consecutivos de cada período experimental, segundo recomendação de Assis et al. (2004). Para o cálculo do coeficiente de digestibilidade (CD) foi utilizado a fórmula: $CD = \text{consumido} - \text{excretado} / \text{consumido} \times 100$. Os nutrientes digestíveis totais (NDT) das dietas foram determinados segundo Sniffen et al. (1992).

As avaliações de comportamento foram realizadas em cada período experimental, em quatro períodos, sendo que as avaliações comportamentais foram realizadas no primeiro dia de cada período experimental. A coleta de dados foi realizada em sessões de 24 horas consecutivas, iniciando às 8h, com a alimentação dos animais, até o dia seguinte, com o novo fornecimento de alimento. A coleta de dados quantitativos sobre os padrões básicos de comportamento ingestivo dos bovinos, foram baseados (Tabela 3) na amostragem de varredura instantânea ou esquadrinhamento (*instantaneous scan sampling of states of behavior*), segundo Altmann (1974) e Martin e Bateson (1993).

Tabela 3 - Categorias básicas de comportamento utilizadas (Etograma).

Código	Categoria	Descrição
1	Ingestão de alimento	Quando os animais foram observados no momento do ato de consumo de ração.
2	Ócio	Quando os animais foram observados parados, deitados ou em pé, sem outra atividade aparente.
3	Ruminação	Quando os animais foram observados ruminando, que é um processo no qual o alimento, já engolido, retorna para a boca para que se promova novamente a quebra das partículas, através de movimentos que a mastigação promove, onde este alimento retorna ao rúmen tanto quantas vezes quanto forem necessárias.
4	Ingestão de água	Quando os animais foram observados bebendo água no bebedouro com água limpa.

Como critério preferencial (Penati et al., 1999), para o comportamento ingestivo, foi utilizado uma varredura de 1 minuto com intervalos de 5 minutos. As varreduras foram realizadas continuamente ao longo de todo o período de atividade diária dos animais, durante 24 horas. A observação foi realizada iniciando-se a varredura, anotando-se a hora e a atividade do animal em uma planilha transposta manualmente no campo. Nessas observações foram consideradas as atividades comportamentais de consumo de alimento, ócio, ruminação e ingestão de água conforme etograma apresentado na Tabela 3.

As variáveis foram avaliadas por meio de análises de variância e regressão (UFV, 2000). O modelo estatístico foi escolhido de acordo com a significância dos coeficientes de regressão, coeficiente de determinação e o fenômeno biológico estudado. As médias foram comparadas pelo teste Tukey em 10% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma característica observada após a mistura das doses do hidróxido de cálcio na cana-de-açúcar *in natura* seria com a cor (amarelada) e o odor do volumoso tratado, que se altera logo após o momento da mistura. Outra característica observada seria a redução da infestação de abelhas nas dietas tratadas com hidróxido de cálcio, visto que este problema, relacionado às abelhas, é frequente em propriedades que utilizam a cana-de-açúcar como fonte de volumoso no período de estiagem, para suplementação ou confinamento dos animais, o que provavelmente pode vir a reduzir o tempo de cocho e conseqüentemente o consumo dos animais.

Houve efeito quadrático para o nível de hidróxido de cálcio nos consumos dos nutrientes da dieta, exceto para os consumos de FDA e CCZ que apresentaram efeito linear (Tabela 4). A inclusão de hidróxido de cálcio na cana-de-açúcar influenciou no CMS, e ao derivar-se a equação de regressão ajustada para o nível de hidróxido de cálcio, obteve-se CMS máximo com 15,80 g/kg para o consumo de 7,88 kg de MS/dia. Destacando que o hidróxido de cálcio foi misturado no momento do fornecimento da dieta aos animais.

O consumo de MS pode ter sido considerado baixo nas dietas avaliadas, porém pode ter ocorrido o efeito de enchimento da capacidade física do trato gastrointestinal, devido à baixa densidade energética do volumoso. Provavelmente, outro fator que pode ter influenciado na resposta quadrática do CMS foi relacionado ao consumo de cálcio, porque quando se eleva o nível de hidróxido de cálcio o teor de cinzas aumenta linearmente,

consequentemente o teor de cálcio é aumentado, podendo os maiores níveis estar favorecendo a redução no consumo de MS.

Derivando-se a equação de regressão para o CMO encontra-se o ponto máximo para esta variável de 12,20 g/kg de hidróxido de cálcio para o CMO de 6,75 kg/dia. Esta variável se torna importante, pois quando se eleva a dose de hidróxido de cálcio os teores de cinzas são aumentados, assim caracterizando o efeito de hidrólise pela ação do hidróxido de cálcio, potencializando o CMO.

Moraes et al. (2008) relataram que o tratamento da cana-de-açúcar com óxido de cálcio prejudicou o consumo de todos os demais nutrientes. Este prejuízo ocasionado no consumo dos nutrientes, pode ter sido consequência da alta temperatura (10 g/kg eleva 0,5°C/hora) da cana-de-açúcar com óxido de cálcio em comparação à cana-de-açúcar *in natura*, picada no momento do fornecimento aos animais. Porém o hidróxido de cálcio evita que a temperatura interna do material fornecido aos animais se eleve tanto, proporcionando redução no consumo pelos animais.

Deve ser levado em consideração que o suprimento de N degradável, para os microrganismos do rúmen, afeta o CMS. O aporte deficiente ou excessivo de proteína degradável no rúmen, respectivamente, leva a diminuição no consumo por prejudicarem a atividade das bactérias celulolíticas ou gerarem produção excessiva de amônia com consequências sobre a motilidade e fermentação ruminal. Esse efeito pode alterar os padrões de fermentação e a velocidade de passagem da fibra e consequentemente a velocidade de passagem pelo trato gastrointestinal.

A de se destacar que o nível de proteína da dieta pode ter prejudicado o fornecimento de N para os microrganismos do rúmen, possibilitando maior tempo do material fibroso no rúmen. Segundo Van Soest (1994), concentrações de PB acima de 7% não influenciam o consumo, porém, ocorre redução na ingestão de MS quando se utilizam dietas com menos de 7% de PB na MS total, o que foi confirmado em estudo realizado por Valadares et al. (1997). Esses autores, utilizando dietas contendo 7; 9,5; 12 e 14,5% de PB na MS, observaram que a dieta contendo 7% de PB apresentou menor consumo de MS que as demais, que não diferiram entre si. Também, Ítavo et al. (2002), constataram que o consumo de MS, expresso em % do PV, de novilhos Nelore, na fase de recria, alimentados com dieta contendo 14% de PB, foi 9,17% inferior ao consumo registrado para a dieta com 17% de PB.

Tabela 4 - Médias, coeficiente de variação (CV), equações de regressão e coeficiente de determinação (r^2) dos consumos de nutrientes em kg/dia, em percentagem do peso vivo (%PV) de bovinos recebendo dietas à base de cana-de-açúcar com doses de hidróxido de cálcio, em percentagem da matéria seca

Consumo	Nível de hidróxido de cálcio (g/kg)				CV	P	Equação de Regressão	r^2
	0	8	16	24				
Matéria seca (kg/dia)	6,44	7,77	7,69	7,45	3,24	0,00003	$\hat{Y} = 6,500687 + 0,184048*n - 0,00614053*n^2$	0,93
Matéria orgânica (kg/dia)	6,08	6,80	6,51	5,87	5,58	0,00210	$\hat{Y} = 6,111118 + 0,117616*n - 0,00537618*n^2$	0,96
Proteína bruta (kg/dia)	0,50	0,59	0,59	0,56	3,27	0,00007	$\hat{Y} = 0,502634 + 0,0125188*n - 0,000421686*n^2$	0,92
Extrato Etéreo (kg/dia)	0,13	0,15	0,15	0,15	3,24	0,00003	$\hat{Y} = 0,131244 + 0,00369442*n - 0,0001210960*n^2$	0,95
FDN (kg/dia)	2,75	3,31	3,24	3,07	3,26	0,00001	$\hat{Y} = 2,77768 + 0,0798488*n - 0,00286590*n^2$	0,93
FDA (kg/dia)	2,00	2,13	2,07	1,94	3,48	0,00337	$\hat{Y} = 2,01094 - 0,0212752*n - 0,00101237*n^2$	0,95
Hemicelulose (kg/dia)	0,75	1,17	1,17	1,12	2,86	0,00001	$\hat{Y} = 0,766122 + 0,0586582*n - 0,00185605*n^2$	0,95
CNF (kg/dia)	2,70	3,19	3,04	2,67	3,34	0,00001	$\hat{Y} = 2,72058 + 0,0779016*n - 0,00337170*n^2$	0,99
Celulose (kg/dia)	1,46	1,96	1,86	1,76	3,12	0,00001	$\hat{Y} = 1,49610 + 0,0660558*n - 0,00233902*n^2$	0,87
Lignina (kg/dia)	0,45	0,46	0,40	0,35	3,76	0,00001	$\hat{Y} = 0,471751 + 0,00456263*n$	0,89
Cinzas (kg/dia)	0,35	0,44	0,55	0,78	13,91	0,00003	$\hat{Y} = 0,318952 + 0,174882*n$	0,95
Matéria seca (%PV)	1,57	1,88	1,88	1,80	5,33	0,00129	$\hat{Y} = 1,57686 + 0,0462687*n - 0,00155189*n^2$	0,97
Matéria orgânica (%PV)	1,48	1,65	1,60	1,42	8,25	0,01656	$\hat{Y} = 1,488183 + 0,0303727*n - 0,00137994*n^2$	0,99
FDN (%PV)	0,67	0,80	0,79	0,74	5,31	0,00059	$\hat{Y} = 0,673159 + 0,0200473*n - 0,000721179*n^2$	0,97
FDA (%PV)	0,49	0,51	0,50	0,47	5,20	0,02336	$\hat{Y} = 0,487516 - 0,00557464*n - 0,000261549*n^2$	0,99

FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; MO: matéria orgânica.

Para Ørskov (1990) a quantidade de proteína que os microrganismos sintetizam para o seu crescimento depende quase totalmente da quantidade de energia despendida na fermentação. A produção de proteína microbiana está relacionada com a capacidade de fermentação da dieta e esta fermentação está intimamente relacionada com a digestibilidade do alimento e por fim a demanda energética dos microrganismos está também relacionada com esta digestibilidade.

Houve efeito do nível de hidróxido de cálcio para o consumo de FDN (Tabela 4), sendo que os mesmos apresentaram-se abaixo da média descrita por Mertens (1992), que é de 1,2% do PV. A média para o CFDN foi de 0,75%PV. Há de se destacar que três vacas estavam no terço médio de gestação durante o experimento. Nesta fase de gestação, normalmente o consumo em vacas é controlado por mecanismos físicos, em virtude do maior crescimento fetal que comprime o rúmen diminuindo o espaço físico para a ingestão de alimentos, o que conseqüentemente pode ter influenciado o CMS e o CFDN, e devido ao teor de FDN da cana-de-açúcar, causando redução de consumo pelo enchimento ruminal.

Derivando-se a equação de regressão para o CFDN encontra-se o ponto máximo para esta variável de 12,20 g/kg de hidróxido de cálcio para o CFDN de 3,33 kg/dia. A dose de 12,20 g/kg potencializou os consumos de MS e MO refletindo no CFDN, caracterizando o efeito da hidrólise proporcionado pelo hidróxido de cálcio.

O nível crescente de hidróxido de cálcio apresentou efeito linear decrescente para o consumo de FDA, fato este estar relacionado a composição das dietas que apresentaram menores teores de FDA quando se elevou as doses de hidróxido de cálcio, fato que está relacionado ao efeito da hidrólise do hidróxido de cálcio na fração fibrosa da cana-de-açúcar, caracterizando a solubilização parcial da hemicelulose, consistindo na expansão das moléculas de celulose, causando a ruptura das pontes de hidrogênio. Efeito este que pode ser observado na Tabela 2, visto que os teores de Lignina foram reduzidos com as doses crescentes de hidróxido de cálcio, demonstrando efeito no consumo de lignina (Tabela 4). O ponto de máximo encontrado derivando-se a equação de regressão do CFA foi de 13,20 g/kg apresentando consumo de FDA de 2,12 kg/dia.

Segundo Van Soest (1994) o consumo e a eficiência da utilização dos nutrientes, principalmente da energia, variam entre os animais e, diante disso, é mais fácil o estabelecimento de valores alimentares para a digestibilidade, ou seja, a digestibilidade tem sido utilizada como variável de qualidade, indicando a proporção do alimento que está apta a ser utilizada pelo animal. A digestibilidade é característica do alimento e

indica a porcentagem de cada nutriente de um alimento que o animal pode aproveitar (Silva & Leão, 1979), sendo um importante componente do valor nutritivo da dieta (Van Soest, 1994).

Houve efeito quadrático do nível de hidróxido de cálcio nos coeficientes de digestibilidade de todos os nutrientes (Tabela 5). Os tratamentos com 8 e 16g/kg apresentaram maiores coeficientes de DMS, sendo de 72,14 e 71,84%, respectivamente. Entretanto, o tratamento com 24g/kg apresentou o menor coeficiente de DMS, podendo esta quantidade de hidróxido de cálcio estar influenciando negativamente na digestão de componentes da dieta. Derivando-se a equação de regressão ajustada para a DMS, o máximo valor de DMS poderá ser com 11,65 g/kg de hidróxido de cálcio.

O tratamento com 8g/kg apresentou acréscimo de 6,84% na DMS comparado ao tratamento com 0 g/kg, condizendo com Oliveira et al. (2008) que verificaram que no tempo de três horas após o tratamento com cal hidratada houve diferença significativa nas médias de DIVMS, tendo aumento de 4,78 e 6,47% nas doses 5 e 6 g/kg de hidróxido de cálcio em relação ao nível zero, respectivamente. Isto demonstra que a hidrólise ocorreu de forma acentuada. Por outro lado, os autores verificaram que o efeito desapareceu nos tempos de seis e nove horas após a aplicação da cal hidratada. Este fato está relacionado, provavelmente, a quantidade de hidróxido de cálcio utilizada. Outro aspecto seria a própria concentração de óxido de cálcio total presente na cal utilizada.

O hidróxido de cálcio proporcionou maior DPB (Tabela 5), visto que as dietas eram isoproteicas. Queiroz (2001), ao estudar a degradabilidade ruminal da proteína da cana-de-açúcar *in natura* e submetidas a tratamento químico com 1,5% a 50% de NaOH, observou que houve apenas solubilização proteica, com valores médios de 63,0% para a cana-de-açúcar e 68,0% para a cana-de-açúcar hidrolisada. Alves et al. (2001) obtiveram aumentos de 8,6 e de 3,3% na DPB das dietas quando a cana-de-açúcar foi hidrolisada com 2 ou 4% de NaOH, sendo que as dietas eram compostas pela cana-de-açúcar hidrolisada e por 2 kg concentrado/dia.

Tabela 5 - Médias (%), equações de regressão e coeficiente de determinação das digestibilidades aparentes dos nutrientes e dos nutrientes digestíveis totais (NDT) das dietas de bovinos recebendo dietas à base de cana-de-açúcar com doses de hidróxido de cálcio

Digestibilidade	Nível de hidróxido de cálcio (g/kg)				CV	P	Equação de regressão	r ²
	0	8	16	24				
Matéria seca (%)	65,30	72,14	71,84	64,39	3,76	0,01362	$\hat{Y} = 65,3164 + 1,2971*n - 0,0556471*n^2$	0,89
Matéria orgânica (%)	65,68	78,18	73,27	65,99	3,19	0,01040	$\hat{Y} = 67,3310 + 1,28826*n - 0,0532575*n^2$	0,88
Proteína bruta (%)	44,51	66,34	64,36	52,57	10,56	0,03827	$\hat{Y} = 47,0692 + 1,88609*n - 0,0590284*n^2$	0,97
Extrato etéreo (%)	65,78	77,47	77,18	63,89	7,73	0,08310	$\hat{Y} = 67,6496 + 1,121551*n - 0,049489*n^2$	0,99
Carboidrato não fibroso (%)	95,99	95,03	94,53	96,08	0,35	0,03289	$\hat{Y} = 97,2092 + 0,412146*n - 0,0158033*n^2$	0,88
Fibra em detergente neutro (%)	39,03	68,63	56,26	41,84	9,29	0,00888	$\hat{Y} = 41,1879 + 2,8871*n - 0,119190*n^2$	0,93
Fibra e detergente ácido (%)	42,84	58,79	50,33	34,10	6,52	0,00518	$\hat{Y} = 45,2423 + 1,65029*n - 0,0881239*n^2$	0,98
Hemicelulose (%)	23,65	76,47	68,26	49,88	16,97	0,01339	$\hat{Y} = 26,4036 + 6,231336*n - 0,210939*n^2$	0,92
NDT (%)	65,23	74,89	68,88	61,10	3,38	0,01138	$\hat{Y} = 65,2357 + 1,13187*n - 0,0518127*n^2$	0,87

CV: coeficiente de variação

Moraes et al. (2008) não observaram efeito do tratamento da cana-de-açúcar com 1% de óxido de cálcio sobre as digestibilidade dos nutrientes, o que contraria o princípio da hidrólise alcalina, que se baseia no fenômeno conhecido como intumescimento alcalino da celulose, que consiste na expansão e ruptura das moléculas de celulose, o que melhoraria o aproveitamento do alimento pelos microrganismos ruminais, fator este que pode ter ocorrido no presente trabalho, apresentando maiores valores para os coeficientes de digestibilidade da FDN e da FDA e efeito linear no teor de FDA (Tabela 2) e consumo de FDA (Tabela 4).

Quando se inclui hidróxido de cálcio na cana-de-açúcar buscando efeito de hidrólise da fração fibrosa, os coeficientes de digestibilidade da fração fibrosa foram aumentados nas doses intermediárias, 8 e 16 g/kg de hidróxido de cálcio, porém o nível de 24 g/kg apresentou os menores valores de DFDN e DFDA. O nível de 8g/kg promoveu maior DFDN e da DFDA. Outra variável importante é referente à DHEMI, onde o hidróxido de cálcio apresentou maior efeito, proporcionando maior solubilização da hemicelulose.

Derivando as equações de regressão ajustadas para as digestibilidades da FDN, FDA e hemicelulose, obtêm-se os valores de 12,11; 9,36 e 14,77 g/kg de hidróxido de cálcio, respectivamente. Do mesmo modo, Oliveira et al. (2008) relataram que o tratamento com 5 g/kg de óxido de cálcio melhorou a digestibilidade *in vitro* da MS e da FDN.

O hidróxido de cálcio proporcionou maior DPB, visto que as dietas eram isoproteicas. Queiroz (2001), ao estudar a degradabilidade ruminal da proteína da cana-de-açúcar *in natura* e submetidas a tratamento químico com 1,5% a 50% de NaOH, observou que houve apenas solubilização proteica, com valores médios de 63,0% para a cana-de-açúcar e 68,0% para a cana-de-açúcar hidrolisada. Alves et al. (2001) obtiveram aumentos de 8,6 e de 3,3% na DPB das dietas quando a cana-de-açúcar foi hidrolisada com 2 ou 4% de NaOH sendo que as dietas eram compostas pela cana-de-açúcar hidrolisada e por 2 kg concentrado/dia.

O rompimento das ligações do tipo éster entre a lignina e o complexo de carboidratos fibrosos, em razão do aumento do pH proporcionado pela hidrólise alcalina permite maior ação das enzimas microbianas, resultando em rompimento da estrutura da parede celular e em aumento na sua hidratação. Trabalhos com volumosos mostram um aumento médio de 10% na digestibilidade da MS decorrente da hidrólise alcalina através da amonização. Outro efeito estaria relacionado à habilidade do hidróxido de

cálcio em formar complexo com a celulose, reduzindo a sua cristalinidade, através de rompimentos das pontes de hidrogênio, aumentando a sua fragilidade e proporcionando melhor digestão enzimática. Estes fatores, juntos, provocam fragmentação mais rápida do material ingerido e melhoram a eficiência dos microrganismos no ataque às partículas.

Segundo Klopfenstein (1980), o teor de lignina normalmente não é alterado pelo tratamento químico, mas a ação desta leva ao aumento da taxa de digestão da fibra. O efeito da lignificação sobre a digestibilidade da parede celular explica quantitativamente a influência do total de lignina sobre a DMS. Conseqüentemente, muitas variações taxonômicas devido à relação quantitativa entre a lignina e a digestibilidade podem ser explicadas pelo conteúdo da parede celular. Segundo Van Soest (1994) destacou o efeito de produtos alcalinos sobre a fração fibrosa de volumosos de baixo valor nutritivo, entretanto ressaltaram que a fração da lignina pode ser solubilizada em concentrações elevadas de NaOH.

Ressalta-se significativa melhoria na digestibilidade da cana-de-açúcar tratada com hidrólise alcalina, destacando a propriedade tamponante que o volumoso adquire com o tratamento, o que confere segurança e estabilidade na alimentação de ruminantes.

A energia pode ter sido o nutriente limitante no presente trabalho, podendo estar relacionada também à diminuição dos consumos, porém os tratamentos apresentaram efeito nos consumos de nutrientes digestíveis totais (CNDT) (Tabela 6). Os valores estimados para obtenção dos máximos das variáveis NDT (%) e CNDT são, respectivamente, 10,92 g/kg (Tabela 5) e 12,30 g/kg, respectivamente. Assim, esses resultados estão em acordo com Kozloski (2002) que citou que nas doses mais elevadas de hidróxido de cálcio o crescimento microbiano é regulado pela disponibilidade de nutrientes limitantes ou fatores de crescimento. Derivando-se a equação de regressão, para o CNDT ($CNDT \text{ (kg/dia)} = 4,29668 + 0,228179*n - 0,00923071*n^2$) na dose de 12,30 gramas obtêm-se o valor máximo de 5,70 kg/dia.

O consumo de NDT pode estar correlacionado ao aumento no CMO, visto que o NDT é uma medida que representa a somatória de todos os nutrientes digestíveis contidos nos alimentos e também expressa energia, podendo a quantidade de PB da dieta ter influenciado no CNDT. Mlay et al. (2003) tem sugerido que menores consumos e digestibilidades das forrageiras tropicais são devidos ao pouco nitrogênio e baixa disponibilidade de amônia no rúmen para as bactérias celulolíticas.

Tabela 6 – Médias, coeficientes de variação (CV) e equações de regressão ajustadas para os consumos de nutrientes digestíveis totais (CNDT) em kg/dia, em percentagem do peso vivo (% PV) e produção microbiana (Pmic) em função do nível de hidróxido de cálcio na cana-de-açúcar *in natura* da dieta de bovinos

Variável	Tratamentos (g/kg)				CV	P
	0	8	16	24		
CNDT kg/dia ¹	4,20	5,82	5,30	4,55	0,65	0,00001
CNDT (%PV) ²	1,02	1,41	1,30	1,10	5,78	0,00001
CNDT (PV ^{0,75}) ³	46,05	63,42	58,44	49,67	4,34	0,00001

$$^1 \hat{Y}_{\text{CNDT (kg/dia)}} = 4,29668 + 0,228179*n - 0,00923071*n^2 \quad (n = \text{nível de hidróxido de cálcio g/kg}) \quad (r^2 = 0,88)$$

$$^2 \hat{Y}_{\text{CNDT (%PV)}} = 1,04293 + 0,0562753*n - 0,00227665*n^2 \quad (r^2 = 0,92)$$

$$^3 \hat{Y}_{\text{CNDT (PV}^{0,75}\text{)}} = 46,9782 + 2,52388*n - 0,102104*n^2 \quad (r^2 = 0,91)$$

Assim, os resultados sugerem que o uso de hidróxido de cálcio na cana-de-açúcar *in natura* proporcione solubilização parcial da hemicelulose e afrouxamento da parede celular, permitindo, dessa forma, que os microrganismos do rúmen tenham maior superfície específica para se agregarem e, conseqüentemente, aumentarem a digestibilidade. Esta tecnologia pode ser utilizada junto com adição de uréia e outros tipos de aditivos na alimentação de ruminantes.

Não houve efeito de tratamento para o tempo gasto com consumo, assim como para as atividades ingestão de água (Tabela 7) destinando 1,27% das atividades diárias para ingestão de água. Na avaliação do tempo gasto com ócio total, os animais submetidos ao tratamento com 24 g/kg apresentaram a maior média (P<0,10), correspondendo a 63,56% da atividade diária, visto que na avaliação do tempo despendido com a atividade de ruminação, tais animais apresentaram a menor média, 337,16 minutos (19,92% da atividade diária). Ao passo que se elevou o nível de hidróxido de cálcio o tratamento com 24 g/kg apresentou maior atividade de ócio, sendo superior ao nível 0 g/kg e igual as doses 8 e 16 g/kg, uma vez que houve redução linear dos teores de FDA da dieta, em função das doses crescentes de hidróxido de cálcio.

Os animais apresentaram menor porcentagem do tempo despendido para ruminação (P<0,10) apresentando valores de 29,05; 26,00; 22,96 e 19,92% das atividades diárias para as doses 0, 8, 16 e 24 g/kg, respectivamente, tal fato pode ser justificado pela menor digestibilidade das dietas experimentais (Tabela 5).

O tratamento sem hidróxido de cálcio apresentou maior tempo despendido para ruminação total, visto que os animais gastaram cerca de 7 horas e 47 minutos com atividades de ruminação, devido a menor digestão dos carboidratos fibrosos. Ao passo que os animais não apresentaram diferença significativa para consumo de alimento (3

horas e 55 minutos) e maior tempo para ruminação, o tempo de ócio foi reduzido (13 horas e 14 minutos).

Tabela 7- Médias dos tempos, em minutos, despendidos das atividades com alimentação (Ingestão de alimento), ruminação total (em pé e deitado), ingestão de água e ócio total (em pé e deitado) em função das dietas experimentais

Atividade	Nível de hidróxido de cálcio (g/kg)				CV	P
	0	8	16	24		
Ingestão de alimento	215,00	215,00	201,67	221,67	22,53	NS
Ruminação total ¹	448,66	404,83	361,00	317,16	25,03	0,06905
Ingestão de água	23,33	15,00	16,67	18,33	51,02	NS
Ócio total ²	788,67 b	833,17 ab	877,67 ab	922,17 a	14,10	0,06086

¹ $\hat{Y} = 418,667 - 5,47917 * n$ (g/kg) ($r^2=0,73$)

² Médias seguidas por letras minúsculas distintas, diferem pelo teste Tukey(P<0,10)

Os ruminantes, como outras espécies, procuram ajustar o consumo alimentar às suas necessidades nutricionais, especialmente de energia (Arnold, 1985). Animais estabulados gastam em torno de uma hora consumindo alimentos ricos em energia, ou até mais de seis horas, para fontes com baixo teor de energia. Da mesma forma, o tempo despendido em ruminação é influenciado pela natureza da dieta e, provavelmente, é proporcional ao teor de parede celular dos volumosos (Van Soest, 1994).

Contudo, a eficiência de ruminação e mastigação, expressa em gramas por hora, pode ser reduzida para dietas de alta fibra, em razão da maior dificuldade em diminuir o tamanho das partículas originadas de materiais fibrosos (Dulphy et al., 1980).

Segundo Van Soest (1994), alimentos concentrados e fenos finamente triturados ou peletizados reduzem o tempo de ruminação, enquanto volumosos com alto teor de parede celular tendem a aumentar o tempo de ruminação. O aumento do consumo tende a reduzir o tempo de ruminação por grama de alimento, fator provavelmente responsável pelo aumento de tamanho das partículas. Provavelmente, o hidróxido de cálcio influenciou no conteúdo de parede celular, disponibilizando os componentes da fibra, reduzindo assim o tempo gasto com ruminação, como demonstrado pelos teores de FDA e hemicelulose.

As doses de hidróxido de cálcio exerceram influência sobre o comportamento das vacas, visto que animais confinados tendem a apresentar o mesmo comportamento, devido ao fato de terem recebido a mesma dieta com proporção volumoso:concentrado 65:35 e permanecido em baias individuais durante todo o período de confinamento. O hidróxido de cálcio influenciou nos tempos despendidos para ruminação e ócio, visto

que o tempo gasto com consumo de alimento foi igual para todos os tratamentos. Todavia, há de se destacar que as médias de tempo gasto/bolo sofreram influência do nível de hidróxido de cálcio na cana-de-açúcar *in natura*.

O tempo gasto em ruminação é mais prolongado à noite, mas também é influenciado pelo alimento. No entanto, existem diferenças entre indivíduos quanto à duração e repartição das atividades de ingestão e ruminação, que parecem estar relacionadas ao apetite dos animais, diferenças anatômicas e suprimento das exigências energéticas ou enchimento ruminal (Souza et al., 2007).

O tempo de ruminação é altamente correlacionado (0,96) com o consumo de FDN em bovinos (Welch, 1982). Albright (1993), em experimento com vacas, relatou para três níveis de FDN, nas dietas de 26, 30 e 34%, resposta quadrática com valores máximos estimados, respectivamente, dos tempos despendidos em ruminação e total de mastigação de 344 e 558; 403 e 651; e 414 e 674 min/dia.

O número de mastigações por bolo (NMB) sofreu efeito de tratamento (Tabela 8), apresentando efeito quadrático, ao passo que os animais do tratamento com 8g de hidróxido de cálcio por kg de cana-de-açúcar *in natura* apresentaram menor NMB ruminal e menor tempo de mastigação por bolo (TMB) ruminal. Fischer et al. (1997) relataram que os animais que consomem mais alimento apresentaram menor número de bolos ruminais e menor TMB. Derivando-se a equação de regressão ajustadas para o número de mastigações/bolo, obtém-se 13,30 g/kg de hidróxido de cálcio para o menor valor de mastigação. Tal valor coincide com os máximos valores de CMS.

Assim, o uso de aditivos alcalinizantes, com objetivo de hidrolisar parcialmente frações fibrosas da parede celular, pode influenciar positivamente o comportamento ingestivo de ruminantes.

Tabela 8- Médias e equações de regressão do número de mastigações/bolo ruminado (NMB), tempo de mastigação por bolo (TMB) em segundos e suas respectivas equações de regressão e coeficientes de determinação (r^2) em função do nível de hidróxido de cálcio

Variável	Nível de hidróxido de cálcio (g/kg)				CV	P
	0	8	16	24		
Número de mastigações/Bolo ¹	59,75	43,92	47,67	43,00	17,49	0,02811
Mastigação (seg/bolo) ²	62,92	42,08	48,08	43,42	15,84	0,00085

¹ $\hat{Y}. = 58,3500 - 1,62812.n + 0,0436197.n^2$ (n=nível de hidróxido de cálcio em g/kg) ($r^2 = 0,78$)

² $\hat{Y}. = 61,0417 - 2,17187.n + 0,063151.n^2$ ($r^2 = 0,74$)

CV: coeficiente de variação

Tais relatos estão de acordo com Fischer et al. (1997) que observaram que os animais que consomem mais alimento apresentaram menor número de bolos ruminais e menor TMB; entretanto Silva et al. (2005) verificaram efeito linear decrescente cujos valores foram 44, 44, 43 e 37 mastigações por bolo para os níveis de 0,25%, 0,50%, 0,75% e 1,00% de suplementação do peso vivo de novilhas em pastejo, quando se elevou o nível de suplementação dos animais, reduzindo o teor de fibra da dieta o NMB foi reduzida. Visto que no presente estudo a cana-de-açúcar sem hidróxido de cálcio proporcionou maior NMB, ao passo que, quando se adicionou hidróxido de cálcio, os valores de NMB foram reduzidos. Vale salientar que apesar de categorias e grupos genéticos distintos, os resultados são semelhantes, o que permite estabelecer uma linha de comparações.

Miranda et al. (1999) avaliando o comportamento ingestivo de novilhas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar e não observaram diferença no tempo despendido em alimentação, ruminação e mastigação total, em min/dia, das novilhas alimentadas com diferentes fontes de NNP e probióticos.

Assim, como qualquer tecnologia aplicada na melhoria do valor nutritivo de forragens, o hidróxido de cálcio deve ser utilizado baseando-se no seu custo de aplicação e retorno econômico no produto final e no melhor aproveitamento da dieta possibilitado pela melhoria no CMS, CMO e na digestibilidade dos nutrientes da dieta.

CONCLUSÕES

O hidróxido de cálcio proporcionou melhor consumo e digestibilidade dos nutrientes da dieta, principalmente a fração fibrosa da dieta, favorecendo o aproveitamento dos nutrientes.

LITERATURA CITADA

- ASSIS, A.J.; CAMPOS, J.M.S.; QUEIROZ, A.C. et al. Polpa Cítrica em Dietas de Vacas em Lactação. 2. Digestibilidade dos Nutrientes em Dois Períodos de Coleta de Fezes, pH e Nitrogênio Amoniacal do Líquido Ruminal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.251-257, 2004.
- ALBRIGHT, J.L. Feeding behavior of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.2, p.485-498, 1993.

- ALTMANN, J. Observational study of behavior sampling methods. **Behaviour**, v.49, p.227-267, 1974.
- ARNOLD, G.W. Ingestive behavior. In: FRASER, A.F. (Ed.) **Ethology of farm animals**. Amstredam: Elsevier, 1985. 186p.
- BERGER, L.L.; FAHEY, G.C; BOURQUIN, L.D. et al. Modification of forage after harvest. In: FAHEY, D.C. (Ed.) **Forage quality, evaluation, and utilization**. 1.ed. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society, Soil Science Society, 1994. p.922-966.
- BURGI, R. **Produção do bagaço de cana-de-açúcar auto-hidrolisado e avaliação para ruminantes**. 1985. 61p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1985.
- DULPHY, J.P. et al. Ingestive behaviour and related activities in ruminants. In: RUCKEBUSH, Y., THIVEND, P. (Eds.) **Digestive physiology and metabolism**. Lancaster: MTP. p.103-122, 1980.
- FISCHER, V., DESWYSEN, A.G., DÈSPRES, L. et al. Comportamento ingestivo de ovinos recebendo dieta à base de feno durante um período de seis meses. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.5, p.1032-1038, 1997.
- ÍTAVO L.C.V.; VALADARES FILHO S.C.; SILVA F.F. et al. Consumo, Degradabilidade Ruminal e Digestibilidade Aparente de Fenos de Gramíneas do Gênero Cynodon e Rações Concentradas Utilizando Indicadores Internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.1024-1032, 2002.
- JACKSON, M. G. Review articles: the alkali treatment of straws. **Animal Feed Science and Technology**, v.2, n.2, p. 105-130, 1977.
- KLOPFERNSTEIN, T. Chemical treatment of crop residues. **Journal of Animal Science**, v.46, n.3, p. 841-849, 1980.
- KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. Santa Maria: UFSM, 2002, 140 p.
- LEÃO, M.I.; VALADARES FILHO, S.C.; RENNÓ, L.N. et al. Consumos e digestibilidades totais e parciais de carboidratos totais, fibra em detergente neutro e carboidratos não fibrosos em novilhos submetidos a três níveis de ingestão e duas metodologias de coleta de digestas abomasal e omasal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34 n.2. p.670-678, 2005.
- MARTIN, P., BATESON, R. **Measuring Behaviour**. Cambridge University Press. p.84-100. 1993.

- MERTENS, D.R. Analysis of fiber in feeds and its uses in feed evaluation and formulation. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras:SBZ, 1992. p.1-32.
- MERTENS, D.R. Qualitative aspect of ruminant digestion and metabolism. In: FORBES, J.M.; FRANCE, J. (Eds.) **Rate and extent of digestion**. 1.ed. Wisconsin: CAB, 1993. p.13-51.
- MIRANDA, L.F.; QUEIROZ, A.C.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Comportamento Ingestivo de Novilhas Leiteiras Alimentadas com Dietas à Base de Cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.3, p.614-620, 1999.
- MLAY, P. S.; PEREKA, A. E. et al. Digestion and passage kinetics of fibre in mature dairy heifers maintained on poor quality hay as affected by the source and level of nitrogen supplementation. **Animal Feed Science and Technology**, n. 109, p. 19-33, 2003.
- MORAES, K.A.K. VALADARES FILHO, S.C.; MORAES, H.B.K. et al. Cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio fornecida com diferentes níveis de concentrado para novilhas de corte em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p.1293-1300, 2008.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7 ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 381p.
- PENATI, M. A.; CORSI, M.; MARTHA JR, G. B. et al. Manejo de plantas no pastejo rotacionado. Simpósio Goiano sobre Produção de Bovinos de Corte. **Anais...** Goiânia, GO.CBNA, 1999 XI, 200p. 23cm. P.123-144.
- OLIVEIRA, M.D.S.; SANTOS, J.; DOMINGUES, F.N. et al. Avaliação da cal hidratada como agente hidrolisante de cana-de-açúcar. **Veterinária Notícias**, v. 14, n. 1, p.9-17, 2008.
- ØRSKOV, E. R. Alimentación **de los ruminates**. Principios y práctica. Zaragoza: Acribia, 1990, 119 p.
- QUEIROZ, M.A.A. **Digestibilidade total e degradabilidade ruminal da cana-de-açúcar in natura, hidrolisada com hidróxido de sódio e hidrolisada fenada**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2001. 58p. Monografia (Graduação em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, 2001.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, C. A. **Análise de alimentos. Métodos químicos e biológicos**. Viçosa: Ed. UFV, Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235 p.

- SILVA, J.F.C; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição de ruminantes**. Piracicaba: Livroceres, 1979. 380p.
- SILVA, R.R. et al. comportamento ingestivo de novilhas mestiças de holandês em pastejo. **Archivos de Zootecnia**, v.54, p.63-74, 2005.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. 2. Carbohydrate and protein availability. **Journal Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.
- SOUZA, S. R. M. B. O., ÍTAVO, L. C. V., RÍMOLI, J. et al. Comportamento ingestivo diurno de bovinos em confinamento e em pastagens. **Archivos de Zootecnia**, v.56, n.213, p.67-70, 2007.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. SAEG - **Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas**. Versão 7.1. Viçosa, MG, 2000. 150p.
- VALADARES, R.F.D.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Níveis de proteína em dietas de bovinos. 1. Consumo e digestibilidades aparentes totais e parciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, n.26, p.1252-1258, 1997.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell, 1994. 476p.
- WELCH, J.G. Rumination, particle size and passage from the rumen. **Journal Animal Science**, v.54, n.4, p.885-894. 1982.

VI. CANA-DE-AÇÚCAR COM DOSES DE HIDRÓXIDO DE CÁLCIO NA DIETA DE BOVINOS: PARÂMETROS RUMINAIS

RESUMO - Objetivou-se avaliar diferentes doses de hidróxido de cálcio em vacas alimentadas com cana-de-açúcar por meio do pH, nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e a concentração de ácidos graxos voláteis do líquido ruminal. Quatro vacas fistuladas no rúmen foram distribuídas em quadrado latino (4x4), recebendo dietas com proporção volumoso:concentrado de 65:35. Os tratamentos compreenderam a inclusão de hidróxido de cálcio nas doses 0, 8, 16 e 24 g/kg de matéria natural de cana-de-açúcar. Realizaram-se colheitas de líquido ruminal, para determinação do pH e N-NH₃ antes (tempo zero) e 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 horas após o fornecimento da dieta e a concentração de ácidos graxos voláteis (AGV) nos tempos 0 (antes), 3, 6, 9 e 12 horas após fornecimento da dieta. As análises dos dados foram realizadas em esquema de parcelas subdivididas, tendo na parcela os tratamentos e na subparcela o tempo de coleta. Os valores mais elevados de pH foram encontrados nos tratamentos com maior nível de hidróxido de cálcio e os mínimos foram atingidos entre 3 e 4 horas, após a alimentação independente do tratamento. As concentrações médias de N-NH₃ observadas foram 20,59, 20,49, 17,28 e 18,22 mg/100 mL de líquido ruminal para as doses de hidróxido de cálcio 0, 8, 16, 24 g/kg, respectivamente. Houve efeito da adição de hidróxido de cálcio nas concentrações médias de AGV entre os tempos zero hora até 12 horas após o fornecimento das dietas experimentais. O hidróxido de cálcio em doses crescentes potencializa a fermentação ruminal e ainda pode exercer efeito alcalinizante no pH do líquido ruminal.

Palavras-chave: AGV, cal hidratada, pH ruminal, nitrogênio amoniacal

SUGAR CANE WITH DOSES CALCIUM HYDROXIDE IN DIET OF BEEF: RUMINAL PARAMETERS

ABSTRACT - The objective was to evaluate different levels of calcium hydroxide (hydrated lime) in cows fed with sugar cane through pH and ammonia nitrogen in ruminal liquid. Four ruminal fistulated cows were distributed in Latin square (4x4), kept in *Tie-Stall* and receiving food once a day in order to keep the leftovers around 5 to 10% and supplied with roughage:concentrate of 65: 35. The treatments included the addition of hydrated lime in the doses of 0, 8, 16 and 24 g/kg of sugar cane. Ruminal fluid were collected to determine the pH and N-NH₃ before (time zero) and 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 and 12 hours after the delivery of diet and to determine the concentration of VFA at 0, 3, 6, 9 and 12 hours.. The analyses of data were carried out in a split-plot, design, being the parcels represented by treatments and the subplot the time of collection. The higher values of pH were found in treatments with higher dose of calcium hydroxide and the minimum was reached between 3 and 4 hours after feeding regardless of treatment, indicating that the alkalizing agent in the amounts did not interfere negatively in the rumen fermentation. The average concentrations of N-NH₃ were observed 20.59, 20.49, 17.28 and 18.22 mg/100 mL of ruminal fluid for doses of calcium hydroxide 0, 8, 16, 24 g/kg, respectively. There was effect of doses tested for the concentration of VFA. It is recommended the use of calcium hydroxide in alkaline hydrolysis of sugar cane between doses of 8 and 16 g/kg, to maintain ruminal pH near neutrality. The calcium hydroxide in increasing doses may increase ruminal fermentation of sugar cane and may have effect alkalizing on the pH of the ruminal liquid.

Key Words: VFA, hydrated lime, ruminal pH, ammonia nitrogen

INTRODUÇÃO

O fornecimento da cana-de-açúcar como volumoso no período de estiagem é uma prática muito interessante, em razão da maior disponibilidade coincidir com o período seco. A cana-de-açúcar *in natura* apresenta alto teor lignocelulósico, portanto, a viabilidade de sua utilização requer o desenvolvimento de métodos de tratamento que promovam o rompimento da estrutura da fração fibrosa para torná-la mais digestível (Burgi, 1985).

Ítavo & Ítavo (2005) sugeriram que parâmetros ruminais podem influenciar diretamente o desempenho dos animais, dessa forma, o conhecimento dos eventos e a busca da melhoria desses parâmetros, para que se possa atingir o máximo desempenho dos animais, se faz necessário. Agentes alcalinizantes como óxido de cálcio (CaO), hidróxido de cálcio (Ca (OH)₂) podem ser utilizados para este fim, uma vez que promovem a hidrólise alcalina da parede celular e conseqüentemente melhoraram a digestibilidade. Os microrganismos ruminais necessitam de pH próximo a neutralidade para seu desenvolvimento e segundo Kozloski (2002) o ambiente ruminal possui pH que pode variar entre 6,0 e 7,0.

O pH ruminal está diretamente relacionado com os produtos finais da fermentação e também com a taxa de crescimento dos microrganismos ruminais. Tal fato é demonstrado com o uso de dietas ricas em volumosos, as quais geralmente proporcionam pH ruminal mais elevado, permitindo crescimento de bactérias celulolíticas.

Ruminantes consumindo dietas à base de forragens apresentam pH ruminal entre 6,2 e 6,8 enquanto aqueles que consomem concentrado, podem apresentar pH entre de 5,8 e 6,6 (Church, 1979).

Embora a concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) exigida para máxima eficiência microbiana ainda não seja bem conhecida, Satter & Slyter (1974), estabeleceram que 5mg de N-NH₃/100 mL de fluido ruminal, seria o mínimo ideal para a ocorrência de máxima fermentação microbiana ruminal, enquanto Van Soest (1994) citou que o nível ótimo seria 10mg N-NH₃/100 mL. Moraes et al. (2008), trabalhando com novilhas de corte alimentadas com cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio e diferentes níveis de concentrado, encontraram para todos os tratamentos níveis acima de 5mg N-NH₃/100 mL.

Admite-se, frequentemente, ser o nível ótimo de amônia ruminal de 10 mg N-NH₃/100 mL de conteúdo ruminal, contudo esse não deve ser considerado como um número fixo, porque a capacidade das bactérias sintetizarem proteína e a utilização de amônia depende da taxa de fermentação de carboidratos e de sua sincronização com a degradação das proteínas (Van Soest, 1994).

A concentração de N-NH₃ no líquido ruminal é consequência do equilíbrio entre a produção e sua utilização pelos microrganismos, desta forma a concentração de amônia ruminal tem um papel fundamental na maximização da eficiência microbiana (Zeoula et al., 2002).

A principal fonte de energia para os ruminantes, são os ácidos graxos voláteis (AGV) produzidos no rúmen pela fermentação de carboidratos e, em alguns casos, da proteína, provenientes da fermentação microbiana. Desses ácidos, os principais são: acetato, propionato e butirato (Berchielli et al., 2006). As proporções molares de acetato:acetato:propionato:butirato variam muito, sendo encontrados valores de 75:15:10, em dietas ricas em carboidratos fibrosos, até 40:40:20, em dietas ricas em carboidratos não fibrosos (CNF), estando o total de AGV entre 60 e 150 mM/mL no rúmen (Bergman, 1990).

A ingestão de alimentos rapidamente fermentescíveis, por exemplo, aumenta rapidamente a atividade microbiana, causando substancial flutuação nos produtos finais da fermentação (ácidos graxos voláteis e amônia) e no pH ruminal, fato que pode refletir no aproveitamento dos demais nutrientes da dieta. Assim, objetivou-se avaliar o pH, nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e a concentração de ácidos graxos voláteis (AGV) do líquido ruminal de bovinos recebendo dietas à base de cana-de-açúcar de açúcar tratadas com doses crescentes de hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂).

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Fazenda Escola São Vicente da Universidade Católica Dom Bosco – UCDB, localizada em Campo Grande – MS, entre os meses de outubro e dezembro de 2007.

Foram utilizadas quatro vacas cruzadas, munidas de fistulas ruminais com peso vivo (PV) médio inicial de 412,06 ± 37,3 kg, confinadas em baias individuais com 5 m² de área útil e piso de concreto, providas de comedouro de concreto e bebedouros de tambores plásticos. As vacas permaneceram confinadas em baias individuais, recebendo

alimentação uma vez ao dia, às 08h, de forma a manter as sobras em torno de 5 a 10% do fornecido. A quantidade de cana-de-açúcar e concentrados fornecidos e as sobras foram registradas diariamente.

Os animais foram distribuídos em delineamento em quadrado latino (4x4) com quatro doses de hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) e quatro períodos experimentais de 21 dias, sendo 14 para adaptação as dietas e sete para coleta de dados. Os animais passaram por um período pré-experimental de 30 dias, antes do início da fase experimental, para se adaptarem as dietas e manejo. Os animais foram pesados no início e no final de cada período experimental.

Os tratamentos compreenderam a inclusão de hidróxido nas doses 0, 8, 16 e 24g/kg da matéria natural de cana-de-açúcar *in natura* triturada, sendo o hidróxido de cálcio misturado em pó a cana-de-açúcar antes de ser misturada ao concentrado e fornecido aos animais. A proporção volumoso:concentrado foi de 65:35 com base na matéria seca (MS). A cana-de-açúcar foi cortada aos 14 meses de idade e fornecida após a trituração e aplicação das doses de hidróxido de cálcio, conforme os tratamentos, até a completa homogeneização. Em seguida, o volumoso foi misturado ao concentrado e fornecido aos animais. As amostras do volumoso, concentrado e das sobras de cada animal foram colhidas diariamente. Foram feitas amostras compostas por período. As amostras de cada período foram pré-secas em estufa com ventilação forçada a 55°C por 72 horas e trituradas em moinho de faca (peneira de 1 mm).

As amostras de cana-de-açúcar com e sem inclusão de hidróxido de cálcio, do concentrado, das fezes e sobras foram compostas proporcionalmente por animal, moídas e analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), cinzas conforme Silva & Queiroz (2002) (Tabela 1). Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram obtidos pela equação conforme recomendações de Sniffen et al. (1992): $\text{CNF} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{MM} + \% \text{FDN})$.

A cana-de-açúcar foi cortada aos 14 meses de idade e fornecida após a trituração e aplicação das doses de hidróxido de cálcio, conforme os tratamentos, até a completa homogeneização.

Em cada período experimental foram realizadas colheitas de líquido ruminal, visando a determinação do pH sendo realizadas antes do fornecimento da dieta (tempo zero) e 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 horas após o fornecimento da dieta. Foi

utilizado um recipiente de plástico com capacidade de 250 mL, onde o conteúdo ruminal foi coletado, por intermédio da fistula ruminal.

Tabela 1 - Composição bromatológica da cana-de-açúcar *in natura* e do concentrado utilizados nas dietas experimentais

Composição química	Cana-de-açúcar	Concentrado¹
Matéria seca (%)	27,43	83,70
Matéria orgânica (% MS)	96,07	91,10
Proteína bruta (% MS)	3,28	15,98
Extrato etéreo (% MS)	0,05	4,84
Fibra em detergente neutro (% MS)	48,92	31,15
Fibra em detergente ácido (% MS)	37,78	18,67
Carboidrato não estrutural (% MS)	43,37	39,13
Hemicelulose (% MS)	11,13	12,47
Celulose (% MS)	22,93	nd
Lignina (% MS)	7,08	nd
Cinzas (% MS)	3,92	8,89
Cálcio (% MS)	0,45	1,0

¹Concentrado: 27% de Farelo de soja, 20% de milho moído, 20% de sorgo moído, 20% de casquinha de soja, 9% de gordura protegida, 2% de uréia, 2% de mistura mineral. nd: não determinado.

Na Tabela 2, encontra-se a composição bromatológica das dietas experimentais a base de cana-de-açúcar tratadas com doses crescentes de hidróxido de cálcio (g/kg).

Tabela 2 - Composição química das dietas à base de cana-de-açúcar com doses de hidróxido de cálcio

Composição química	Nível de hidróxido de cálcio (g/kg)			
	0	8	16	24
Matéria seca (%)	47,12	47,82	48,38	48,87
Matéria orgânica (%)	94,33	93,23	91,29	86,64
Proteína bruta (% MS)	7,73	7,58	7,56	7,58
Extrato etéreo (% MS)	2,02	2,01	2,03	2,03
Fibra em detergente neutro (% MS)	42,70	42,59	42,17	41,20
Fibra em detergente ácido (% MS)	31,09	27,51	26,91	26,12
Hemicelulose (% MS)	11,60	15,08	15,26	15,08
Carboidrato não fibroso (% MS)	41,89	41,05	39,53	39,27
Celulose (%MS)	22,74	25,30	24,21	23,69
Lignina (%MS)	7,08	5,88	5,22	4,74
Cinzas (% MS)	5,66	6,76	8,70	9,90
Nutrientes digestíveis totais (% MS) ^a	65,23	74,89	68,88	61,10

a = NDT referente ao ensaio de digestibilidade.

Concentrado: 27% de Farelo de soja, 20% de milho moído, 20% de sorgo moído, 20% de casquinha de soja, 9% de gordura protegida, 2% de uréia, 2% de mistura mineral. nd: não determinado.

As amostras do líquido ruminal, foram coletadas na região de interface líquido/sólido do ambiente ruminal e filtradas em uma camada tripla de gaze a fim de se

obter 100 mL de líquido ruminal e proceder à imediata determinação do pH em potenciômetro digital. Para determinação da concentração de amônia, as amostras foram mantidas em recipiente plástico com 1 mL de ácido clorídrico (1:1), identificada e congelada para posterior análise laboratorial.

Para determinação das concentrações de ácidos graxos voláteis (AGV), com início antes do fornecimento da dieta, tomado como tempo zero (0), 3, 6, 9 e 12 horas após a alimentação. O material coletado foi filtrado em camadas de gaze a fim de se obter 100 mL de líquido ruminal e em seguida, adicionado 1 mL de solução de ácido clorídrico (HCl) 1:1. As amostras do líquido ruminal foram armazenadas em recipientes plásticos à -5°C. As análises de AGV foram realizadas no laboratório do departamento de produção animal da ESALQ (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz), Piracicaba-SP.

Para determinação de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), as amostras sofreram centrifugação a 15.000 g (4° C), durante 50 minutos, em seguida, analisadas em cromatógrafo líquido-gasoso (Hewlett Packard 5890 Series II GC, coluna empacotada cabopack, 3m), com temperatura do forno de 120° C, equipado com integrador (Hewlett Packard 3396 Series II Integrator) e injetor automático (Hewlett Packard 6890 Series Injector) a temperatura de 106° C, e detector tipo FID a 190° C. O gás de arraste utilizado foi o nitrogênio, sem rampa de aquecimento. O padrão interno utilizado foi o ácido 2-metilbutírico sendo acrescentado, em cada tubo para leitura em cromatógrafo, 100µl do padrão interno, 800µl da amostra e 200µl de ácido fórmico. Uma mistura de ácidos graxos voláteis com concentração conhecida foi utilizada como padrão externo para a calibração do integrador (Campos et al., 2004).

As variáveis foram avaliadas por meio de análises de variância e regressão. O modelo estatístico foi escolhido de acordo com a significância dos coeficientes de regressão, coeficiente de determinação e o fenômeno biológico estudado. As análises estatísticas do pH e do N-NH₃ ruminal foram realizadas em esquema de parcelas subdivididas, tendo na parcela os tratamentos e na subparcela o tempo de coleta.

RESULTADO E DISCUSSÕES

Os valores mais elevados de pH ruminal foram encontrados nos tratamentos com maior nível de hidróxido de cálcio (16 e 24 g/kg), devido ao poder alcalinizante do hidróxido de cálcio utilizado para a hidrólise alcalina da cana-de-açúcar (Tabela 3).

Segundo Kozloski (2002), o ambiente ruminal deve apresentar pH entre 6,0 e 7,0 para que os microrganismos ruminais se desenvolvam normalmente. O pH ruminal mais elevado, entre 6,2 e 6,9, permite crescimento de bactérias celulolíticas (Ítavo & Ítavo, 2005).

Tabela 3 - Médias e equações de regressão ajustadas para o pH do líquido ruminal, em diferentes tempos, antes (0 hora) e 12 horas após fornecimento da dieta, de bovinos alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar com doses de hidróxido de cálcio

Tempo (horas)	Doses de hidróxido de cálcio (g/kg)			
	0	8	16	24
0	7,08	6,89	7,16	7,22
1	6,86	6,77	7,00	7,00
2	6,62	6,62	6,90	6,91
3	6,55	6,56	6,82	6,93
4	6,51	6,65	6,78	6,91
5	6,58	6,63	6,83	6,97
6	6,58	6,74	6,84	7,02
7	6,66	6,81	6,94	7,00
8	6,69	6,80	7,00	7,06
9	6,71	6,84	6,97	7,03
10	6,63	6,85	6,94	7,00
11	6,75	6,85	7,04	7,05
12	6,71	6,80	7,02	7,02

$$\hat{Y} = 6,89769 - 0,202080 \cdot h + 0,0353822 \cdot h^2 - 0,00166461 \cdot h^3 + 0,0014380 \cdot \text{cal} \quad (r^2 = 0,89)$$

Os dados de pH sugerem que as rações experimentais apresentaram padrão de fermentação ruminal adequado à ação de bactérias celulolíticas. Os valores encontrados neste trabalho encontram-se na faixa considerada adequada para dietas com maior porcentagem de volumoso.

No tempo zero hora, antes do fornecimento da dieta aos animais, as médias de pH do líquido ruminal foram de 7,08; 6,89; 7,16 e 7,22 para os tratamentos 0, 8, 16 e 24 g/kg, respectivamente. Na primeira hora após o fornecimento da dieta já se observa uma redução nos valores de pH, devido a fermentação ruminal ocasionada pela degradação da dieta. No tempo de quatro horas após fornecimento da dieta, foram observados os menores valores de pH nos tempo avaliados, sendo de 6,51; 6,65; 6,82 e 6,91, para as doses de 0, 8, 16 e 24 g de hidróxido de cálcio por kg de cana-de-açúcar.

Um fato importante a ser relacionado é elevado poder alcalinizante que o hidróxido de cálcio proporciona ao ambiente ruminal, desde o fornecimento da dieta até o fornecimento da dieta subsequente, podendo este pH favorecer a degradação da fibra.

Há de se destacar que o hidróxido de cálcio foi misturado a cana-de-açúcar, em pó a seco, sem diluição em água.

O tratamento com maior nível de hidróxido de cálcio para todos os horários, foi o que apresentou maior pH do líquido ruminal. De acordo com Valadares Filho & Pina (2006), o pH ruminal pode variar de 5,5 a 7,2, com valores baixos de pH detectados em intervalos de tempo curtos, após a alimentação dos animais com dietas ricas em concentrado, enquanto, para rações com maior participação de volumosos, os valores oscilam entre 6,2 e 7,0 (Owens & Goetsch, 1988). A quantidade de ácidos graxos voláteis no fluido ruminal é reflexo da atividade microbiana e da taxa de absorção pela parede ruminal.

Pelos resultados de pH observa-se que apenas os tratamentos 0 e 8 g/kg permaneceram entre 6,5 e 7,0; enquanto o tratamento com 24 g/kg, em nenhum tempo de coleta, apresentou valores abaixo de 6,9. Tal fato pode influenciar no crescimento de bactérias celulolíticas e conseqüentemente na degradação da porção fibrosa da dieta (Ítavo & Ítavo, 2005).

O consumo de concentrado rico em amido, pode causar acidificação no pH ruminal, podendo atingir níveis abaixo de 6,0 (Church, 1979). Com a redução do pH, a população de bactérias amilolíticas, resistentes à acidez, aumenta, enquanto a população das bactérias celulolíticas diminui. Assim a adição de hidróxido de cálcio na cana-de-açúcar *in natura*, podem exercer efeito tamponante, mantendo pH próximo do neutro, permitindo inclusão de amido na dieta.

Observa-se que as doses de 8 e 16 g/kg apresentaram médias de pH entre 6,5 e 7,2; o que poderia favorecer o desenvolvimento de bactérias celulolíticas e conseqüentemente, melhoria na digestibilidade das frações fibrosas da parede celular, que segundo Vanzant et al. (1990), o pH ruminal abaixo de 6,7 poderia reduzir a digestão da fibra. Oliveira et al. (2008) ressalta significativa melhoria na digestibilidade da cana-de-açúcar tratada com hidrólise alcalina, destacando a propriedade tamponante que o volumoso adquire com o tratamento, o que confere segurança e estabilidade na alimentação de ruminantes.

Independente do tratamento, os mínimos foram atingidos quatro horas após a alimentação, indicando que o tratamento com agente alcalinizante, nessas quantidades, não interferiu negativamente na fermentação ruminal. Segundo Van Soest (1994) o rompimento das ligações do tipo éster entre a lignina e o complexo de carboidratos estruturais, devido a aumento de pH proporcionada pela hidrólise alcalina, permite

maior ação das enzimas microbianas em razão da maior produção de AGV (Tabela 5), provavelmente porque há melhoria na digestibilidade da dieta proporcionada pela hidrólise alcalina.

O pH é fator importante na atividade ruminal, sendo que o seu valor varia normalmente entre 5,5 e 7,0; dependendo da natureza da dieta, do tempo após a ingestão dos alimentos, da frequência de alimentação e do tempo e método de amostragem do líquido ruminal, sendo que o decréscimo do pH ruminal provoca depressão de apetite, da motilidade ruminal, do crescimento microbiano e, conseqüentemente, da digestão, principalmente da fração fibrosa dos alimentos, fato que com os valores observados no presente experimento o pH pode ter influenciado na digestibilidade da FDN.

Quando o pH ruminal se manteve entre 6,5 e 6,6 as concentrações de N-NH₃ foram diminuídas, possivelmente pela utilização do N ruminal pelas bactérias, visto que as bactérias celulolíticas têm a preferência pelo N disponível no rúmen, desde que haja disponibilidade de esqueleto de carbono para a síntese de aminoácidos.

Antes do fornecimento (tempo 0 hora) das dietas experimentais os valores encontrados de N-NH₃ foram de 25,28; 22,94; 25,28 e 21,07 mg/100 mL de líquido ruminal para os doses de hidróxido de cálcio 0, 8, 16, 24 g/kg, respectivamente (Tabela 4).

Tabela 4 - Médias e equações de regressão ajustadas para o N-NH₃ (mg/100mL) do líquido ruminal, em diferentes tempos, antes (0 hora) e 12 horas após fornecimento da dieta, de bovinos alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar em função das doses de hidróxido de cálcio

Tempo (horas)	Doses de hidróxido de cálcio (g/kg)			
	0	8	16	24
0	25,28	22,94	25,28	21,07
1	35,58	29,02	26,21	27,15
2	28,09	23,41	21,07	16,85
3	24,81	16,38	15,92	19,66
4	21,07	16,85	13,10	15,45
5	15,45	17,32	14,04	12,64
6	13,58	22,94	17,32	18,72
7	19,19	19,19	15,45	17,32
8	14,51	17,87	17,79	18,72
9	20,60	20,21	17,32	18,26
10	16,85	20,94	16,85	17,79
11	18,72	21,51	12,64	14,98
12	14,04	17,82	11,70	18,26

$$\hat{Y} = 30,8409 - 0,291505 \cdot \text{cal} - 4,19002 \cdot \text{h} + 0,480161 \cdot \text{h}^2 - 0,023364 \cdot \text{h}^3 + 0,0296939 \cdot \text{cal} \cdot \text{hora} \quad (r^2 = 0,87)$$

Ao passo que na primeira hora após o fornecimento da dieta os valores apresentados foram 35,58; 29,02; 26,21 e 27,15 mg/100 mL de líquido ruminal para as doses de hidróxido de cálcio 0, 8, 16, 24 g/kg, respectivamente. Há de se destacar que ao passar as horas os valores de N-NH₃ foram reduzindo, dentro dos tratamentos.

Quando se aumentou o nível de hidróxido de cálcio na cana-de-açúcar, foram reduzidas as concentrações de N-NH₃, assim acarretando em menores perdas de nitrogênio amoniacal no rúmen, ocorrendo provavelmente maior aproveitamento pelos microrganismos do rúmen.

O nível considerado ótimo para concentração de amônia ruminal (10 mg/dL) não pode ser considerado estático, pois a capacidade das bactérias de sintetizar proteína e capturar amônia dependem da taxa de fermentação de carboidratos (Van Soest, 1994). Preston & Leng (1989, citado por Freitas et al., 2003) indicaram valores entre 15 e 20 mg/dL de NNH₃ para o ótimo crescimento dos microrganismos ruminais em dietas com altos teores de fibra.

As concentrações médias de N-NH₃ foram 20,59; 20,49; 17,28 e 18,22 mg/100 mL de líquido ruminal para as doses de hidróxido de cálcio 0, 8, 16, 24 g/kg, respectivamente. Esses valores são próximos aos encontrados por Matos et al. (2003) e acima do nível ótimo de 10 mg/mL para máxima ocorrência de fermentação ruminal citado por Van Soest (1994). Porém, Mehrez et al. (1977) afirmaram que o máximo de atividade fermentativa ruminal seria obtida quando o N-NH₃ alcançaria valores entre 19 e 23 mg/mL de líquido ruminal.

Observa-se que os valores de N-NH₃ para os tratamentos com hidróxido de cálcio (8, 16 e 24 g/kg) duas horas pós-prandial apresentam valores próximos aos citados para a máxima fermentação. O tratamento sem hidróxido de cálcio (0 g/kg), antes de 3 horas pós-prandial apresentou valores acima de 25 mg/ mL de líquido ruminal de N-NH₃, indicando uma possível perda de Nitrogênio durante a fermentação inicial (0 a 3 horas). Tal fato sugere que o tratamento com hidróxido de cálcio em doses crescentes poderia potencializar a fermentação ruminal da cana-de-açúcar, melhorando seu aproveitamento pelo ruminante.

O NRC (1989) recomenda que, para que sejam observados níveis aceitáveis de digestibilidade ruminal da MS seja mantida uma concentração de amônia ruminal igual ou superior a 5 mg/dl. De acordo com o NRC (1985), as exigências de N-NH₃ estariam relacionadas à disponibilidade de substratos, à taxa de fermentação e à produção microbiana.

Matos et al. (2003), trabalharam com bovinos alimentados à base de cana-de-açúcar suplementada com farelo de arroz com dois níveis de consumo de 50,52 (nível baixo) e 78,75 (nível alto) g de matéria seca por quilograma do peso metabólico e os níveis de uréia de 1,0 e 1,5% na matéria natural e encontraram concentrações médias de N-NH₃ de 14,81, 17,42, 18,31, 24,24 mg/100mL de líquido ruminal, valores acima dos encontrados por Satter & Slyter (1974) para taxa máxima de crescimento microbiano.

Os valores máximos de concentração de N-NH₃ foram observados logo após o fornecimento da dieta, onde o pH apresentou tendência de declínio, indicando aumento na produção de AGV (Tabela 5).

No tempo de quatro horas após o fornecimento das dietas experimentais, foi o momento em que se observou os menores valores de pH, provavelmente em virtude da maior digestão microbiana, visto que neste horário os valores de N-NH₃ foram de 21,07; 16,85; 13,10 e 15,45 mg/100mL. Leng (1990) relatou que, em condições tropicais, são necessárias concentrações superiores a 10 mg/100mL para maximização da digestão ruminal da MS e concentrações superiores a 20 mg/mL para que ocorra a maximização do consumo.

De acordo com Moraes et al. (2008) o tratamento da cana-de-açúcar com óxido de cálcio (CaO) em três doses (0,0; 0,5 e 1,0%) não observaram efeito ($P>0,05$) sobre as concentrações de nitrogênio amoniacal no rúmen, assim como não houve interação tempos após fornecimento da dieta x tipo de tratamento da cana-de-açúcar x níveis de concentrado, porém os níveis de concentrado influenciaram a concentração de nitrogênio amoniacal do líquido ruminal, observando que as maiores concentrações de nitrogênio amoniacal ocorreram quando o concentrado for oferecido a 1% do peso corporal.

Os valores médios de N-NH₃ três horas após a alimentação, encontraram-se dentro da faixa de 15,0 a 20,0 mg/100 mL. Essas médias concordam com as citações de Mehrez et al. (1977), que sugeriram que a máxima atividade fermentativa ocorreria quando as concentrações de N-NH₃ estiverem entre 19 e 23 mg de N/100 mL de líquido ruminal. Van Soest (1994) relatou que o suprimento de N no rúmen promove o crescimento microbiano até o limite das exigências dos microrganismos, todavia, essa exigência estaria relacionada aos carboidratos fermentescíveis disponíveis, à produção de ATP e à eficiência de conversão em células microbianas.

A digestão dos ruminantes envolve constante atividade simbiótica dos microrganismos ruminais com hospedeiro, que são altamente susceptíveis às alterações

do meio, afetando não só a extensão da degradação dos componentes dos alimentos, mas também as quantidades e proporções dos produtos resultantes da ação destes. O principal fator limitante para digestão da fibra é o baixo teor de N-NH₃ devido à menor atividade bacteriana (Hoover & Stokes, 1991). De acordo com Church (1990), a maioria das bactérias é capaz de usar o N-NH₃ como única fonte de nitrogênio, devendo, portanto a dieta conter concentrações adequadas no rúmen, maximizando a atividade microbiana.

As bactérias celulolíticas usam praticamente apenas N-NH₃ como fonte N e sua capacidade fermentativa é menor na ausência de N-NH₃, uma vez que sua capacidade de usar N na forma de aminoácidos e peptídeos é bastante reduzida. Normalmente, a concentração de amônia ruminal varia com o tempo decorrido da alimentação, o local de amostragem no rúmen, o balanço entre proteína e energia na dieta, solubilidade e o nível de proteína da ração (Eardman et al., 1986).

Houve efeito da adição de hidróxido de cálcio nas concentrações médias de AGV entre os tempos zero hora, antes do fornecimento da dieta, até 12 horas após o fornecimento das dietas experimentais (Tabela 5).

Tabela 5. Médias e equações de regressão das concentrações (mM/mL) dos ácidos graxos voláteis (AGV) e da proporção acético:propiónico (C2:C3) no líquido ruminal, em diferentes tempos, antes (0 hora) e 12 horas após fornecimento da dieta, de bovinos recebendo dietas à base de cana-de-açúcar com diferentes doses (g/kg) de hidróxido de cálcio

AGV	Doses de hidróxido (g/kg)				Equação de regressão*	r ²
	0	8	16	24		
Acético	45,73	51,76	52,76	41,42	$\hat{Y} = 45,3629 + 1,48005*n - 0,0678809*n^2$	0,98
Propiónico	15,40	16,63	16,47	13,06	$\hat{Y} = 15,3070 + 0,345250*n - 0,018125*n^2$	0,98
Butírico	13,22	14,96	16,48	11,71	$\hat{Y} = 12,9165 + 0,572687*n - 0,025427*n^2$	0,86
Isobutírico	1,19	1,56	1,43	1,36	$\hat{Y} = 1,38$	NS
Valérico	2,04	2,09	2,09	2,04	$\hat{Y} = 2,06$	NS
Isovalérico	1,71	2,01	1,89	1,60	$\hat{Y} = 1,80$	NS
Total	79,51	89,01	90,99	71,01	$\hat{Y} = 78,7906 + 2,47008*n - 0,115166*n^2$	0,96
C2:C3	2,97	3,11	3,20	3,17	$\hat{Y} = 2,96487 + 0,024828*n - 0,0006738*n^2$	0,99

*P < 0,00001

A proporção molar dos ácidos graxos produzidos no rúmen e a relação proporção C2:C3 são propícias para comparar e predizer o valor nutritivo da dieta, em geral quando se diminui a proporção volumoso:concentrado diminui também a C2:C3, ao passo que, as doses de hidróxido de cálcio proporcionaram maiores proporções de

acetato, provavelmente estando relacionado com o aumento da digestibilidade da fração fibrosa da cana-de-açúcar proporcionada pelo hidróxido de cálcio.

Observou-se menores concentrações de AGV total para as doses 0 e 24 g/kg, podendo este fato estar relacionado a digestibilidade da MS e pela ingestão de alimento. Pode-se inferir que o padrão fermentativo destas doses produziu menores contribuições energéticas e, conseqüentemente, sugerir desempenhos produtivo inferiores.

Segundo Berchielli et al. (2006) sugeriram faixas de normalidade para as proporções molares de ácido acético entre 54 a 74 % e para o ácido propiônico, entre 16 a 27 %.

Ítavo et al. (2000) observaram efeito quadrático em função do tempo nos resultados de AGV, trabalhando com bagaço de laranja na dieta de ovinos. A proporção C2:C3 se deu também de forma quadrática estando dentro dos padrões apresentados por Teixeira & Teixeira (2001), que indicou que a proporção C2:C3 ideal estaria entre 2:1 e 4:1. Ao diminuir a proporção de volumoso de 70% para 40% em dietas de vacas secas, Rodrigues et al. (2000) observaram diminuição da proporção C2:C3 em 4,9%, não apresentando efeito significativo.

Concentrações ruminais de isovalerato e isobutirato são indicativos de fermentação de aminoácidos, que em altas concentrações, acumulam AGV, principal fator de redução do pH (Vargas et al., 2002).

Os carboidratos fermentados das dietas foram convertidos em 57,51; 58,15; 58,00 e 58,32% de ácido acético, 19,36; 18,68; 18,10 e 18,39% de ácido propiônico, 16,62, 16,80, 18,11 e 16,49% de ácido butírico e 2,56; 2,34, 2,29 e 2,87% de ácido valérico para as doses 0, 8, 16 e 24 g/kg, respectivamente, próximos das faixas apresentadas por Teixeira & Teixeira (2001), que quando os ruminantes são alimentados com dietas ricas em forragens a população microbiana do rúmen geralmente converte os carboidratos fermentados em 60 a 70% de ácido acético, 18 a 22% de ácido propiônico, 13 a 16% de ácido butírico e 2 a 4% de ácido valérico.

CONCLUSÕES

O hidróxido de cálcio em doses crescentes adicionados na cana-de-açúcar altera o pH ruminal, a concentração de nitrogênio amoniacal e na produção de ácidos graxos voláteis, potencializando a fermentação ruminal.

LITERATURA CITADA

- ALLEN, M.S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and requirement for physically effective fiber. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.7, p.1447-1462, 1997.
- BERCHIELLI, T.T., PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal:Funep. 2006. 583p.
- BERGMAN, E.N. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. **Physiology Review**, v.10, n.2, p.567-589, 1990.
- BURGI, R. **Produção do bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharumsp L.*) auto-hidrolisado e avaliação para ruminantes**. 1985. 61p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1985.
- CAMPOS, F.P.; NUSSIO, C.M.B.; NUSSIO, L.G. **Métodos de análises de alimentos**. Piracicaba: FEALQ, 2004. 135 p.
- CHURCH, D.C. 1979. **Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants**. Vol. 1 - Digestive Physiology. 3. ed. Oxford Press Inc. 350p.
- CRURCH, D. C. 1990. **The ruminant animal: digestive physiology and nutrition**. Englewood Cliffs: Waveland Press, 563p.
- EARDMAN, R.A., PROCTOR, G.H., VANDERSALL, J.H. Effect of rumen ammonia concentration on "in situ" rate and extent of digestion of foodstuffs. **Journal of Dairy Science**, v.29, n.9, p.2312-2320. 1986.
- FREITAS, S.G.; PATINO, H.O.; MÜHLBAC, P.R.F. et al. Efeito da Suplementação de Bezerros com Blocos Multinutricionais sobre a Digestibilidade, o Consumo e os Parâmetros Ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1508-1515, 2003.
- HOOVER, W.H., STOKES, S.R. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p. 3630-3644, 1991.
- ÍTAVO, L.C.V.; SANTOS, G.T.; JOBIM, C.C. et al. Avaliação da Silagem de Bagaço de Laranja com Diferentes Aditivos por Intermédio dos Parâmetros de Fermentação Ruminal de Ovinos e Contribuição Energética dos Ácidos Graxos Voláteis. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.5, p.1491-1497, 2000.
- ÍTAVO, L.C.V.; ÍTAVO, C.C.B.F. Parâmetros ruminais e suas correlações com desempenho, consumo e digestibilidade em ruminantes. ÍTAVO, L.C.V., ÍTAVO,

- C.C.B.F. (Orgs.) **Nutrição e ruminantes: aspectos relacionados à digestibilidade e ao aproveitamento de nutrientes**. Campo Grande: Editora UCDB, 2005. p.49-72.
- KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. Santa Maria:UFSM, 2002. 140p.
- MATOS, N. J. M.; CASTRO, A. C. G.; SILVA, J. F. C. et al. Níveis de ingestão de alimentos e de uréia em bovinos alimentados com dieta à base de cana-de-açúcar suplementada com farelo de arroz - efeitos sobre alguns parâmetros ruminais. **Revista Universidade Rural**, v. 23, n. 1, p.81-88, 2003.
- MEHREZ, A.Z.; ØRSKOV, E. R.; McDONALD, I. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. **British Journal of Nutrition**, v.38, n.3, p.437-443, 1977.
- MORAES, K.A.K. VALADARES FILHO, S.C.; MORAES, H.B.K. et al. Cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio fornecida com diferentes níveis de concentrado para novilhas de corte em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p.1293-1300, 2008.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 1985. **Ruminant nitrogen usage**. Washington D.C. 158p.
- OLIVEIRA, M.D.S.; SANTOS, J.; DOMINGUES, F.N. et al. Avaliação da cal hidratada como agente hidrolisante de cana-de-açúcar. **Veterinária Notícias**, v. 14, n. 1, p.9-17, 2008.
- OWENS, F.N.; GOETSCH, A.L. Ruminal fermentation. In: CHURCH, D.C. (Ed.). **The ruminant animal digestive physiology and nutrition**. Englewood Cliffs: Simon & Schuster, 1988. p.145-171.
- RODRIGUES, P.H.M.; LUCCI, C.S.; CASTRO, A.L. Efeitos da lasalocida sódica e proporção volumoso/concentrados sobre a fermentação ruminal em vacas secas. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, vol.37 n.3, 2000.
- SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. **British Journal of Nutrition**, v.32, n.2, p.199-208, 1974
- SILVA D. J. e QUEIROZ A. C. **Análise de alimentos. Métodos Químicos e Biológicos**. Viçosa, MG: UFV. 2002.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. 2. Carbohydrate and protein availability. **Journal Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.
- STROBEL, H.L., RUSSELL, J.B. Effect of pH and energy spilling on bacterial protein synthesis by carbohydrate-limited cultures of mixed rumen bacteria. **Journal of Dairy Science**, v.69, n.11, p.2941-2947, 1986.

- TEIXEIRA, J.C.; TEIXEIRA, L.F.A.C. **Princípios de nutrição de bovinos leiteiros**.
Textos acadêmicos, Lavras:UFLA/FAEP, 2001. 245p.
- VALADARES FILHO, J.C.; PINA, D.S. Fermentação ruminal. In: BERCHIELLI, T.T.;
PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds.). **Nutrição de ruminantes**. 1.ed. Jaboticabal:
Funep, 2006. p.151-182.
- VANZANT, E.S., COCHRAN R.C., JACQUES, K.A. et al. Influence of level of
supplementation and type of grain in supplements on intake and utilization of harvested,
early-growing-season bluestem-range forage by beef steers. **Journal Animal Science**,
v.68, p.1457-1464, 1990.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University
Press, 1994. 476p.
- ZEOULA, L.M.; CALDAS NETO, S.F.; BRANCO, A.F. et al. Mandioca e Resíduos das
Farinheiras na Alimentação de Ruminantes: pH, Concentração de N-NH₃ e Eficiência
Microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1582-1593, 2002.

VII. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de hidróxido de cálcio como aditivo na cana-de-açúcar *in natura* promove alterações significativas nas características nutricionais e qualitativas da cana-de-açúcar para alimentação de ruminantes.

Uma característica observada após a mistura das doses do hidróxido de cálcio na cana-de-açúcar *in natura* seria com a cor (amarelada) e o odor do volumoso tratado, porque é alterado logo após o momento da mistura. Outra característica observada, seria a redução da infestação de abelhas nas dietas tratadas com hidróxido de cálcio, visto que este problema, relacionado as abelhas, é frequente em propriedades que utilizam a cana-de-açúcar como fonte de volumoso no período de estiagem, para suplementação ou confinamento dos animais, o que provavelmente pode vir a reduzir o tempo de cocho e consequentemente o consumo dos animais.

O hidróxido de cálcio proporcionou efeito na conservação do pH da cana-de-açúcar após o corte e mistura possibilitando menores perdas na qualidade da cana-de-açúcar, evitando fermentações indesejáveis do alimento durante o consumo dos animais e facilita o manejo do produtor rural na diminuição do número de cortes da cana-de-açúcar no para fornecimento aos animais, assim como para mão-de-obra. Outro aspecto seria relacionado à redução da infestação por abelhas no cocho, devido ao teor de açúcar da cana, o que pode ocasionar redução no consumo.

Há uma relação direta entre o nível de hidróxido de cálcio no processo de termodecomposição da cana-de-açúcar, bem como um aumento na energia liberada pela

cana-de-açúcar quando se incluiu o aditivo. Sugerem-se mais estudos da técnica para aplicação na avaliação de alimentos para ruminantes.

O hidróxido de cálcio em níveis crescentes pode potencializar a fermentação ruminal da cana-de-açúcar, melhorando o aproveitamento pelos ruminantes, através do consumo e da digestibilidade dos nutrientes da dieta, favorecendo o crescimento microbiano e a concentração de AGV. O uso de hidróxido de cálcio, com objetivo de hidrolisar parcialmente frações fibrosas da parede celular, pode influenciar positivamente os parâmetros ruminais dos ruminantes. Recomendam-se doses entre 12 e 14 g de hidróxido de cálcio por kg de cana-de-açúcar na dieta de bovinos.