

FABIANA LANA DE ARAÚJO

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DA CANA-DE-AÇÚCAR  
DESIDRATADA OU TRATADA COM HIDRÓXIDO DE CÁLCIO**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa, como  
parte das exigências do Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia, para  
obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL

2008

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

A633c  
2008

Araújo, Fabiana Lana de, 1979-

Caracterização química da cana-de-açúcar desidratada  
ou tratada com hidróxido de cálcio / Fabiana Lana de Araújo.  
– Viçosa, MG, 2008.  
x, 44f.: il. ; 29cm.

Orientador: Augusto Cesar de Queiroz.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Cana-de-açúcar - Desidratação. 2. Cana-de-açúcar -  
Hidrólise. 3. Cana-de-açúcar como ração. I. Universidade  
Federal de Viçosa. II. Título.

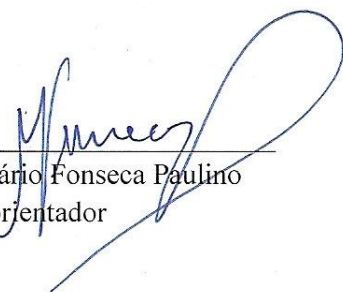
CDD 22.ed. 633.61

FABIANA LANA DE ARAÚJO

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DA CANA-DE-AÇÚCAR  
DESIDRATADA OU TRATADA COM HIDRÓXIDO DE CÁLCIO**


Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa, como  
parte das exigências do Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia, para  
obtenção do título de *Magister Scientiae*.

**APROVADA: 28 de julho de 2008**



---

Prof. Mário Fonseca Paulino  
Co-orientador



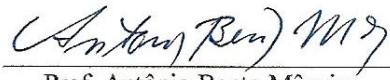
---

Prof. Edenio Detmann  
Co-orientador




---

DSc. Lara Toledo Henriques



---

Prof. Antônio Bento Mâncio



---

Prof. Augusto Cesar de Queiroz  
Orientador

Ao Amigo e Irmão José Mauro Sousa de Faria (Zé Mauro Tatu), o maior exemplo de força de vontade, dignidade, amor ao próximo e vontade de viver que já presenciei em todos esses anos vividos.

**Dedico**

## **Agradecimentos**

A Deus por tudo.

A Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Zootecnia pela oportunidade de realização deste curso.

A Conselho Nacional de Pesquisa (CNPQ), pela concessão da bolsa de estudo.

A meus pais, irmãos, cunhada e sobrinho pelo carinho, apoio e compreensão.

A meus avós pelo carinho e pelo exemplo de vida e dignidade para com o próximo.

A meus primos pelo apoio, especialmente a Denise (Bolinha) pela amizade e companheirismo.

Aos poucos, porém sinceros, amigos de infância que sempre se fizeram presentes, independente da distância, incentivando para que eu não parasse de caminhar.

Aos “amigos-irmãos” Márcio Bissoli e Luciene Lignani pelo apoio e incentivo.

Ao Prof. Augusto pela orientação, pelo zelo e carinho com que aceitou este desafio.

Ao Prof. Evandro de Castro Melo pelo apoio e por disponibilizar o aparelho desidratador para a realização deste trabalho.

Ao Prof. Márcio Henrique Pereira Barbosa por disponibilizar a cana-de-açúcar para a realização deste trabalho e aos funcionários da Usina Jatiboca, pelo esforço e pelo cuidado em preparar o material que foi utilizado no experimento.

Ao Prof. Edenio Detmann pelo valioso auxílio durante esta etapa.

A DSc. Lara Toledo pela ajuda e paciência na hora do desespero e pela valiosa contribuição no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Mário Paulino pelos ensinamentos, pelos valiosos conselhos durante minha formação e por sempre me lembrar do avanço do “Trem da história”.

Ao Prof. Sebastião Valadares pelos ensinamentos e pelo apoio durante a fase de experimento e pelo exemplo de profissional!

Aos demais professores do DZO pelos ensinamentos a mim transmitidos e pela formação profissional.

Aos Amigos José Geraldo (Zezé), Marcelo Cardoso e Natanael (Pum) pelo apoio imprescindível na parte de campo do experimento.

A Fernanda (Iraci) pelos incontáveis lanches, cocas e chocolates do horário do almoço, por me informar de meu estado de humor desnecessário e pelo apoio, incentivo e valiosos conselhos.

Aos funcionários do DZO (Artur, Sr. Geraldo, Francisco, Ludovico, Venâncio, Cleone, Celeste, Rosana, Márcia, Mário (Macarrão), Elenice, Edson, Aparecida (Supimpa) e Adilson) pelo apoio e incentivo.

Aos amigos de graduação: Rafael (Tiburga), Gledson (Cowboy) e Márcia (Marcinha Gooooorda) por me escutarem nos momentos de desespero e por me ajudar a perceber meus limites e minhas capacidades.

Às amigas Renata Branco (Tia Rê), Carla Rodrigues (Maria), Miriam (Lady), Morgana (Lady) e Mariana (Pirua) pelo apoio moral mesmo distante.

Aos companheiros de experimento, laboratório e demais atividades curriculares e extra-curriculares: Nahia Agote, Verônica Schinaider (Trocim), João Paulo (Toquinho), Mozart, Marcos (Fedido), Cláudia (Nega), Victor Resende (Delegado Anão), Ivanna, Monique (Cuia), Cesar Filho (Cesinha), Marjorrie, Karina Zorzi, Luísa Melville, Igor Canisso (o dos Cavalos), Clarindo, Alberto Santiago e Iara Santiago, ainda bem que vocês estavam por aqui!!!

Ao Prof. Ciro Torres por permitir que eu utilizasse as dependências do Laboratório de Reprodução Animal e a Elenice Andrade (Elenaice) por emprestar-me as chaves.

A amiga Karla Magalhães (Pamonha) pelos ensinamentos, pelo apoio e pela paciência.

Ao Prof. José Augusto (Zé), Douglas Pina, André Soares e Marcos (Fedido) pelo socorro!!!

Aos alunos de graduação Jorge, Tatiane, Camila, Matheus (Caniquinha), Marina, Laura, André Maurik, Camila, Amália, Grá (Forragem), Rosana (Rosca) pela ajuda nas mais diversas etapas do trabalho.

Aos funcionários dos Laboratórios de Nutrição Animal e Forragicultura do DZO/UFV, pela disposição com que sempre me ajudaram.

Ao Wellington (WPC), pela amizade, paciência, respeito e pelo auxílio indispensável durante a realização das análises laboratoriais. Agradeço por cada minuto de atenção a mim concedido, por cada potinho emprestado, por cada litro de soluções preparado (e não foram poucos), meu mais sincero agradecimento!

## **Biografia**

FABIANA LANA DE ARAÚJO, filha de José Maria Fernandes de Araújo e Maria Aparecida Lana de Araújo, nasceu em Viçosa, Minas Gerais, em 18 de janeiro de 1979.

Em julho de 2005, graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa.

Em outubro de 2006, iniciou o Curso de mestrado em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Ruminantes, submetendo-se à defesa de dissertação em 28 de julho de 2008.

## Conteúdo

Resumo .....	vii
Abstract.....	ix
Introdução Geral.....	1
Referências Bibliográficas.....	5
Capítulo 1: Caracterização química e degradação <i>in vitro</i> de carboidratos totais por meio da técnica de produção de gases da cana-de-açúcar desidratada.....	7
Resumo .....	7
Abstract.....	8
Introdução .....	9
Objetivos.....	11
Material e Métodos.....	11
Resultados e Discussão.....	14
Conclusões .....	22
Referência Bibliográfica.....	23
Capítulo 2: Composição química e simulação da cinética de degradação <i>in vitro</i> dos carboidratos totais através da técnica de produção de gases da cana-de-açúcar tratada com diferentes níveis de óxido de cálcio submetidos a diferentes tempos de armazenamento. ....	25
Resumo .....	25
Abstract.....	27
Introdução .....	28
Objetivos.....	30
Material e Métodos.....	30
Resultados e Discussão.....	32
Conclusões .....	42
Referência Bibliográfica.....	42

## Resumo

ARAÚJO, Fabiana Lana de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Julho, 2008.  
**Caracterização química da cana-de-açúcar desidratada ou tratada com hidróxido de cálcio.** Orientador: Augusto Cesar de Queiroz. Co-Orientadores: Mário Fonseca Paulino e Edenio Detmann.

O presente trabalho foi desenvolvido nas dependências do no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa no período de Outubro de 2007 a Fevereiro de 2008. Dois experimentos foram realizados, no primeiro experimento teve por objetivo avaliar através da análise química e degradação *in vitro*, com base na cinética de produção de gases, a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) in natura e desidratada com diferentes tamanhos de partículas e temperaturas de secagem. Trezentos quilogramas de cana-de-açúcar integral (planta inteira) foram picadas em dois diferentes tamanhos de partículas (1,0-3,0 e > 4,0 cm) e desidratadas sob duas temperaturas (50 e 60 °C por 48 horas em peso constante) em um protótipo de estufa de desidratação, com ventilação forçada e controle digital de temperatura. Após a desidratação, a cana-de-açúcar desidratada foi ensacada e armazenada em ambiente natural coberto por 0, 60 e 120 dias. O delineamento utilizado foi blocos casualizados sendo os blocos caracterizados pelas semanas de desidratação. Sub-amostras da cana-de-açúcar in natura e desidratada e armazenada foram analisadas para determinação de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido corrigida para cinzas e proteína (FDAcp), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), lignina (LIG), fibra indigestível insolúvel em detergente neutro (FDNi), e avaliação da degradação *in vitro* carboidratos totais (CHOT), com base na cinética de produção de gases, da cana-de-açúcar desidratada. O processo de desidratação e armazenamento não alterou os componentes químicos e a degradação *in vitro* dos carboidratos totais, conseqüentemente o valor nutricional quando comparado a cana *in natura*. No segundo experimento, teve por objetivo avaliar através da análise químicos e degradação *in vitro*, com base na cinética de produção de gases, a cana-de-açúcar submetida ao tratamento com óxido de cálcio (CaO) e sob diferentes tempos de tratamento. Trezentos quilos de

cana-de-açúcar integral picada foram submetidos a diferentes níveis de tratamento de CaO (0,0; 0,75 e 1,5% na MN) e diferentes tempos de tratamento (0, 24 e 48, 72 horas), em um delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 3x4. Sub-amostras foram analisadas para a determinação MS, MM, PB, EE, FDNcp, FDAcp, FDNi, PIDN, PIDA, LIG, e avaliação da degradação *in vitro* carboidratos totais (CHOT), com base na cinética de produção de gases, da cana-de-açúcar tratada. Houve aumento nos teores MS, MM, PB e FDNi e redução nos teores de FDN e FDNcp da cana-de-açúcar tratada, que aumentaram com os níveis de tratamento e tempo de tratamento com CaO. Observou-se aumento no teor de FDAcp nas primeiras 24 horas e uma queda brusca após decorrido este tempo. Houve uma melhora na eficiência de degradação *in vitro* dos CHOT da cana-de-açúcar tratada com CaO até o tempo de tratamento de 24 horas. Posteriormente a este intervalo de tempo, a eficiência de degradação *In vitro* dos CHOT da cana-de-açúcar tratada com CaO foi inferior ao valor de referência da cana-de-açúcar *in natura*. Dentro os níveis avaliados, o nível de 0,75% CaO foi o que apresentou melhor eficiência de degradação *In vitro* dos CHOT da cana-de-açúcar para os diferentes tempos de tratamento. O processo tratamento da cana-de-açúcar com CaO permite a redução dos teores de FDN, FDNcp e FDA, sem nenhuma alteração dos níveis de lignina. O nível de 1,5% de CaO, para o tempo de 24 horas de tratamento, foi mais eficiente para o volume de produção de gases e na degradação *In vitro* dos CHOT da cana-de-açúcar e o nível de 0,75 % de CaO, para o tempo de 48 horas de tratamento, foi mais eficiente para o volume de produção de gases e degradação *In vitro* dos CHOT da cana-de-açúcar.

## Abstract

ARAÚJO, Fabiana Lana de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2008.  
**Chemical characterization of sugar cane dehydrated or treated with calcium hydroxide.** Advisor: Augusto César de Queiroz. Co-Advisors: Mario Fonseca Paulino and Edenio Detmann.

This study was conducted in facilities of Departamento de Zootecnia of Universidade Federal de Viçosa in the period from October 2007 to February 2008. Two experiments were conducted, in the first experiment the objective was to evaluate through chemical analysis and *In vitro* degradation, based on gas production kinetics, the sugar cane (*Saccharum officinarum* L.) *In natura* and dehydrated with different particles sizes of and dehydration temperatures. A total of 300kg of integral sugar cane (whole plant) were chopped in two different particles sizes (1,0-3,0 and > 4.0 cm) and dehydrated under two temperatures (50 and 60 C for 48 hours until constant weight) in a prototype of dehydration oven with forced air and digital control of temperature. After dehydration, the dehydrated sugar cane was bagged and stored in covered natural environment by 0, 60 and 120 days. A completely randomized block design, characterized by weeks of dehydration, was used. Sub-samples of sugar cane *In natura* and dehydrated and stored were analyzed for determination of dry matter (DM), ash, crude protein (CP), ether extract (EE), neutral detergent fiber corrected for ash and protein (NDFap), acid detergent fiber corrected for ash and protein (ADFap), neutral detergent insoluble protein (PIDN), acid detergent insoluble protein (PIDA), lignin (LIG), insoluble indigestible neutral detergent fiber (NDFi), and evaluation of *In vitro* total carbohydrates (CHOT) degradation, based on gas production kinetics of dehydrated sugar cane. The process of dehydration and storage did not alter the chemical components and *In vitro* degradation of CHOT, consequently the nutritional value as compared with sugarcane *In natura*. In the second experiment, the objective was to evaluate through chemical analysis and *In vitro* degradation, based on gas production kinetics, the sugar cane *In natura* submitted to treatment with calcium oxide (CaO) and under different times of treatment. A total of 300 kg of chopped integral sugar cane were submitted to different levels of CaO treatment (0.0, 0.75 and 1.5% as fed) and different treatment times (0, 24 and 48, 72 hours), in a completely randomized

design in 3x4 factorial arrangement. Sub-samples were analyzed to determine DM, ash, CP, EE, NDFap, ADFap, NDFi, PIDN, PIDA, LIG, and evaluation of *in vitro* degradation of CHOT, based on gas production kinetics, of the treated sugar cane. There was an increase in DM, ash, CP and NDFi levels and reduction of NDF and NDFap levels of sugar cane, which increased with the levels of treatment and treatment time with CaO. There was an increase in the content of ADFap the first 24 hours and a sharp drop after this time. There was an improvement in the efficiency of *In vitro* CHOT degradation of sugar cane treated with CaO until 24 hours treatment time. Subsequent to this interval, the efficiency of *In vitro* CHOT degradation of sugar cane treated with CaO was lower than the reference value of sugar cane *In natura*. Within the levels evaluated, 0.75% level of CaO was the most efficient of *In vitro* CHOT degradation sugar cane for the different treatment times. The process of treatment of sugar cane with CaO allows reducing of NDF, ADF and NDFap levels, without any changes in lignin levels. The level of 1.5% CaO, at treatment time of 24 hours, was most effective for gas production volume and *In vitro* CHOT degradation of sugar cane and the level of 0.75% of CaO for the treatment time of 48 hours of, was most effective for the gas production volume and *In vitro* CHOT degradation of sugar cane.

## Introdução Geral

A utilização da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L) como uma alternativa para suplementação volumosa de rebanhos já vem de longa data. Levantamentos realizados na década de 1950 relataram que 75% dos estabelecimentos produtores de leite adotavam esta forragem na alimentação dos rebanhos. Mais recentemente, a cana-de-açúcar vem assumindo papel fundamental nos confinamentos para terminação de bovinos de corte, por apresentar elevada produtividade, variando de 80 a 250 toneladas por hectare; associado ao baixo custo de produção por unidade de peso de matéria seca (MS) produzida; manutenção do valor nutritivo por aproximadamente 6 meses após maturação e a época de colheita coincidir com o período de escassez de forragem nas pastagens.

No que diz respeito à produção pecuária, o Brasil detém o maior rebanho comercial bovino do mundo, sendo este estimado em 200 milhões de cabeças. Embora grande parte deste rebanho seja explorada em regime de pasto com ciclos produtivos superiores a 48 meses, tanto para animais destinados a produção de leite quanto de corte, devemos atentar para o fato de que as pastagens brasileiras, em sua maioria, não atendem a demanda de produção de alimento de forma satisfatória durante todo o ano. Visando atender esse déficit alimentar, em muitas regiões do país, os produtores adotam a prática de suplementação volumosa de forma a reduzir a perda de peso durante os períodos mais críticos do ano.

Sendo assim, nos períodos de escassez de alimento que a cana-de-açúcar tem se mostrado como uma alternativa bastante interessante, pois apresenta elevada produtividade, sendo superior, em único corte, às alternativas já conhecidas, tais como o milho, o sorgo e demais espécies destinada à alimentação animal, apresentando menor custo de produção por unidade de peso produzida, e se encontra em estado de maturidade ideal para a colheita no período em que a oferta de alimento volumoso proveniente do pasto encontra-se de forma mais limitada.

No que diz respeito à qualidade de alimento a cana-de-açúcar, pode-se afirmar que se trata de um alimento de elevado teor energético, rico em carboidratos solúveis. Em contrapartida apresenta elevados teores de fibra indigestível e baixos teores de proteína.

Com relação à cadeia produtiva da cana-de-açúcar aliada a cadeia produtiva da bovinocultura, quer seja ela de corte ou de leite, pode-se observar que o setor pecuário vem passando por transformações de forma a torná-lo mais dinâmico e eficiente e os índices produtivos são o reflexo desta eficiência produtiva. A produção pecuária no ano de 2007 apresentou crescimento modesto na casa dos 4,3% superior em relação ao ano de 2005 que foi de 171 milhões de cabeças (ANUALPEC, 2007).

Visando melhoras de produtividade e eficiência da pecuária, deve-se ter em mente que a capacidade das pastagens brasileiras de sustentar o rebanho é de aproximadamente 172 milhões de cabeças, ou seja, ainda há uma parcela considerável do rebanho que tem a necessidade de ser suplementado. Aliados ao fator anteriormente citado têm o efeito sazonalidade da produção de alimentos que merece atenção e deve ser contabilizada uma vez que não se consegue uma produção constante de alimento volumoso ao longo de todo o ano.

Apesar de sua expressiva participação na economia do país, a pecuária de corte ainda apresenta índices zootécnicos e econômicos aquém do potencial que se pode atingir. Como a grande maioria dos animais é mantida em condições de pastejo, a degradação das pastagens, observada de forma bastante pronunciada na região do Brasil Central, é apontada como uma das principais causas da baixa produtividade do rebanho bovino nacional.

O complexo agroindustrial da carne bovina é caracterizado por ser um sistema ainda muito heterogêneo, principalmente no que diz respeito à produção em sua unidade básica, a fazenda. Dentre os diversos fatores considerados podem ser listados desde as especificidades regionais até problemas sanitários, passando pela ação informal de diversos agentes aliado ao elevado custo do produto final reflete no baixo consumo interno e no que diz respeito ao mercado externo, é prejudicado por medidas protecionistas tais como subsídios, sendo o que ocorre principalmente por parte de países desenvolvidos.

Aliado a estes fatores deve-se considerar ainda que o fator de produção representado pela alimentação corresponda a aproximadamente 70% do custo de produção na atividade pecuária.

Por outro lado, o rebanho brasileiro com aptidão leiteira, de acordo com o ANUALPEC (2007) encontra-se por volta de 33.990.063 animais distribuídos pelas cinco regiões do Brasil, sendo que o número de vacas leiteiras encontra-se próximo de

14,5 milhões de cabeças, e com produção de 25,4 milhões de litros no ano de 2006. Em média estes animais produzem 6,51 litros de leite/dia, o que classifica como sendo muito baixo.

De acordo com GOMES (2006), o quadro da atividade pecuária do estado de Minas Gerais, apresenta 16,91% dos produtores com capacidade de produção acima de 500 litros de leite/dia, sendo estes responsáveis por aproximadamente 62,29% da produção de leite de todo o estado.

Assim, embora se tenha conhecimento da existência de grandes unidades de produção de leite (leiterias) de elevado nível tecnológico, o Brasil ainda tem grande parte de sua produção de leite originária de propriedades com nível tecnológico de médio a baixo, o que ilustra bem a necessidade de se buscar estratégias que auxiliem na amenização do efeito da sazonalidade da produção de forragens e conseqüentemente, reflitam direta ou indiretamente em índices produtivos melhores.

Com isso, a atividade pecuária deve buscar alternativas para obter maior eficiência econômica e produtiva, ou seja, buscar aumentos de produtividade, redução de custos, oferta de produtos de qualidade e, aumento de renda, de forma a permitir sua sobrevivência no competitivo mercado mundial.

Visando melhorar a eficiência produtiva a partir do suprimento do déficit de oferta de alimento nas áreas de pastagens degradadas, pode-se contar com espécies forrageiras de elevado potencial produtivo, que permitam contornar o efeito sazonalidade de produção de volumosos.

Atualmente o Brasil é o maior produtor mundial de açúcar e álcool, e possui a maior área cultivada de cana-de-açúcar do mundo (5,5 milhões de hectares), com uma produção de aproximadamente 420 milhões de toneladas. Estimativas futuras indicam um crescimento de aproximadamente 5% ao ano em área colhida e em produção nos próximos dez anos. Para o ano de 2010, estima-se uma produção de aproximadamente 500 milhões de toneladas, em 6,5 milhões de hectares (AGRIANUAL, 2005).

GOMES em (2006) relatou que a maioria dos produtores de leite do Estado de Minas Gerais faz uso da cana-de-açúcar como sendo fonte de suplementação volumosa. Sendo que, em média, 68,77% dos produtores com produção média acima de 500 quilogramas de leite/dia fazem uso desta tecnologia como forma de suplementar seus animais durante o período da seca.

Dentre os diversos motivos que possam vir a contribuir para a utilização da cana como alternativa forrageira para a suplementação animal, destaca-se por ser de fácil cultivo, a produção no período de maior escassez de forragens verdes, a boa aceitação pelos animais e a alta produção por hectare justificando assim a sua popularidade. Entretanto, de acordo com LENG (1988), a cana-de-açúcar como alimento básico para ruminantes, apresenta limitações de ordem nutricional, devido aos baixos teores de proteína, minerais e precursores gliconeogênicos e ao alto teor de fibra de baixa degradação ruminal. Segundo LENG (1990), uma deficiência de minerais reduz a eficiência de crescimento microbiano no rúmen, com ou sem diminuição na digestibilidade, sendo que alguns minerais são essenciais, como fósforo, enxofre e magnésio. Sendo assim, a cana como fonte de alimento exclusivo para ruminantes tem como foco principal atender as exigências de manutenção de forma a não permitir que o animal perca peso durante o período seco. Tal fato pode ser observado quando se faz necessário a introdução da cana-de-açúcar no plano nutricional do rebanho, sendo esta ofertada para as categorias menos exigentes, tais como vacas secas, de forma que não irá proporcionar nenhum incremento de peso, mas também não permitirá perdas acentuadas.

Diversas são as opções de manejo visando conservar o alimento picado antecipadamente e que tenha como foco principal manutenção dos níveis nutricionais como a ensilagem e/ou hidrólise da cana-de-açúcar de forma que possa ser utilizado com o objetivo de atender, pelo menos, a exigência de manutenção dos animais.

Porém, estas estratégias não têm se mostrado tão eficientes em manter a qualidade da cana-de-açúcar, mas já há algum tempo vem sendo adotada como ferramenta para viabilizar o uso da mão-de-obra na propriedade, de forma a não se haver necessidade de cortar a cana diariamente e aumentando assim seu tempo de conservação.

Em caso de queimadas espontâneas ou acidentais ou até mesmo queimada por frio de parte ou do canavial como um todo, este deve ser utilizado mais prontamente, uma vez que ocorre a conversão da sacarose e o consumo de carboidratos no processo de respiração.

Dentre as diversas práticas de conservação deste material sem que haja perdas consideráveis tanto de nutrientes quanto de MS, estudos realizados por MUÑOZ (1987) mostraram que o processo de desidratação para produção de solicana foi satisfatório para a situação em que o estudo se encontrava inserido. Porém o destino dado, por

GONZALEZ (1992), a cana-de-açúcar desidrata foi compor suplementos energéticos em substituição aos cereais que eram utilizados, além de permitir a redução de custo com alimentação dos animais.

Posteriormente aos estudos realizados por Muñoz e Gonzalez, SILVEIRA (2001) realizou um trabalho no qual foi desenvolvido um protocolo do procedimento de secagem de alimentos para animais ao sol. Neste trabalho o autor utilizou uma mistura de bagaço de cana-de-açúcar e resíduos líquidos e uréia, submetendo todo este material a exposição ao sol por período de três dias e com viradas freqüentes para que o material não sofresse efeitos do processo de fermentação. O produto final deste processo foi denominado Garanver.

Outro processo de conservação de alimentos e o mais comumente adotado por produtores e técnicos é o processo de ensilagem tem se mostrado como uma alternativa no armazenamento deste material, porém o elevado teor de carboidratos solúveis e a grande população de leveduras epífitas iniciam o processo de fermentação alcoólica quando este material é ensilado, causando perdas excessivas de MS e de valor nutritivo da forragem. Embora haja uma demanda crescente de informações sobre ensilagem de cana-de-açúcar, observa-se reduzido desenvolvimento científico em relação ao uso de aditivos de forma a controlar a produção indesejável de etanol bem como o aumento da estabilidade aeróbica deste tipo de silagem conforme afirmou PEDROSO (2003).

Estudos realizados ao longo dos últimos anos têm demonstrado que o processo de ensilagem contabiliza perdas de aproximadamente 30% do teor de açúcares totais quando comparado com a cana fresca e teor alcoólico de 5,5% superior na MS da silagem segundo PEDROSO (2003).

### **Referências Bibliográficas**

- AGRIANUAL 2005 – **Anuário da agricultura brasileira**. FNP Consultoria e Comércio, São Paulo, 2005. 359 p.
- ANUALPEC 2007 – **Anuário da pecuária brasileira**. FNP Consultoria e Comércio, São Paulo, 2007.
- BACCHI, O. O. S., Botânica da cana-de-açúcar. In: **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. ORLANDO FILHO, J.; Piracicaba: IAA/PLANASUCAR, 1983; p. 2-37.

- GOMES, S. T.; **Diagnóstico da pecuária Leiteira do Estado de Minas Gerais em 2005**; Relatório de Pesquisa – Belo Horizonte: FAEMG, 2006; 156 p.
- GONZALEZ, F.; MUÑOZ, E.; MAYDA PAEZ. Efecto de la substitución del cereal del pienso por Solicana em terneros em crecimiento. **Revista Cubana de Ciência Agrícola**, La Habana, v.26, p. 155-162, 1992.
- LENG, R. A. Factors affecting the utilization of ‘poorquality’ forages by ruminants particularly under tropical conditions. **Nutrition Research Reviews**, Wallingford, v.3, p.277-303, 1990.
- LENG, R. A. Limitaciones metabolicas en la utilización de la caña de azucar y sus derivados para el crecimiento y producción de leche en ruminantes. In: PRESTON, T. R.; ROSALRS, M. (Ed.). **Sistemas intensivos para La producción animal y de energia renovable com recursos tropicales**. Cali: CIPAV, 1988. p.1-24.
- MUÑOZ, E. Solicana, um nuevo producto de La caña de azúcar integral para elaborar piensos. **Revista de Ciência Animal**, La Habana, Cuba, 1987.
- PEDROSO, A. F.; **Aditivos Químicos e microbianos no controle de perdas e na qualidade de silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. Piracicaba, SP. ESALQ, 2003. 120 p. Tese (Doutorado em Agronomia: Ciência Animal e Pastagens). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- SILVEIRA, G. S.; CRUZ, L. E.; PALMA, P. L. F. Procedimiento para el secado al sol de um alimento para animales (GARAVER) a partir de resíduos industriales de La caña de azúcar. **Revista de Producción Animal**. Cuyo Argentina, v.13, p. 5-8, 2001.

## Capítulo 1

### **Caracterização química e degradação *in vitro* de carboidratos totais por meio da técnica de produção de gases da cana-de-açúcar desidratada.**

**Resumo** - Objetivou-se com este experimento avaliar através da análise química e degradação *in vitro*, com base na cinética de produção de gases, a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) in natura e desidratada com diferentes tamanhos de partículas e temperaturas de secagem. Trezentos quilogramas de cana-de-açúcar integral (planta inteira) foram picadas em dois diferentes tamanhos de partículas (1,0-3,0 e > 4,0 cm) e desidratadas sob duas temperaturas (50 e 60 °C por 48 horas em peso constante) em um protótipo de estufa de desidratação, com ventilação forçada e controle digital de temperatura. Após a desidratação, a cana-de-açúcar desidratada foi ensacada e armazenada em ambiente natural coberto por 0, 60 e 120 dias. O delineamento utilizado foi blocos casualizados sendo os blocos caracterizados pelas semanas de desidratação. Sub-amostras da cana-de-açúcar in natura e desidratada e armazenada foram analisadas para determinação de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido corrigida para cinzas e proteína (FDAcp), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), lignina (LIG), fibra indigestível insolúvel em detergente neutro (FDNi), e avaliação da degradação *in vitro* carboidratos totais (CHOT), com base na cinética de produção de gases, da cana-de-açúcar desidratada. O processo de desidratação e armazenamento não alterou os componentes químicos e a degradação *in vitro* dos carboidratos totais, conseqüentemente o valor nutricional quando comparado a cana *in natura*.

**Chemical characterization and *In vitro* total carbohydrates degradation based on gas production kinetics of sugar cane dehydrated.**

**Abstract** –The objective of this experiment was to evaluate through chemical analysis and *In vitro* degradation, based on gas production kinetics, the sugar cane (*Saccharum officinarum* L.) *In natura* and dehydrated with different particles sizes of and dehydration temperatures. A total of 300kg of integral sugar cane (whole plant) were chopped in two different particles sizes (1,0-3,0 and > 4.0 cm) and dehydrated under two temperatures (50 and 60 C for 48 hours until constant weight) in a prototype of dehydration oven with forced air and digital control of temperature. After dehydration, the dehydrated sugar cane was bagged and stored in covered natural environment by 0, 60 and 120 days. A completely randomized block design, characterized by weeks of dehydration, was used. Sub-samples of sugar cane *In natura* and dehydrated and stored were analyzed for determination of dry matter (DM), ash, crude protein (CP), ether extract (EE), neutral detergent fiber corrected for ash and protein (NDFap), acid detergent fiber corrected for ash and protein (ADFap), neutral detergent insoluble protein (PIDN), acid detergent insoluble protein (PIDA), lignin (LIG), insoluble indigestible neutral detergent fiber (NDFi ), and evaluation of *In vitro* total carbohydrates (CHOT) degradation, based on gas production kinetics of dehydrated sugar cane. The process of dehydration and storage did not alter the chemical components and *In vitro* degradation of CHOT, consequently the nutritional value as compared with sugarcane *In natura*.

## Introdução

A cultura da cana-de-açúcar após incentivos do programa Pro-álcool se modernizou quanto às técnicas de cultivo e no lançamento de novas variedades com maior potencial produtivo de biomassa e maiores teores de açúcar. Conseqüentemente, também ocorreu a expansão da cultura para regiões onde a atividade pecuária era considerada tradicional surgindo assim oportunidade para que esta espécie vegetal fosse utilizada na alimentação animal.

Conforme afirmou PEDROSO (2003), a alimentação animal tem se mostrado como destino alternativo para a cana-de-açúcar quando ocorrem reduções nos preços do álcool e do açúcar, exigindo que os produtores reduzam a oferta da matéria prima para as usinas acarretando em liberação de glebas para outras culturas mais rentáveis. Diante dessa situação e visando retirar as sobras da cultura de cana do campo para que as mesmas não venham a rebrotar e tornar-se um produto de baixa qualidade, estando sujeita ao acamamento que dificultaria a colheita, direciona-se o produto cana para a alimentação animal, sendo utilizada principalmente em confinamentos de gado de corte.

Segundo SILVA (1993), a cana-de-açúcar apresenta dentre diversas características desejáveis a elevada produção de matéria natural por unidade de área (80 a 150 toneladas/ha), baixo custo de produção por tonelada de matéria seca (MS), manutenção do valor nutritivo por até seis meses após maturação. Aliado a estes fatores anteriormente citados deve ser considerado o fato de que esta espécie forrageira apresentar um dos maiores potenciais de produção de MS e energia, por unidade de área, em único corte, atingindo produções de nutrientes digestíveis totais (NDT) de 15 a 20 toneladas por hectare, conforme afirmou LIMA & MATTOS (1993).

Porém, quando utilizada como alimento exclusivo para ruminantes, a cana-de-açúcar apresenta limitações importantes nutricionalmente, como o desequilíbrio de nutrientes, tais como, baixos teores de PB e minerais. A ingestão voluntária de MS e a utilização de energia digerida segundo BOIN & TEDESCHI (1993) são relativamente baixas embora sua digestibilidade seja considerada intermediária (54 a 65% da MS).

No que tange o fator conservação de plantas forrageiras, destaca-se o processo de ensilagem, que consiste basicamente em acondicionar a forragem *in natura* picada em pequena espessura (3 a 4 mm) devidamente compactada, em local seco e em ausência de oxigênio. Porém, SCHIMITD (2004) afirma que este processo tem apresentado perdas consideráveis de nutrientes e MS; onde valores próximos de 30% de perdas de

MS. Contudo para minimizar tais perdas, o produtor pode investir em inoculantes bacterianos para melhorar os índices produtivos do processo de ensilagem, muito embora o custo com tal técnica seja alto.

Por outro lado, o processo de desidratação, também muito utilizado por produtores, tem como objetivo aumentar o tempo de armazenamento da produção de alimento volumoso excedente durante o período de maior produção deste, e apresenta bons resultados. Isso se deve ao fato de que durante o processo de desidratação, quer seja ele realizado naturalmente ou quer seja com auxílio de secadores/desidratadores, o produto obtido ao final do processo apresenta teores de nutrientes mais próximos do material *in natura*, o que torna o processo de desidratação bastante interessante.

Conforme observado em trabalhos realizados por MUÑOZ (1987), GONZALEZ (1992) e SILVEIRA (2001) em que os autores buscavam uma prática de processamento do alimento cana-de-açúcar bem como seus co-produtos que permitisse o aumento do tempo de armazenamento possibilitando a utilização deste material em um período de escassez de alimentos. Deve ser chamada atenção para que a utilização deste material se faz de diferentes formas de acordo com os autores citados acima, dentre as diferentes formas de utilização pode ser considerado: a inclusão do material desidratado e desintegrado, denominado solicaña, na composição de suplementos energéticos fornecidos em período de maior escassez de alimentos. Ainda faz-se necessário relatar a utilização do bagaço da cana juntamente com o resíduo líquido e acrescido de uréia sendo posteriormente desidratado ao sol para uso durante período de escassez de alimento.

Com relação a técnica de produção de gases para estudo de degradação de carboidratos, CABRAL (2002) analisando a relação entre a DIVMS e o volume final de gás produzido em função da quantidade de CHOT e CNF em silagens de milho observou que ambas as técnicas foram sensíveis às alterações na disponibilidade de nutrientes nos alimentos, principalmente carboidratos, sendo, portanto, passíveis de serem utilizadas em estudos comparativos. A técnica de produção de gases mostra-se como importante ferramenta em estudos de parâmetros cinéticos das frações que compõem os alimentos (CHOT), uma vez que reflete a taxa e extensão na qual os componentes dos alimentos são disponibilizados aos microrganismos do rúmen.

Segundo FORBES (2007), estudos de taxa de degradação de materiais no rúmen através da técnica do saco de nylon, requer tempo além de não ser automatizado. O

processo fermentativo produz quantidades de gás em taxa proporcional a degradação do material e contabilizar essa produção de gás através da técnica *in vitro* é muito mais fácil quando comparado com o ensaio de degradação *in situ*. Correlações íntimas entre a produção de gás e o consumo de alimentos por ruminantes foram observadas por Blummel e Becker (1997) citados por FORBES (2007). Posteriormente Getachew et al. (1998) e Khazaal et al. (1995), também citados por FORBES (2007), comparando vários métodos laboratoriais para prever o consumo voluntário de forragens e obtiveram resultados significativos para consumo foram alcançados usando FDN, FDA e PB em um modelo de regressão múltipla usando (a+b) e c de produção de gás.

Segundo SCHOFIELD (1994), os processos de estudo da cinética ruminal com animais fistulados apresentam dificuldade em mensurar a fase inicial do processo digestivo devido à variação de peso ser muito pequena; a dificuldade em medir a funcionalidade dos componentes solúveis; requer uma amostra para cada tempo de avaliação, uma vez que ao avaliar o resíduo fibroso a amostra é destruída o que requer uma maior quantidade de amostra e em caso de pequenas quantidades destas pode vir a comprometer o desenvolvimento do trabalho.

Sendo assim a técnica de mensuração da produção de gases provenientes da fermentação microbiana permite a predição de parâmetros da cinética digestiva ruminal dos carboidratos conforme afirmou SCHOFIELD et al. (1994) e SCHOFIELD e PELL (1995), admitindo que a degradação anaeróbica microbiana dos carboidratos tem como produto final CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e AGV, e que estes encontram-se em concentrações diretamente proporcionais ao desaparecimento de substrato no meio.

### **Objetivos**

Este trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência do processo de desidratação da cana-de-açúcar na redução de perdas de nutrientes caracterizando quimicamente a cana-de-açúcar desidratada, e avaliar os coeficientes de digestibilidade *in vitro* dos carboidratos totais com base em parâmetros da cinética de produção de gases da cana-de-açúcar desidratada.

### **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido nas dependências do Laboratório Animal e do Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados (DBC), sendo o bloco a semana de desidratação, uma vez que não era possível desidratar grande quantidade de material de uma única vez. Assim, foram 4 blocos (semana de secagem), 3 períodos experimentais (no momento em que o material foi considerado seco, 60 dias após concluído o processo de desidratação e 120 dias após concluído o processo de desidratação), com dois níveis de temperatura de secagem (50°C e 60°C) e dois tamanhos de partículas.

A cana-de-açúcar utilizada neste experimento, oriunda da usina da Jatiboca, localizada no município de Oratórios (MG) foi cultivada no sistema tradicional recebendo todos os tratos culturais, conforme manejo adotado naquela unidade experimental.

A cana foi previamente processada sendo dividida em dois grupos separados por tamanhos de partículas, sendo picada em picadeira de forragens logo após terem sido colhidas. O tamanho 1 foi considerado por partículas que apresentassem de 1 a 3 cm e o tamanho 2, a cima de 4 cm de comprimento .

Após proceder a picagem do material, parte deste foi destinada ao processo de desidratação em um desidratador de plantas medicinais estático, com ventilação forçada e tendo como fonte de calor a queima de gás butano. As amostras foram submetidas a dois níveis de temperatura, sendo estes 50 e 60°C, visando reduzir o teor de água do material para níveis médios de 15% de umidade, sendo uma terceira parte *in natura*, congelada para estabelecimento de padrões de comparação. O controle da temperatura no interior da câmara de secagem foi realizado por intermédio de um termostato digital que conjuntamente com duas válvulas solenóides permitia o aumento e/ou redução da chama produzida na câmara de aquecimento.

A cana foi considerada como seca a partir da obtenção de peso constante. Assim, o material considerado seco foi acondicionado em sacos plásticos, devidamente identificados e lacrados de forma a não permitir que ocorresse perda de material. O armazenamento dos sacos se deu em local seco, ventilado e pelo período máximo de 120 dias. O período de desidratação ocorreu entre o dia 21 de outubro e 19 de novembro de 2007.

Foram amostradas alíquotas de aproximadamente um quilograma de amostra de cada saco. Estas foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e mantidos em freezer para que não houvesse comprometimento do material. O

descongelamento e abertura dos sacos contendo as amostras ocorreu em intervalos de tempo de acordo com o momento do processamento, visando observar possíveis variações da composição bromatológica. Ao final de cada período, as amostras foram moídas em moinho de faca tipo “Willey”, com peneira de malha de 2 mm e armazenadas em recipientes plásticos para posteriores análises laboratoriais.

As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal e no Laboratório de Nutrição de Ruminantes do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa. Foram quantificados os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina ( $H_2SO_4$  72% p/p), segundo métodos descritos em SILVA & QUEIROZ (2002). As avaliações quanto aos teores de FDN foram conduzidas segundo recomendações de MERTENS (2002). Os teores de FDN e FDA foram também expressos na forma corrigida para cinzas e compostos nitrogenados, sendo os procedimentos de correção conduzidos segundo métodos descritos por MERTENS (2002) e LICITRA et al. (1996), respectivamente.

Foi realizada análise da fração indigestível da FDN (FDNi). Para tal procedimento foi utilizado um animal mestiço, fistulado no rúmen para proceder à incubação de uma alíquota de cada amostra, por período de 240 horas (CASALI, 2008).

O teor de carboidratos totais (CHOT) foi estimado segundo a equação (1) para fins de simular a cinética de degradação destes através da técnica da produção de gases.

$$CHOT_{(\%MS)} = 100 - (\%PB + \%MM + \%EE) \quad (1)$$

Para realizar a produção acumulada de gás a partir das amostras de cana-de-açúcar desidratada, foram utilizadas duas alíquotas de, aproximadamente, 200 mg de cada amostra. Foram utilizadas seringas de vidro calibradas, com capacidade de 100 mL (HÄBERLE Labortechnik – FORTUNA® Germany) que tinha em sua extremidade um tubo de silicone acoplado e um clipe de forma a permitir a vedação. Foram utilizadas para a realização deste processo 4 partes de solução tampão (McDougall), com pH ajustado para 6,8 através de aspersão de  $CO_2$  para 1 parte de líquido ruminal, que foi coletado momentos antes do procedimento, formando assim, a solução final. O animal doador do líquido ruminal foi uma novilha mestiça, fistulada no rúmen, alimentada com silagem de milho e concentrado. Às seringas, contendo as amostras foram adicionados 20 mL de solução final e estas foram mantidas em um suporte de madeira com agitação orbital.

As leituras foram realizadas às 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 24, 27, 30, 33, 36, 48, 56, 60, 72, 96 e 120 horas após início da incubação. O volume de gás produzido foi mensurado diretamente por intermédio da escala da própria seringa, sendo assim os valores obtidos diretamente referiam-se ao volume em mL de gás produzido.

Após obtenção das curvas de produção de gases procedeu-se ajuste ao modelo uni-compartimental segundo SCHOFIELD et al. (1994):

$$V_t = V_f \{1 + \exp[2 + 4 \frac{\mu_m}{V_f}(t)]\}^{-1} \quad (2);$$

Onde:  $V_t$ : corresponde ao volume de gás acumulado no tempo “t” (mL);  $V_f$ : corresponde ao volume total de gás produzido em  $t \rightarrow \infty$  (mL);  $\mu_m$ : corresponde a taxa máxima de produção de gás ( $\text{mL h}^{-1}$ ) e t: corresponde ao tempo após início da incubação (h).

Segundo SCHOFIELD et al. (1994) a razão  $\frac{\mu_m}{V_f}$  corresponde à taxa de digestão específica (K) do substrato, ainda sendo admitido como sendo equivalente à taxa de crescimento microbiano considerando que a relação volume de gás produzido, crescimento microbiano e digestão de substrato sejam diretamente proporcionais.

Para fins de comparação estimou-se o volume referência de gás produzido ( $V_R$ ) e a taxa de digestão referência, tendo como base a cana-de-açúcar *in natura* através das equações (3) e (4) respectivamente:

$$V_R = V_f / \text{mg CHOT incubado} \quad (3);$$

$$\text{Onde: mg CHOT incubado} = \text{MS incubada} * \% \text{CHOT}_{(\% \text{MS})}$$

$V_R$ : é expresso em mL de gases produzidos/ mg de CHOT incubado.

$$K_R = (K_{\text{amostra}} / K_{\text{cana-de-açúcar in natura}}) * 100 \quad (4);$$

### Resultados e Discussão

Na Tabela 1 é possível observar que o teor de matéria seca (MS) sofreu influência dos níveis de temperatura de desidratação, tempo de armazenamento e tamanho de partícula, bem como, suas possíveis interações. Tal fato pode ser justificado por ser o teor de MS uma variável bastante susceptível às intempéries climáticas, uma vez que durante o período de moagem compreendido de outubro a novembro de 2007, terem ocorrido chuvas intensas de verão o que pode ter resultado em queda do teor de MS pelo aumento significativo da umidade relativa do ar uma vez que se trata de um material de caráter higroscópico.

Tabela 1. Indicadores de significância para os fatores temperatura de secagem (T), tempo de armazenamento (TA), tamanho de partícula (P) e suas interações para as variáveis MS, MM, PB, FDN, FDNcp, FDNi, FDA, FDAcp, LIG, EE, PIDA, PIDN, CNF, CF e CHOT.

Item	Efeito <sup>1</sup>							CV(%)
	TP	TA	P	TPxTA	TPxP	TAxP	TPxTAxP	
MS	*	**	*	**	*	*	*	0,27
MM	*	NS	*	NS	NS	NS	NS	10,23
PB	**	*	NS	NS	NS	NS	*	5,65
FDN	*	*	*	*	NS	**	NS	1,88
FDNcp	*	*	*	*	NS	**	NS	2,21
FDNi	**	NS	NS	*	*	*	*	5,19
FDA	**	**	**	**	NS	**	NS	3,32
FDAcp	*	**	*	**	NS	*	NS	3,96
LIG	NS	*	NS	NS	NS	**	NS	15,27
EE	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	1,64
PIDA	**	*	*	**	NS	NS	NS	6,87
PIDN	*	NS	NS	*	NS	NS	NS	10,28
CNF	*	*	*	*	NS	**	NS	2,67
CF	*	*	*	*	NS	**	NS	2,21
CHOT	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0,43

<sup>1/</sup>NS, \* e \*\*: não significativo (P>0,05) e significativo aos níveis de 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Por outro lado, poder-se-ia considerar que devido ao tamanho de partícula maior do que 4 cm apresentar menor área específica para perda de água, o processo de desidratação não ter ocorrido com mesma amplitude que no tamanho de partícula de 1 a 3 cm, conforme pode-se observar na Tabela 2.

É possível observar na Tabela 2 que houve variação do teor de MS dentro de mesmo tamanho de partícula em função do tempo de armazenamento, ou seja, para o mesmo tamanho de partícula as amostras submetidas a mesma temperatura apresentaram diferenças em seus teores de MS quando comparadas entre si. Tal fato se deve ao aumento da umidade relativa do ar durante o período de armazenamento, uma vez que o material que permaneceu armazenado por 120 dias, quando foi moído em moinho de facas coincidindo com período de maior ocorrência de chuvas e conseqüentemente foi submetido a condições ambientais de maior umidade relativa do ar e em se tratando de um material com elevado caráter higroscópico, apresentou variação do teor de MS em decorrência da adsorção de água.

Contemplando a variável tamanho de partícula, pode-se observar que o processo de desidratação se mostrou mais eficiente para o material de maior que 4 mm quando comparado ao tamanho de 1 a 3 cm, o que pode ser devido ao fato de que o segundo tamanho de partícula apresentar uma maior superfície específica de exposição ao ar quente circulante no aparelho de secagem e conseqüentemente permite a remoção de umidade da cana com maior eficiência.

Tabela 2. Níveis de MS (% MN) e MM (%MS) em função da temperatura de secagem, tempo de armazenamento e tamanho de partículas

Item	Partícula	Tempo	Temperatura <sup>1</sup>		Média <sup>2</sup>
			50	60	
MS	1-3 cm	60	91,87Ab	93,46Aa	91,51B
		120	90,60Ba	90,12Bb	
	>4 cm	60	93,00Ab	93,55Aa	91,80A
		120	90,52Ba	90,15Bb	
MM	1-3 cm	60	3,29Ab	3,99Aa	3,60B
		120	3,38Aa	3,74Aa	
	>4 cm	60	3,78Aa	4,21Aa	3,93A
		120	3,76Aa	3,97Aa	

<sup>1/</sup>Médias na linha, seguidas por letras minúsculas diferentes, ou nas colunas, seguidas por letras maiúsculas diferentes dentro de cada tamanho de partícula, são diferentes pelo teste DMS de Fisher (P<0,05).

<sup>2/</sup>Médias na coluna, seguidas por letras diferentes, são diferentes pelo teste DMS de Fisher (P<0,05).

Ainda na Tabela 2, que se refere variável matéria mineral (MM), pode-se observar que os valores referentes às médias foram influenciadas pelos diferentes tamanhos de partícula, sendo menores para o tamanho de 1 a 3 cm. Só se observa os níveis de temperatura para o mesmo tempo de armazenamento, nota-se que o comportamento da variável MM encontra-se similar ao comportamento da MS, ou seja, as mesmas alíquotas que apresentaram maiores teores de MS também apresentaram teores de MM superiores.

O teor de proteína bruta (PB) no material avaliado não diferiu entre os diferentes tamanhos de partícula conforme pode ser observado na Tabela 3. A PB da mesma forma que a MM, sofreu influência da temperatura e do tempo de armazenamento. Possivelmente, tal comportamento pode ter sido em decorrência de algum fator externo não mensurado. Sendo assim, uma vez que estes resultaram em aumento dos teores de

MS, comprometendo assim os teores de PB. E os mesmos resultados são observados quando fixa-se o tempo e varia a temperatura de desidratação do material.

Tabela 3. Níveis de PB (% MS) em função da temperatura de secagem, tempo de armazenamento e tamanho de partículas

Partícula	Tempo	Temperatura <sup>1</sup>		Média <sup>2</sup>
		50	60	
1-3 cm	60	2,24Aa	2,39Ba	2,43A
	120	2,32Ab	2,76Aa	
>4 cm	60	2,20Bb	2,71Aa	2,51A
	120	2,55Aa	2,58Aa	

<sup>1/</sup>Médias na linha, seguidas por letras minúsculas diferentes, ou nas colunas, seguidas por letras maiúsculas diferentes dentro de cada tamanho de partícula, são diferentes pelo teste DMS de Fisher (P<0,05).

<sup>2/</sup>Médias na coluna, seguidas por letras diferentes, são diferentes pelo teste DMS de Fisher (P<0,05).

As variáveis fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), apresentaram diferença em relação ao tamanho de partícula e fibra insolúvel em detergente neutro insolúvel (FDNi) não apresentou diferença referente ao tamanho de partícula.

Tabela 4. Níveis de FDN, FDNcp e FDNi em função da temperatura de secagem, tempo de armazenamento e tamanho de partículas

	Partícula	Tempo	Temperatura <sup>1</sup>		Média <sup>2</sup>
			50	60	
FDN	1-3 cm	60	53,77Aa	54,26Ba	55,35B
		120	54,71Ab	58,68Aa	
	>4 cm	60	57,59Aa	57,25Aa	56,91A
		120	54,99Bb	57,80Aa	
FDNcp	1-3 cm	60	51,05Aa	50,99Ba	52,66B
		120	52,41Ab	56,17Aa	
	>4 cm	60	54,97Aa	53,44Aa	53,83A
		120	52,28Bb	54,63Aa	
FDNi	1-3 cm	60	48,16Aa	41,21Ab	44,97A
		120	50,25Aa	40,25Ab	
	>4 cm	60	45,97Aa	48,17Aa	45,30A
		120	47,91Aa	39,13Bb	

<sup>1/</sup>Médias na linha, seguidas por letras minúsculas diferentes, ou nas colunas, seguidas por letras maiúsculas diferentes dentro de cada tamanho de partícula, são diferentes pelo teste DMS de Fisher (P<0,05).

<sup>2/</sup>Médias na coluna, seguidas por letras diferentes, são diferentes pelo teste DMS de Fisher ( $P < 0,05$ ).

Comparações realizadas para a variável FDN foram observadas que em relação ao tamanho de partícula houve diferença significativa, sendo possível devido a maior superfície de contato do material com o ambiente. Desta forma, os valores encontrados para o tamanho de partícula de 1 a 3 cm apresentou média inferior ao valor observado para o tamanho de partícula maior do que 4 cm, possivelmente tal fato se deve ao aumento da umidade do material por meio de adsorção da umidade do ambiente e conseqüentemente proporcionando o início de um processo fermentativo com degradação de parte da FDN.

No que diz respeito a variável FDN<sub>cp</sub>, comportamento similar foi observado sendo possivelmente em decorrência do processo fermentativo ocorrido. Vale a pena ressaltar que nenhuma análise ou qualquer outra forma de observação da ocorrência deste processo fermentativo realizado, o que não nos permite afirmar que tal fato tenha ocorrido. Sendo assim, este comportamento observado pode ser decorrência do fato de que as correções da FDN tanto para cinzas quanto para proteínas foi realizada com os resíduos advindos da análise de FDN e conseqüentemente algum fator externo não conhecido que porventura possa ter interferido na determinação da FDN, foi repassado para a FDN<sub>cp</sub>.

A fração indigestível da FDN (FDN<sub>i</sub>) apresentou comportamento diferentes ao das duas variáveis analisadas anteriormente. Não foi observada diferença significativa entre as médias de tamanhos de partículas, porém quando avaliados valores de FDN<sub>i</sub> para a temperatura de desidratação de 60°C, observou-se que as amostras desidratadas a esta temperatura apresentaram menores valores. Durante o processo de desidratação, o equipamento utilizado para tal procedimento, foi monitorado em diferentes horários para o quesito manutenção do controle de temperatura o que não impossibilita que em algum momento o equipamento não tenha acionado as válvulas que faziam o controle da temperatura de forma adequada, submetendo o material a temperaturas elevadas o que leva a ocorrência da reação de Maillard. Sendo assim a redução da digestibilidade observada na Tabela 4 referente a variável FDN<sub>i</sub> para a temperatura de 60°C pode ser justificada.

A fração da fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) com tamanho de partícula de 1 a 3 cm sofreu influência do tempo de armazenamento de forma mais acentuada que a maior que 4 cm (Tabela 5), uma vez que o tempo de armazenamento não contribuiu para alteração do teor de FDA neste tamanho de partícula.

Tabela 5. Níveis de FDA (% MS), FDAcp (%MS) e LIG (%MS) em função do tempo de armazenamento e tamanho de partículas

	Tempo	Partícula <sup>1</sup>	
		1-3 cm	>4 cm
FDA	60	29,61Bb	33,67Aa
	120	33,71Aa	33,65Aa
FDAcp	60	25,37Bb	28,65Aa
	120	30,27Aa	29,81Aa
LIG	60	2,03Bb	3,17Aa
	120	3,56Aa	2,58Bb

<sup>1</sup>Médias na linha, seguidas por letras minúsculas diferentes, ou nas coluna, seguidas por letras maiúsculas diferentes dentro de cada tamanho de partícula, são diferentes pelo teste DMS de Fisher (P<0,05).

Segundo VAN SOEST (1994), polímeros formados pela reação de Maillard apresentam propriedades químicas e físicas semelhantes á lignina, ou seja, são solúveis em álcali e insolúveis em ácido. A proteína indigestível formada através da ocorrência da reação de Maillard é contabilizada na forma de lignina e FDA. Tal fato explicaria o aumento dos teores de FDA, FDAcp, que é obtido através do resíduo da FDA, e LIG dos 60 dias para 120 dias de armazenamento.

Conforme pode ser observado na Tabela 6, os resultados referentes ao tempo de armazenamento de 60 dias com temperatura de secagem de 50°C apresentou menor teor de PIDN, quando comparado com a temperatura de 60°C.

Tabela 6. Níveis de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), expresso como % FDN em função da temperatura de secagem e do tempo de armazenamento

Temperatura	Tempo <sup>1</sup>	
	60	120
50	1,44Ba	1,61Aa
60	1,94Aa	1,68Ab

<sup>1/</sup>Médias na linha, seguidas por letras minúsculas diferentes, ou nas colunas, seguidas por letras maiúsculas diferentes dentro de cada tamanho de partícula, são diferentes pelo teste DMS de Fisher (P<0,05).

Com relação aos teores de carboidratos fibrosos (CF), carboidratos não-fibrosos (CNF) e carboidratos totais (CHOT), foram observados comportamentos expressos na Tabela 7.

Dentro de cada uma das frações de carboidratos foram observadas diferenças de acordo com temperatura de desidratação e em relação aos diferentes tamanhos de partícula utilizados. Estas diferenças são devido a forma com que foram obtidos os valores de cada uma das frações de carboidratos, uma vez que estas são obtidas por diferença entre as demais variáveis, acumula-se o erro de alguma etapa prévia.

Tabela 7: Níveis de carboidratos fibrosos (CF), carboidratos não-fibrosos (CNF) e carboidratos totais (CHOT) em função do tempo de armazenamento, tamanho de partícula e temperatura de desidratação.

	Partícula	Tempo	Temperatura <sup>1</sup>	
			50	60
CF	1-3 cm	60	51,05Aa	50,99Ba
		120	52,41Ab	56,17Aa
	>4 cm	60	54,97Aa	53,44Aa
		120	52,28Bb	54,63Aa
CNF	1-3 cm	60	45,11Aa	45,01Aa
		120	43,70Aa	39,49Bb
	>4 cm	60	41,23Ba	42,25Aa
		120	43,59Aa	41,21Ab
CHOT	1 – 3 cm	60	92,91Aa	92,05Ab
		120	92,76Aa	91,96Ab
	>4 cm	60	92,46Aa	91,52Ab
		120	92,15Aa	91,91Aa

<sup>1/</sup>Médias na linha, seguidas por letras minúsculas diferentes, ou nas colunas, seguidas por letras maiúsculas diferentes dentro de cada tamanho de partícula, são diferentes pelo teste DMS de Fisher (P<0,05).

Quando dados dos alimentos volumosos combinados com a predição de consumo por intermédio da técnica de degradação *in situ* da MS seguida pela produção de gás observou maior precisão que quando comparado ao uso de componentes químicos ou à

digestibilidade *in vitro*. Permitindo concluir que a técnica de produção de gás é uma boa opção para avaliarmos coeficientes de degradabilidade de forma precisa e rápida.

Sendo assim, na Tabela 8 pode ser observado que para o tamanho de partícula de 1 a 3 cm, submetido a mesma temperatura de desidratação em diferentes tempos de armazenamento, o volume de gás produzido tendeu a aumentar ligeiramente, acompanhando o comportamento da taxa de digestão em relação aos valores de referência para a cana *in natura*, mostrando-se superior.

Tabela 8. Volume acumulado de gás e taxa específica de digestão em função da temperatura de desidratação, tempo de armazenamento e tamanho de partícula.

Temperatura	Parâmetro	Tempo de Armazenamento		
		0	60	120
Partícula 1-3 cm				
50	Vf	52,73	55,43	56,13
	K	0,0458	0,0554	0,0539
	VR <sup>1</sup>	0,32	0,30	0,30
	KR <sup>2</sup>	74,11	89,6	87,2
60	Vf	54,49	56,98	55,87
	K	0,0521	0,0534	0,0536
	VR <sup>1</sup>	0,33	0,29	0,30
	KR <sup>2</sup>	84,3	86,4	86,7
Partícula > 4cm				
50	Vf	53,83	47,33	46,9
	K	0,0401	0,0535	0,0567
	VR <sup>1</sup>	0,31	0,25	0,26
	KR <sup>2</sup>	64,9	86,6	91,7
60	Vf	51,65	50,02	51,37
	K	0,0486	0,0537	0,0527
	VR <sup>1</sup>	0,27	0,26	0,30
	KR <sup>2</sup>	78,6	86,9	85,3

<sup>1/</sup> mL gás/mg de carboidrato total (CT)

<sup>2/</sup> Valor percentual em relação à taxa de degradação da cana *in natura*.

Assim, contribuição da produção de gás à partir dos CHOT da cana desidratada os tempos de armazenamento de 60 e 120 dias foram superiores ao volume de gases produzido pela cana *in natura*. SCHOFIELD e PELL (1995) trabalhando com forrageiras tropicais observaram correlação da produção de gases com a degradação da FDN na magnitude de 0,37 mL por cada 1 mg de fibra digerido. Sendo os valores obtidos com a cana nos três tempos de armazenamento e duas temperaturas de desidratação com magnitude de 0,26 a 0,33. O que nos permite inferir que o processo de desidratação e o período de armazenamento conferem à cana-de-açúcar uma manutenção nos níveis de CHOT garantindo aos microrganismos ruminais níveis de energia satisfatórios para sua sobrevivência. Exceto para a partida de amostras submetida à temperatura de desidratação de 50°C e com tamanho de partícula maior que 4 mm que apresentou menor valor percentual em relação à taxa de degradação da cana *in natura*. Assim sendo, é possível afirmar que o processo fermentativo ocorreu de forma menos acentuada nestas amostras, com volume final de gases inferior aos obtidos para a mesma temperatura de desidratação e mesmos tempos de armazenamento porém com tamanho e partícula de 1 a 3 cm. Conforme comentado previamente, esta diferença observada pode ter ocorrido devido a capacidade deste material em adsorver água do ambiente, o que proporciona condições para início do processo fermentativo indesejável ainda durante a fase de armazenamento. E pelo fato da água ser adsorvida, o processo fermentativo ocorra em menor magnitude, não havendo comprometimento de todo o carboidrato.

### **Conclusões**

O processo de desidratação da cana-de-açúcar pode ser considerado uma boa opção de conservação dos níveis nutricionais, uma vez que o processo de desidratação não influenciou negativamente nenhum dos nutrientes.

Com relação à cinética de degradação de CHOT pode ser observado que o processo de desidratação não influenciou os teores de carboidratos da cana-de-açúcar desidratada em relação a cana *in natura*.

A realização do processo de desidratação deve ser planejada previamente para que não coincida com período de elevado índice pluviométrico e conseqüente umidade relativa o que poderia comprometer a eficiência do processo.

O armazenamento do material deve ser feito de forma a não permitir exposição deste a umidade o que acarreta no comprometimento do valor nutritivo do mesmo.

### Referência Bibliográfica

- BOIN, C.; TEDESCHI, L. O. Cana-de-açúcar na alimentação de gado de corte. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 5., Piracicaba, 1993. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1993. 107-126 p.
- CABRAL, L. S.; **Avaliação de Alimentos para Ruminantes por Intermédio de Métodos *In Vivo* e *In Vitro***. Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa, 2002. 150 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) Universidade federal de Viçosa, 2002.
- CASALI, A. O.; DETMANN, E. et al.; Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.335-342, 2008.
- CASALI, A. O.; **Procedimentos metodológicos *in situ* na avaliação do teor de compostos indigestíveis em alimentos e fezes de bovinos**. Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa, 2006. 47 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, 2006.
- FORBES, J. M., **Voluntary food intake and diet selection in farm animals**. 2nd ed.; 453 p.; CABI Head Office, 2007.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.347-358, 1996.
- LIMA, M. L. M.; MATTOS, W. R. S. Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos leiteiros. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS. 5., Piracicaba, 1993. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 77-105.
- MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, n.6, p.1217-1240, 2002.
- PEDROSO, A. F.; **Aditivos Químicos e microbianos no controle de perdas e na qualidade de silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**.

Piracicaba, SP. ESALQ, 2003. 120 p. Tese (Doutorado em Agronomia: Ciência Animal e Pastagens). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

SHIMITD, P., **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar.** Piracicaba, SP. ESALQ, 2006. 228 p. Tese (Doutorado em Agronomia: Ciência Animal e Pastagens). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2006.

SCHOFIELD P.; PELL A. N. Measurement and Kinetic Analysis of the Neutral Detergent-Soluble Carbohydrate Fraction of Legumes and Grasses. **Journal of Animal Science**, v.73; 3455 – 3463; 1995.

SCHOFIELD, P., PITT J, R. E, and PELL, A. N. Kinetics of Fiber Digestion from In Vitro Gas Production, **Journal of Animal Science**, v. 72; 2980-2991; 1994.

SILVA, S. C.; A cana-de-açúcar como alimento volumoso suplementar. In: **Volumosos para bovinos.** FEALQ, 1993, p. 59-74.

SILVA, D.J., QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos** (Métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa: Editora UFV – Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.

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

## Capítulo 2

### **Composição química e simulação da cinética de degradação *in vitro* dos carboidratos totais através da técnica de produção de gases da cana-de-açúcar tratada com diferentes níveis de óxido de cálcio submetidos a diferentes tempos de armazenamento.**

**Resumo** - Objetivou-se com este experimento avaliar através da análise químicos e degradação *in vitro*, com base na cinética de produção de gases, a cana-de-açúcar submetida ao tratamento com óxido de cálcio (CaO) e sob diferentes tempos de tratamento. Trezentos quilos de cana-de-açúcar integral picada foram submetidos a diferentes níveis de tratamento de CaO (0,0; 0,75 e 1,5% na MN) e diferentes tempos de tratamento (0, 24 e 48, 72 horas), em um delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 3x4. Sub-amostras foram analisadas para a determinação de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido corrigida para cinzas e proteína (FDAcp), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), lignina (LIG), fibra indigestível insolúvel em detergente neutro (FDNi) e avaliação da degradação *in vitro* carboidratos totais (CHOT), com base na cinética de produção de gases, da cana-de-açúcar tratada. Houve aumento nos teores MS, MM, PB e FDNi e redução nos teores de FDN e FDNcp da cana-de-açúcar tratada, que aumentaram com os níveis de tratamento e tempo de tratamento com CaO. Observou-se aumento no teor de FDAcp nas primeiras 24 horas e uma queda brusca após decorrido este tempo. Houve uma melhora na eficiência de degradação *in vitro* dos CHOT da cana-de-açúcar tratada com CaO até o tempo de tratamento de 24 horas. Posteriormente a este intervalo de tempo, a eficiência de degradação *In vitro* dos CHOT da cana-de-açúcar tratada com CaO foi inferior ao valor de referência da cana-de-açúcar *in natura*. Dentro os níveis avaliados, o nível de 0,75% CaO foi o que apresentou melhor eficiência de degradação *In vitro* dos CHOT da cana-de-açúcar para os diferentes tempos de tratamento. O processo tratamento da cana-de-açúcar com CaO permite a redução dos teores de FDN, FDNcp e FDA, sem nenhuma alteração dos níveis de lignina. O nível de 1,5% de CaO, para o tempo de 24 horas de tratamento, foi mais eficiente para o volume de produção de gases e na degradação *In vitro* dos CHOT da cana-de-açúcar e o nível de 0,75 % de CaO, para o tempo de 48

horas de tratamento, foi mais eficiente para o volume de produção de gases e degradação *In vitro* dos CHOT da cana-de-açúcar.

**Chemical composition and kinetics simulation of total carbohydrates degradation  
*In vitro* based on technique of gas production of the sugarcane treated with  
different levels of oxide of calcium submitted at different times of storage**

**Abstract** - The objective of this experiment was to evaluate through chemical analysis and *In vitro* degradation, based on gas production kinetics, the sugar cane *In natura* submitted to treatment with calcium oxide (CaO) and under different times of treatment. A total of 300 kg of chopped integral sugar cane were submitted to different levels of CaO treatment (0.0, 0.75 and 1.5% as fed) and different treatment times (0, 24 and 48, 72 hours), in a completely randomized design in 3x4 factorial arrangement. Sub-samples were analyzed to determine dry matter (DM), ash, crude protein (CP), ether extract (EE), neutral detergent fiber corrected for ash and protein (NDFap), acid detergent fiber corrected for ash and protein (ADFap), neutral detergent insoluble protein (PIDN), acid detergent insoluble protein (PIDA), lignin (LIG), insoluble indigestible neutral detergent fiber (NDFi ), and evaluation of *in vitro* CHOT degradation, based on gas production kinetics, of the treated sugar cane. There was an increase in DM, ash, CP and NDFi levels and reduction of NDF and NDFap levels of sugar cane, which increased with the levels of treatment and treatment time with CaO. There was an increase in the content of ADFap the first 24 hours and a sharp drop after this time. There was an improvement in the efficiency of *In vitro* CHOT degradation of sugar cane treated with CaO until 24 hours treatment time. Subsequent to this interval, the efficiency of *In vitro* CHOT degradation of sugar cane treated with CaO was lower than the reference value of sugar cane *in natura*. Within the levels evaluated, 0.75% level of CaO was the most efficient of *In vitro* CHOT degradation sugar cane for the different treatment times. The process of treatment of sugar cane with CaO allows reducing of NDF, ADF and NDFap levels, without any changes in lignin levels. The level of 1.5% CaO, at treatment time of 24 hours, was most effective for gas production volume and *In vitro* CHOT degradation of sugar cane and the level of 0.75% of CaO for the treatment time of 48 hours of, was most effective for the gas production volume and *In vitro* CHOT degradation of sugar cane.

## Introdução

A utilização da cana-de-açúcar, colhida e fornecida diariamente é prática comum de conhecimento dos produtores. Porém, o manejo em larga escala de canaviais que visam atender demandas industriais exige que o corte dos talhões seja realizado de forma rápida que viabilizem os tratos culturais. Além do mais, o corte quando realizado diariamente pode vir a se tornar um problema quando se deseja fazer uso do canavial como fonte de alimento durante todo o ano, pois deve considerar a dificuldade da colheita da cana em dias chuvosos além da perda de valor nutritivo durante o período de verão.

Em caso de queimadas espontâneas ou acidentais ou até mesmo queimada por frio, esse material deve ser utilizado mais prontamente, uma vez que ocorre a conversão da sacarose e o consumo de carboidratos no processo de respiração. O processo de ensilagem tem se mostrado como uma alternativa no armazenamento deste material, contudo o elevado teor de carboidratos solúveis e a grande população de leveduras epífitas iniciam o processo de fermentação alcoólica quando este material é ensilado, causando perdas excessivas de matéria seca e de valor nutritivo da forragem. Embora haja uma demanda crescente de informações sobre ensilagem de cana-de-açúcar, observa-se reduzido desenvolvimento científico em relação ao uso de aditivos que possibilitem o controle da produção indesejável de etanol, bem como, o aumento da estabilidade aeróbica deste tipo de silagem conforme afirmou PEDROSO (2003).

Conforme estudos realizados ao longo dos últimos anos, nenhuma prática de conservação tem se mostrado eficiente. A técnica mais difundida entre produtores, a ensilagem do excedente de cana sem o uso de aditivos, contabiliza perdas de aproximadamente 30% do teor de açúcares totais quando comparado com a cana fresca, e teor alcoólico de 5,5% superior na MS da silagem, segundo PEDROSO (2003).

A cana-de-açúcar *in natura* inicia o processo de fermentação imediatamente após sua trituração, ocasionando a conversão de até 50% dos açúcares solúveis em ácidos orgânicos e álcool, resultando em baixo consumo pelos animais. Do ponto de vista bioquímico, a conversão do etanol produzido pelo processo fermentativo, em acetato dentro do rúmen, tem-se menor disponibilidade de energia proveniente deste alimento.

Estudos econômicos do sistema de produção demonstram que com a necessidade de mão-de-obra para colheita da cana e manejo do canavial diariamente, o sistema apresenta custo fixo superior ao que se obtém com o uso de forragem conservada e

aliado a este fato deve-se considerar a comodidade em se trabalhar com forragem conservada o que torna o uso da cana *in natura* menos interessante.

Sendo o fator de maior relevância, desbalanço nutricional da cana-de-açúcar fornecida como alimento exclusivo aos animais. Como pode observar através dos resultados de análises laboratoriais, a existência de um desbalanço entre PB e energia. Havendo assim a necessidade de complementação dos níveis protéicos por meio da inclusão de alimentos ricos em proteína, principalmente, proteína degradável no rúmen que permite uma melhor sincronização entre PB:energia disponível.

Pelo fato de que a cana-de-açúcar bem como seus co-produtos apresentarem elevado teor lignocelulósico faz-se o emprego de álcalis, baseado no fato de que a lignina de gramíneas é, particularmente, susceptível ao ataque hidrolítico dos mesmos, nas ligações covalentes do tipo éster entre a lignina e a parede celular (VAN SOEST, 1994). Portanto, a viabilidade de sua utilização requer o desenvolvimento de métodos para tratamento que promovam o rompimento da estrutura da fração fibrosa, para torná-la mais digestível. Em geral, o tratamento deste material com álcalis promove melhoria na digestibilidade, incremento na ingestão voluntária e prevenção de distúrbios metabólicos. O Hidróxido de Cálcio embora apresente moderado poder hidrolítico vem sendo utilizado recentemente em trabalhos de pesquisa que têm como objetivo aumentar o tempo de armazenamento, melhorar a digestibilidade da cana e aumentar o consumo pelos animais.

Em muitos estudos sobre o processo de hidrólise, é observado que o conteúdo celular de forrageiras é digerido quase que completamente (VAN SOEST, 1984). Isto pode não ser o que ocorre com alimentos fibrosos processados e subprodutos nos quais os tratamentos químicos foram aplicados (VAN SOEST & MASON, 1991). Foram observadas que a lignina solúvel e produtos das reações com álcalis e  $\text{NH}_3$ , semelhantes a lignina de forragens e palhas através da clivagem das ligações entre lignina e carboidratos (VAN SOEST et al., 1984) e através da reação de Maillard (THEANDER, 1980). A clivagem das ligações lignina-carboidrato por álcalis pode proporcionar o aumento da concentração de carboidratos solúveis, mas a existência de lignina irá interferir na digestibilidade destes carboidratos.

Também são utilizados procedimentos para tratamento de alimentos que envolvem uso de calor ou processos que geram calor durante o tratamento o que pode promover a formação de produtos de Maillard. Hemicelulose de substratos fibrosos,

principalmente carboidratos, são envolvidos neste processo. Produtos finais são polímeros sintéticos de polímeros de lignina (VAN SOEST, 1965), e frações solúveis de menor peso molecular (THEANDER, 1980). Frações indigestíveis de N podem ser componentes importantes na formação do complexo indigestível. MASON et al. (1989a, b, c) observou que o N indigestível quando submetido a alta temperatura em forragens tratadas com NH<sub>3</sub>. Aparentemente, amônias podem substituir aminoácidos na reação de Maillard (MAISON et al., 1990).

### **Objetivos**

Com base nisto, objetivou-se com este trabalho avaliar a eficiência do processo de hidrólise da cana-de-açúcar com três níveis de hidróxido de cálcio.

Avaliar a degradabilidade *in vitro* dos carboidratos totais do material hidrolisado por meio da técnica de produção de gás.

### **Material e Métodos**

O presente experimento foi realizado nas dependências do Laboratório de Animais, no Departamento de Zootecnia da UFV. A coleta de amostra foi realizada no período de 10 a 20 de Outubro de 2007.

A cana-de-açúcar utilizada neste ensaio foi proveniente da Usina da Jatiboca, localizada no município de Oratórios (MG).

Foram utilizados, 216 quilogramas de cana-de-açúcar integral triturada em equipamento próprio para plantas forrageiras. Após a obtenção do material triturado, foram distribuídos em 36 montes de seis quilogramas em área coberta e ventilada.

O material amostrado foi devidamente armazenado em sacos plásticos, identificados e mantidos em freezer para análises posteriores.

As amostras permaneceram congeladas por 100 dias, após este período todas as amostras foram descongeladas à sombra, acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa de ventilação forçada a 65°C por intervalo de 72 horas para proceder a pré-secagem do material.

Após pré-secagem o material foi moído em moinho de facas “tipo Willey” com peneira de malha 2 mm de diâmetro. As amostras moídas foram colocadas em recipientes plásticos dotados de tampa e devidamente identificados.

Foram quantificados teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), lignina (LIG) e extrato etéreo (EE) segundo SILVA & QUEIROZ,

(2002). A fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), a fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) foram obtidas segundo MERTENS (2002), com modificação do saquinho utilizado (5,0 x 5,0 cm, porosidade de 100 µm), que foi confeccionado utilizando-se tecido não-tecido (TNT - 100 g/m<sup>2</sup>). A FDN e a FDA foram corrigidas para cinzas e proteínas, segundo MERTENS (2002) e LICITRA et al. (1996) respectivamente.

O teor de carboidratos totais (CHOT) foi estimado segundo a equação (1) para fins de simular a cinética de degradação destes através da técnica da produção de gases.

$$\text{CHOT}_{(\%MS)} = 100 - (\%PB + \%MM + \%EE) \quad (1)$$

Para avaliação da degradabilidade *in vitro* dos carboidratos totais (CHOT) foram utilizadas seringas de vidro calibradas, com capacidade de 100 mL (HÄBERLE Labortechnik – FORTUNA® Germany). Foram feitas amostras compostas de cada um dos tratamentos de forma equitativa, posteriormente foram pesados 200 mg de cada amostra composta, incubados nas seringas juntamente com 20 mL de uma solução composta por 4 partes de solução tampão (Tampão de McDougall) e 1 parte de líquido ruminal. O pistão foi lubrificado com vaselina líquida e introduzido na seringa que já continha a amostra. A agulha da seringa foi conectada a um tubo de borracha de silicone, que foi então fechado com um clip, impedindo o vazamento da amostra. A solução tampão teve seu pH ajustado previamente para 6,8 por meio de saturação com CO<sub>2</sub> por, aproximadamente, 30 minutos. O líquido ruminal foi coletado pela manhã e adicionado à solução anteriormente citada para se proceder à incubação das amostras. Realizada a incubação, as seringas foram colocadas em sala climatizada, aquecida a 39°C, com agitação orbital constante durante todo o período de incubação. As leituras de volume de gás produzido foram realizadas nos intervalos de tempo 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 24, 27, 30, 33, 36, 48, 56, 60, 72, 96 e 120 após início da incubação. O volume de gás produzido foi mensurado diretamente por meio da leitura do deslocamento do embolo da seringa.

Após obtenção das curvas de produção de gases procedeu-se ajuste ao modelo uni-compartimental segundo SCHOFIELD et al. (1994):

$$V_t = V_f \left\{ 1 + \exp\left[2 + 4 \frac{\mu_m}{V_f}(t)\right] \right\}^{-1} \quad (2);$$

Onde: V<sub>t</sub>: corresponde ao volume de gás acumulado no tempo “t” (mL); V<sub>f</sub>: corresponde ao volume total de gás produzido em t → ∞ (mL); µ<sub>m</sub>: corresponde a taxa máxima de produção de gás (mL h<sup>-1</sup>) e t: corresponde ao tempo após início da incubação (h).

Segundo SCHOFIELD et al. (1994) a razão  $\frac{\mu m}{V_f}$  corresponde à taxa de digestão específica (K) do substrato, ainda sendo admitido como sendo equivalente à taxa de crescimento microbiano considerando que a relação volume de gás produzido, crescimento microbiano e digestão de substrato sejam diretamente proporcionais.

Para fins de comparação estimou-se o volume referência de gás produzido ( $V_R$ ) e a taxa de digestão referência, tendo como base a cana-de-açúcar *in natura* através das equações (3) e (4) respectivamente:

$$V_R = V_f / \text{mg CHOT incubado} \quad (3);$$

$$\text{Onde: mg CHOT incubado} = \text{MS incubada} * \% \text{CHOT}_{(\% \text{MS})}$$

$V_R$ : é expresso em mL de gases produzidos/ mg de CHOT incubado.

$$K_R = (K_{\text{amostra}} / K_{\text{cana-de-açúcar in natura}}) * 100 \quad (4);$$

O delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) com arranjo fatorial 3 (níveis de CaO) x 4 (tempo de armazenamento). As avaliações de tratamentos foram realizadas por superfície de resposta segundo o modelo:

$$Y = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \text{CaO} + \hat{\beta}_2 \text{CaO}^2 + \hat{\beta}_3 T + \hat{\beta}_4 T^2 + \hat{\beta}_5 (\text{CaO} \times T)$$

A avaliação dos tratamentos foi realizada pela metodologia de superfície de resposta. Os níveis de CaO utilizados foram de 0%; 0,75%; e 1,50% na matéria natural. Após inclusão do agente hidrolítico, foram amostrados quantidades de materiais em três diferentes intervalos de tempo, sendo: 0 (no momento da hidrólise), 24, 48 e 72 horas após a hidrólise.

### **Resultados e Discussão**

Na Tabela 1 estão listados os valores médios dos nutrientes da cana-de-açúcar hidrolisada com diferentes níveis de CaO nos diferentes tempos de armazenamento.

Tabela 1. Valores médios dos teores de MS, MM, PB, EE, FDN, FDNcp, FDA, FDAcp, LIG, FDNi, PIDN, CNF, CF E CHOT para os diferentes níveis de óxido de cálcio (CaO) e diferentes tempos de armazenamento e o coeficiente de variação

Itens	CaO			Tempo			CV(%)	
	0	0,75	1,50	0	24	48		72
MS	86,89	86,40	88,30	91,42	85,61	82,40	89,36	3,78
MM	2,77	6,39	9,78	6,28	6,58	7,08	5,30	19,74
PB	1,86	2,41	1,62	1,99	2,15	2,23	2,23	11,65
EE	1,67	1,59	1,62	1,65	1,55	1,62	1,68	9,28
FDN	51,22	51,10	46,44	43,36	49,67	54,05	51,26	9,38
FDNcp	47,51	46,47	40,88	38,94	45,04	49,17	46,67	10,54
FDA	24,65	26,44	25,49	24,59	28,32	23,58	25,61	10,88
FDAcp	17,54	17,77	16,34	16,30	21,38	15,90	15,29	16,44
LIG	2,18	2,31	2,08	2,34	2,08	2,22	2,14	18,84
FDNi	46,32	46,13	41,51	44,16	44,34	43,07	47,04	9,58
PIDN	47,77	44,23	39,30	34,71	45,50	48,41	46,43	16,62
CNF	46,19	43,14	45,54	51,14	44,68	39,90	44,13	12,06
CF	47,51	46,47	40,88	38,94	45,05	49,17	46,67	10,54
CHOT	93,70	89,61	86,43	90,08	89,73	89,07	90,78	1,45

As variáveis teor de MS e FDNi não sofreram influência dos níveis de CaO adicionados a cana conforme pode-se observar na Tabela 2.

No que diz respeito ao teor de MS, (Figura 1a) é possível observar que este aumenta com o decorrer do tempo pós hidrólise. Tal comportamento se deve ao fato de que com a evolução do processo de hidrólise ocorre o rompimento de células devido à desestruturação da parede celular e exposição do conteúdo celular às condições ambientais, conseqüentemente, maior perda de água o que reflete em aumento do teor de MS. Tais resultados vão de encontro aos obtidos por HENRIQUES et al (2007) ao utilizarem níveis de CaO crescente. À partir da equação gerada pelos teores de MS (Tabela 2), foi possível estimar o ponto crítico, ou seja, o tempo em que a equação se igualaria a zero, sendo esse valor de 21,78 horas.

Tabela 2. Equações de regressão dos componentes bromatológicos da cana-de-açúcar tratada com diferentes níveis de óxido de cálcio (CaO) e diferentes tempos de armazenamento

Variáveis	Equações	R <sup>2</sup>
MS	$Y = 29,4591 - 0,02745T + 0,00126T^2$	0,8899
MM	$Y = 2,6535 + 4,6709CaO + 0,0548T - 0,000901T^2$	0,9804
PB	$Y = 1,7338 + 1,2782CaO - 0,7115CaO^2 + 0,0034T$	0,9046
FDN	$Y = 45,4934 - 3,1902CaO + 0,4014T - 0,00395T^2$	0,9307
FDNcp	$Y = 42,0183 - 4,4182CaO + 0,3830T - 0,00374T^2$	0,9428
FDAcP	$Y = 17,0713 + 0,1425T - 0,00241T^2$	0,8529
FDNi	$Y = 47,0550 - 5,5790CaO + 0,066093 (CaO \times T)$	0,7198
CNF	$Y = 51,5070 - 0,4413T + 0,0046T^2$	0,8078
CF	$Y = 44,1746 - 4,4182CaO + 0,1138T$	0,7810
CHOT	$Y = 93,8485 - 4,8490CaO - 0,0583T + 0,00089T^2$	0,7443

Quando nos atemos ao teor de MM, observamos um aumento considerável tanto em relação à inclusão de CaO quanto com o passar do tempo e tais aumentos podem ser atribuídos a adição de minerais advindos do CaO, conseqüentemente, quanto maiores os níveis de CaO maiores tendem a ser os teores de MM no material analisado. Segundo a equação estimada para esta variável, foi calculado o ponto crítico que encontra-se próximo do valor 30,42 horas, ou seja, este é o ponto em que se obtém o maior teor de MM no material em questão.

O teor de PB, sofreu forte interação com o teor de CaO (efeito quadrático) e com tempo de armazenamento (efeito linear), sendo que com o teor de 0,8982% CaO calculado através da equação apresentada na Tabela 2, obtém-se o maior teor de PB. O aumento observado para o teor de PB pode ser atribuído a ação do agente hidrolítico sobre parte da proteína que se encontrava agregada à fração indigestível da cana, que à partir da hidrólise, torna-se mais disponível. QUEIROZ (2001) ao estudar a degradabilidade ruminal da proteína das canas-de-açúcar *in natura* e submetidas a tratamento químico com 1,50% a 50% de NaOH, observou que houve apenas solubilização protéica, com valores médios de 63,0% para a cana-de-açúcar *in natura* e 68,0% para a cana-de-açúcar hidrolisada.

A variável EE não apresentou interação significativa estatisticamente para nenhum dos fatores analisados.

O teor de FDN representado graficamente na Figura 1d, apresentou efeito linear com os níveis de CaO adicionados à cana. A redução dos teores de FDN observados na Tabela 1 se devem a evolução do processo de hidrólise de parte do complexo

lignocelulósico desta fração. Através da equação de regressão obteve o tempo de 50,81 horas para que fosse alcançado o teor mínimo de FDN.

Para teor de FDN<sub>cp</sub>, o efeito observado foi similar à fração FDN. Estes apresentam efeito linear com relação ao teor de CaO adicionado e, efeito quadrático com relação ao tempo pós hidrólise. Conseqüentemente foi possível observar redução do teor da FDN<sub>cp</sub> em decorrência do processo de alcalinização sofrido pela cana-de-açúcar com a inclusão de CaO, de forma similar ao que ocorreu com a fração FDN.

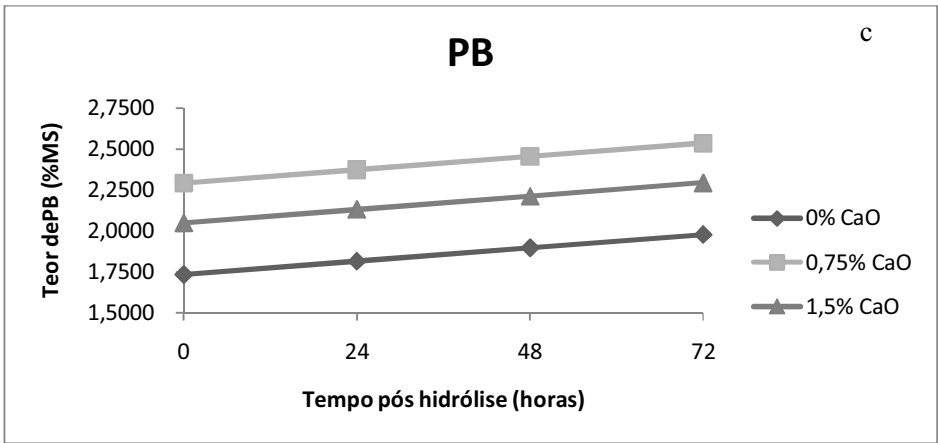
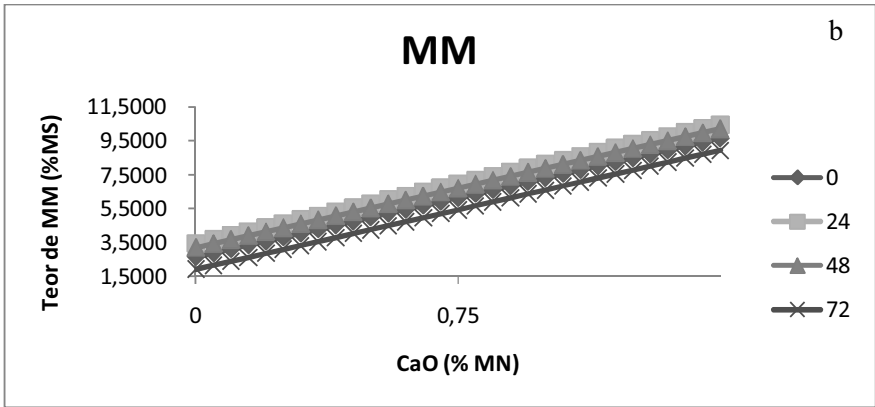
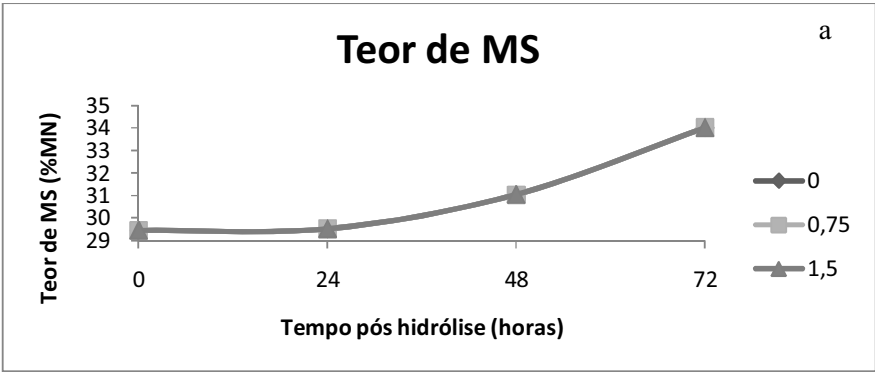
O teor de FDA<sub>cp</sub>, apresentado na Tabela 1 e representado graficamente na Figura 1f, demonstrou que o nível de 1,50% CaO na matéria natural foi capaz de promover alterações nos componentes da parede celular da cana. Com relação ao tempo de exposição da cana ao agente hidrolítico, os tempos de 48 e 72 horas se mostraram mais eficientes em reduzir o teor de FDA<sub>cp</sub>. Assim, muito embora o tempo não tenha sido fator limitante para que o processo de hidrólise da parede celular ocorresse, o tempo de 24 horas pode não ter sido suficiente para que redução do teor de FDA<sub>cp</sub> fosse promovido.

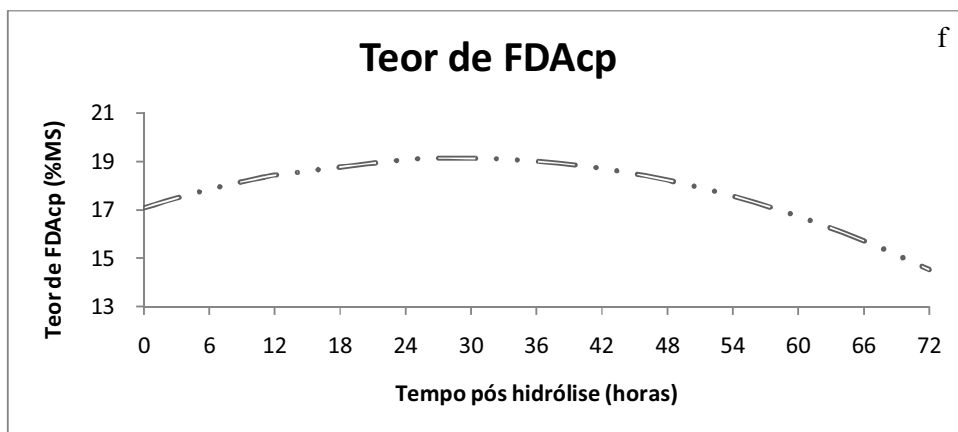
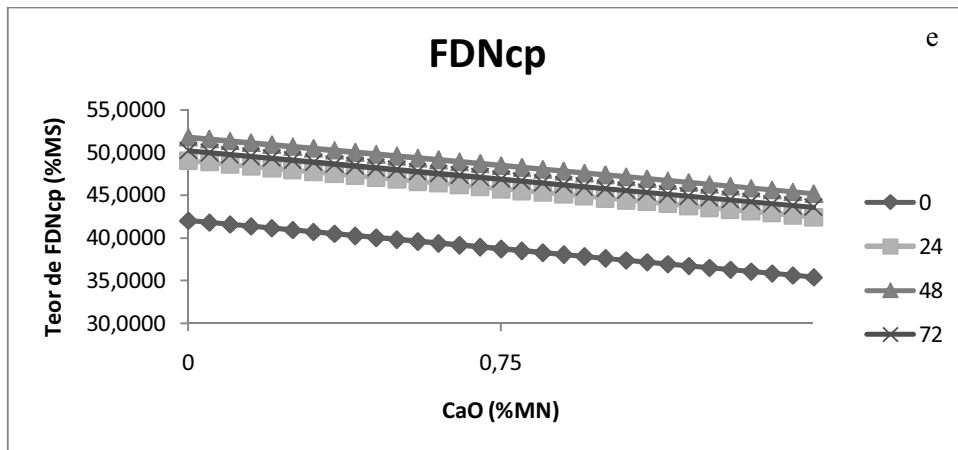
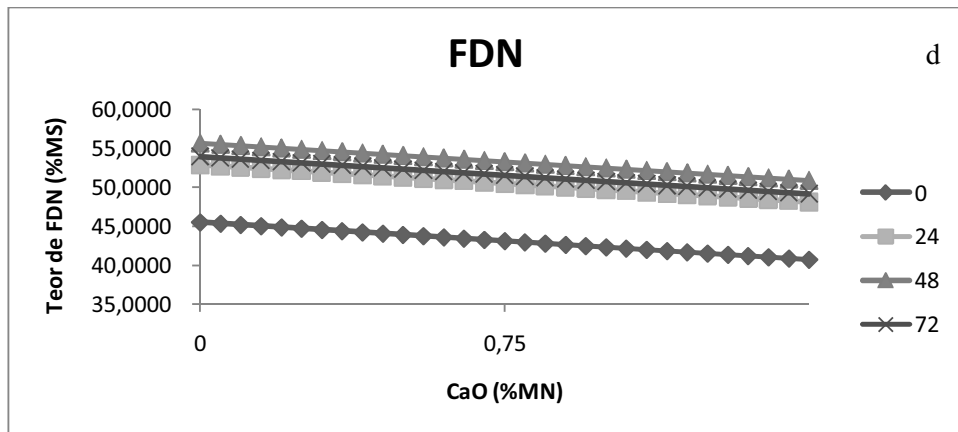
O teor de LIG não apresentou interação estatística significativa, não sofrendo efeito do tempo pós hidrólise e tampouco dos níveis de CaO adicionados à cana-de-açúcar.

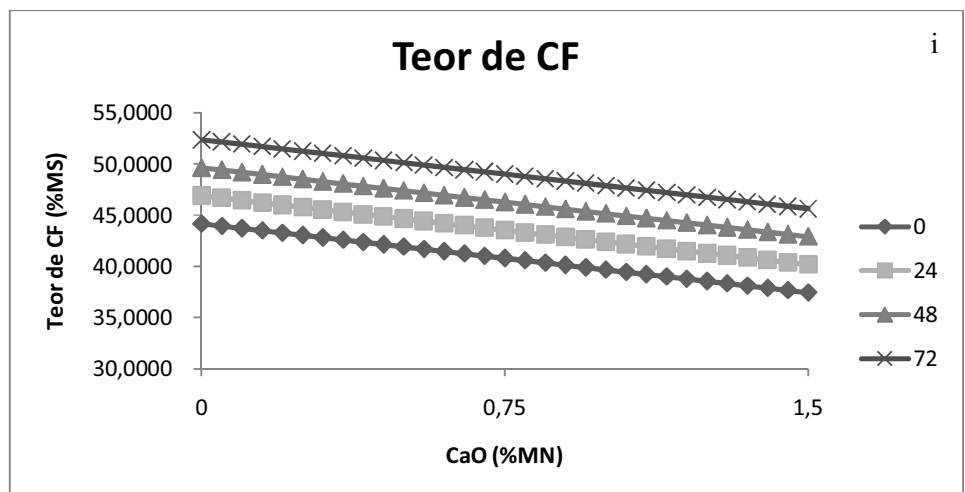
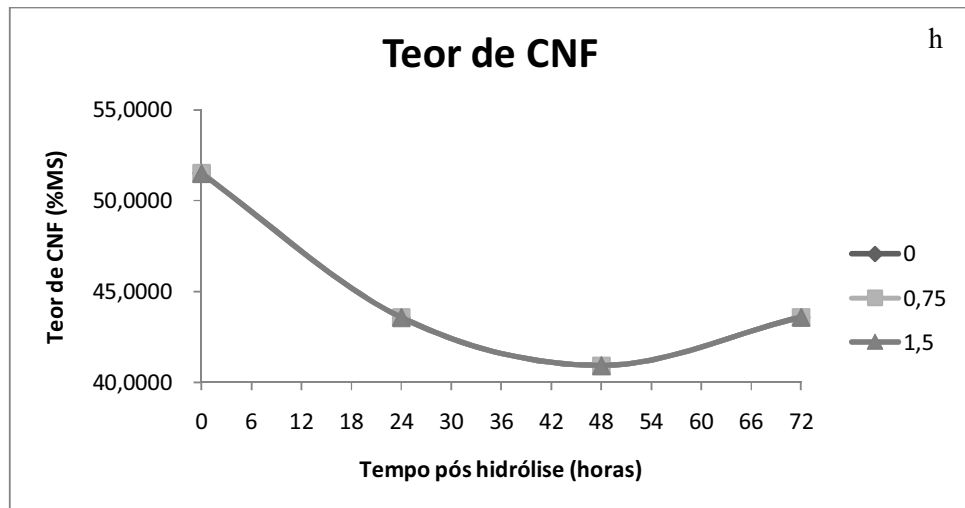
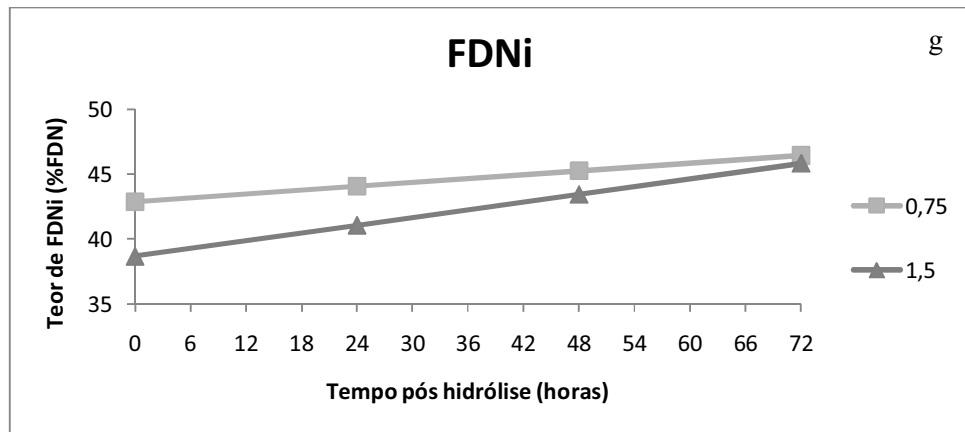
Para a fração FDN<sub>i</sub>, os níveis tenderam a aumentar com o aumento dos níveis de CaO, admite-se que este incremento do teor de FDN<sub>i</sub> tenha ocorrido devido ao aumento de temperatura proporcionado pela reação de hidrólise levando a formação de compostos sintéticos de comportamento similares a lignina conforme citado por VAN SOEST (1994). Conseqüentemente devido a formação de produtos indegradáveis foram observados comportamentos nos quais o teor da fração indigestível da FDN aumentou. Na Figura 1(g) só estão representadas as retas dos níveis de CaO de 0,75% e 1,50% devido ao fato de que no nível de 0% não ocorre variação do teor de FDN<sub>i</sub> uma vez que não ocorre o processo de hidrólise na ausência do CaO.

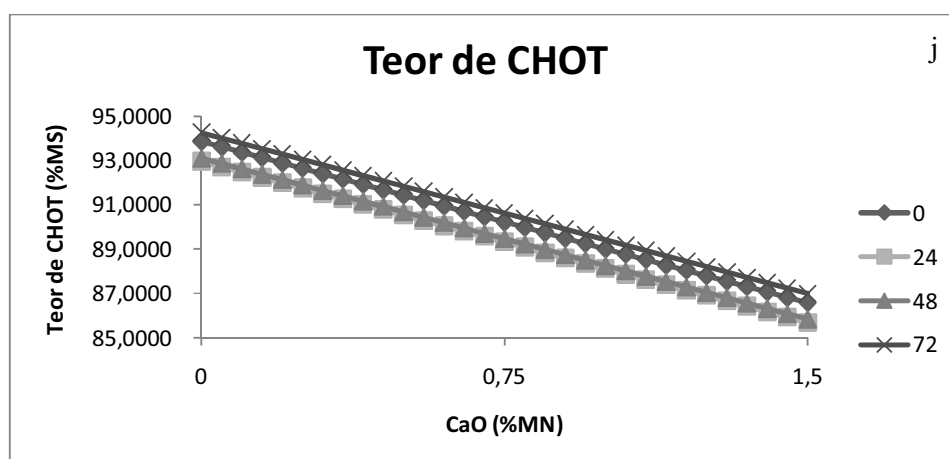
Contemplando o teor de PIDN, esta não apresentou interação estatística significativa quando submetida aos diferentes níveis de CaO e em diferentes intervalos de tempo.

Figura 1. Representação gráfica das equações de regressão apresentadas na Tabela 2









Com relação ao teor de CNF (Figura 1g) foi observado comportamento quadrático em função do tempo de exposição da cana-de-açúcar ao agente hidrolítico. A princípio ocorre uma redução do teor de CNF que pode ser explicado pela ação da hidrólise variando a temperatura do alimento a níveis que proporcionem a complexação destes carboidratos com a lignina a partir da formação de ligações entre estes nutrientes (VAN SOEST, 1994). Posteriormente o próprio processo de hidrólise promove a clivagem da ligação formada entre o carboidrato e a lignina e o carboidrato liberados voltam a ser contabilizados separadamente conforme citou VAN SOEST (1994).

Contemplando a variável CF (Figura 1h) foi observado que com o aumento da inclusão de CaO, ocorreu a redução dos teores de CF. Porém para o tempo de zero horas de hidrólise, o nível inicial de CF foi inferior aos demais. Também foi possível observar que com o passar do tempo de exposição da cana-de-açúcar ao agente hidrolítico ocorreu o aumento dos teores de CF para a mesma dose de inclusão de CaO. Isto é devido ao fato de que primeiramente ocorre a formação de um polímero sintético similar a lignina com propriedades químicas bastante similares também (JUNG, H. G. et al., 1993). O polímero sintético apresenta característica de solubilidade em detergente ácido o que causa confundimento deste composto com a FDA e a própria lignina. Este comportamento pode ser explicado pelo fato de que o processo de hidrólise promove a ruptura de ligações entre os carboidratos e a lignina além de conjuntamente promover a conversão deste carboidrato em açúcares. Sendo assim, tem-se a redução dos níveis de carboidratos fibrosos.

Com relação aos CHOT (Figura 1j) foram observadas diferenças com relação ao teor de CHOT inicial entre os tempos de zero, 24 e 72 horas de hidrólise, sendo que o

teor de CHOT do tempo 24 horas de hidrólise se mostrou bastante próximo do tempo de 48 horas de hidrólise. O comportamento segue a tendência em redução dos teores de carboidratos conforme afirmou FAHEY et al. (1993) e por ser a primeira fração dos carboidratos acessada através da equação (1) apresentada neste capítulo. Sendo assim, o comportamento dos CHOT acompanha o comportamento dos CF podendo ser justificado pelo mesmo argumento.

A avaliação da cinética de degradação dos CHOT por intermédio do uso da técnica de produção de gases vem sendo alvo de pesquisas durante muitos anos. Estudos concluíram que, a técnica de produção de gás é uma boa opção para avaliarmos coeficientes de degradabilidade de forma precisa e rápida, pois quando dados de alimentos volumosos combinados com a predição de consumo por intermédio da técnica de degradação *in situ* da MS seguida pela produção de gás observou maior precisão que quando comparado ao uso de componentes químicos ou à digestibilidade *in vitro*.

Sendo assim a técnica de mensuração da produção de gases provenientes da fermentação microbiana permite a predição de parâmetros da cinética digestiva ruminal dos carboidratos conforme afirmou SCHOFIELD et al. (1994) e SCHOFIELD e PELL (1995), admitindo que a degradação anaeróbica microbiana dos carboidratos tem como produto final CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e AGV, e que estes encontram-se em concentrações diretamente proporcionais ao desaparecimento de substrato no meio.

Com relação à cinética de degradação dos CHOT para este experimento, os resultados obtidos, apresentados na Tabela 3 demonstraram que o processo de hidrólise por meio da inclusão de CaO, aumentou significativamente a taxa de digestão no período de até 24 horas pós hidrólise.

Com o aumento do teor de CaO, houve um maior eficiência do processo fermentativo para todas as amostras incubadas, sendo o nível de 1,50% de CaO responsável pelo maior volume de gases produzidos a uma taxa de degradação (K<sub>R</sub>) intermediária para o mesmo tempo de hidrólise. Possivelmente o nível de 1,50% de CaO permitiu uma maior taxa de degradação nas primeiras horas de incubação por ação da hidrólise de constituintes da parede celular, liberado maior quantidade de conteúdo celular para o meio e na seqüência foi rapidamente fermentado.

Para o tempo de hidrólise de 48 horas, foi observado que o nível de 0,75% de CaO produziu maior volume de gases a uma taxa de degradação intermediária, por outro lado, o nível de 1,50% produziu o menor volume de gases deste tempo de hidrólise

aliado a maior taxa de degradação. Tal fato pode ser justificado com base nas informações mencionadas por VAN SOEST (1994) e JUNG et al. (1993), o processo de hidrólise com o uso de hidróxidos tende a liberar os carboidratos que até então se encontravam ligados a lignina sendo que estes carboidratos apresentam características similares à lignina bem como a presença da lignina possivelmente se comporta como um inibidor da degradação microbiana. Porém, em nenhum destes trabalhos anteriormente citados, são observados caracterização do processo de hidrólise com relação ao tempo de ocorrência da reação.

Contemplando os dados de 72 hoas de hidrólise, foi observado que a inclusão de CaO quer seja ao nível de 0,75 ou 1,50%, o volume de gases produzido foi inferior aos volumes obtidos para todos os intervalos de tempo de hidrólise avaliados neste trabalho embora a taxa de degradação não fosse aquém das taxas para os demais tempos. Devido ao tempo de hidrólise bastante prolongado cogita-se a hipótese de formação de sabões a partir dos carboidratos conforme comenta JUNG et al. (1993).

Tabela 3. Volume acumulado de gás e taxa específica de digestão em função do nível de Óxido de Cálcio (CaO) e tempo de armazenamento.

Tempo de hidrólise	Parâmetro	Níveis de CaO		
		0	0,75	1,50
0	Vf	59,57	56,68	60,41
	K	0,0563	0,0605	0,061
	VR <sup>1</sup>	0,34	0,33	0,38
	KR <sup>2</sup>	91,10	97,9	98,7
24	Vf	61,34	54,14	52,88
	K	0,0609	0,0671	0,0655
	VR <sup>1</sup>	0,36	0,35	0,37
	KR <sup>2</sup>	98,5	108,6	106,0
48	Vf	55,42	52,63	49,48
	K	0,0562	0,0601	0,0621
	VR <sup>1</sup>	0,37	0,38	0,31
	KR <sup>2</sup>	90,9	97,2	100,5
72	Vf	58,32	49,01	50,20
	K	0,0563	0,0558	0,0653
	VR <sup>1</sup>	0,34	0,29	0,31
	KR <sup>2</sup>	91,1	90,3	105,7

<sup>1/</sup> mL gás/mg de carboidrato total (CT)

<sup>2/</sup> Valor percentual em relação à taxa de degradação da cana *in natura*.

### Conclusões

O processo de hidrólise da cana-de-açúcar com adição de óxido de cálcio permite a redução dos teores de FDN, FDN<sub>cp</sub> e FDA. No que diz respeito ao teor de LIG, este não sofre alterações com a inclusão de CaO.

O nível de 1,50% de CaO se mostrou bastante eficiente com relação a produção de gases bem como para a taxa de degradação de CHOT para o tempo de 24 horas de hidrólise. Para o tempo de 48 horas de hidrólise, o nível de 0,75% permitiu uma maior produção de gases a uma menor taxa de degradação.

### Referência Bibliográfica

HENRIQUES, L. T., VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E.; PINA, D. S.; COSTA, V. A. C.; FONSECA, M. A.; BENEDETI, P. D. B.; DINIZ, L.L. Composição química e degradação *in situ* da fibra em detergente neutro da cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio em diferentes doses de inclusão e tempos de armazenagem. In: IX Congresso Internacional de Zootecnia e XII Congresso Nacional de Zootecnia – ZOOTEC 2007, CAMPO GRANDE. **Anais Zootec 2007**.

JUNG, H. G., BUXTON, D. R., HATFIELD, R. D., RALPH, J. **Forage cell wall structure and digestibility** – American Society of Agronomy, Inc. – Madison, Winsconsin, USA, 1993 -794p.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.347-358, 1996.

MAISON, V. C. et al. Chemical composition, digestibility in vitro and biodegradability of grass hays oven-treated with different amounts of ammonia. **Animal Feed Science and Technology**: v.29, p.237-249, 1990.

- MAISON, V. C. et al.. Oven and stack ammoniation of grass hays. 2. Voluntary intake, digestibility and faecal nitrogen excretion in sheep in relation to hay composition. **Animal Feed Science and Technology**. v. 23, p. 313-326, 1989A.
- MAISON, V. C. et al.. B, C)
- MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, n.6, p.1217-1240, 2002.
- PEDROSO, A. F.; **Aditivos Químicos e microbianos no controle de perdas e na qualidade de silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. Piracicaba, SP. ESALQ, 2003. 120 p. Tese (Doutorado em Agronomia: Ciência Animal e Pastagens). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- 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.
- SCHOFIELD P.; PELL A. N. Measurement and Kinetic Analysis of the Neutral Detergent-Soluble Carbohydrate Fraction of Legumes and Grasses. **Journal of Animal Science**, v.73; 3455 – 3463; 1995.
- SCHOFIELD, P., PITT J, R. E, and PELL, A. N. Kinetics of Fiber Digestion from In Vitro Gas Production, **Journal of Animal Science**, v. 72; 2980-2991; 1994.
- SILVA, D.J., QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos** (Métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa: Editora UFV – Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.
- THEANDER, O. Sugars in thermal process. **In: P. Koivistoinen and I. Hyvonen (ed.) Carbohydrate sweeteners**. Academic Press, New York, p. 185-199, 1980.
- VAN SOEST, P.J.; **Nutritional ecology of the ruminant**. 2ed. Ithaca: Cornell University, 1994, 476 p.

VAN SOEST, P. J. Use of detergents in analysis of fibrous feed. III. Study of effects of heating and drying on yield of fibre and lignin in forages. **Journal Assoc. Off. Agric. Chem.** v.48, p.785-790, 1965.

VAN SOEST, P. J. & MAISON, V. C. The influence of the Maillard reaction upon the nutritive value of fibrous feeds. **Animal Feed Science and Technology.** v.32, p. 45-53, 1991.