

CLAUDILENE LIMA DE ABREU

**ESTRATÉGIAS PARA UTILIZAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR NA
ALIMENTAÇÃO DE NOVILHAS LEITEIRAS: RELAÇÕES ENTRE UREIA,
PROTEÍNA VERDADEIRA E AMIDO**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2012

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

T

A162e
2012

Abreu, Claudilene Lima de, 1982-

Estratégias para utilização da cana-de-açúcar na alimentação de novilhas leiteiras : Relações entre ureia, proteína verdadeira e amido / Claudilene Lima de Abreu. – Viçosa, MG, 2012. xi, 70f. : il. ; 29cm.

Orientador: José Carlos Pereira

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Bovino de leite - Nutrição. 2. Uréia. 3. Amido. 4. Fibras na nutrição animal. 5. Cana-de-açúcar. 6. Digestibilidade.

I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

II. Título.

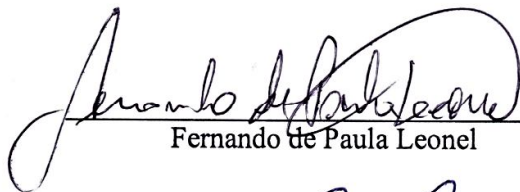
CDD 22. ed. 636.2085

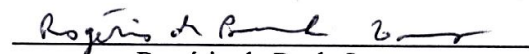
CLAUDILENE LIMA DE ABREU

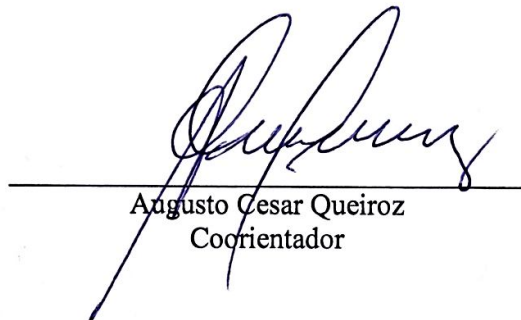
**ESTRATÉGIAS PARA UTILIZAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR NA
ALIMENTAÇÃO DE NOVILHAS LEITEIRAS: RELAÇÕES ENTRE URÉIA,
PROTEÍNA VERDADEIRA E AMIDO**

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


APROVADA: 24 de agosto de 2012.


Fernando de Paula Leonel


Rogério de Paula Lana


Augusto Cesar Queiroz
Coorientador


Ricardo Augusto Mendonça Vieira


José Carlos Pereira
Orientador

DEDICATÓRIA

A minha linda e amanda mãe, Neila Lima de Abreu, “meu exemplo de vida”.

Ao meu amado pai, Rosalino Bica de Abreu.

Aos meus amados e queridos irmãos, Cláudia e Carlos Lima de Abreu.

AGRADECIMENTOS

Ao onipotente e onipresente pai, “Deus”, que me deu a oportunidade de viver e transformar o meu sonho em realidade.

À Universidade Federal de Viçosa, por meio do seu Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização deste curso.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro concedido.

Aos meus “AMADOS” pais, Neila Lima de Abreu e Rosalino Bica de Abreu, pelo exemplo de caráter, de conduta, de sensibilidade, de dignidade que ambos representam para mim, e por serem, acima de tudo, os meus MAIORES e MELHORES AMIGOS.

Aos meus queridos irmãos, Claudia Lima de Abreu e Carlos Lima de Abreu, por me incentivarem a nunca desistir de meus objetivos, por sempre me apoiarem em minhas decisões e por me ensinarem a importância da união de uma família.

Ao mestre e orientador professor Dr. José Carlos Pereira, por me ensinar a enfrentar desafios com coragem e otimismo e fazer despertar em mim o entusiasmo pela ciência.

***Sam:** É como nas grandes histórias. As que realmente tem importância. Repletas de escuridão e perigo. E as vezes você não queria saber o fim... porque como podia ter um final feliz? Como o mundo podia voltar a ser o que era... depois do que aconteceu? Mas no fim, é só uma coisa passageira... essa sombra. Até a escuridão tem de passar. E quando o sol brilhar, brilhará ainda mais forte. Eram essas histórias que ficaram na lembrança... que significam algo. Mesmo que você seja pequeno demais para entender o porque. Mas eu acho que eu entendo, entendo sim. As pessoas desta história... tinham oportunidade de voltar atrás, mas não voltaram. Elas seguiram em frente... porque tinham no que se agarrar.*

***Frodo:** E em que nós nos agarramos?*

***Sam:** No bem que existe neste mundo, pelo qual vale a pena lutar.
(Senhor dos Anéis).*

Obrigada mestre e amigo José Carlos Pereira.

Ao professor Ricardo Augusto Mendonça Vieira, por contribuir com seu conhecimentos neste trabalho, por sua paciência e disposição em oferecer o ensino da ciência e pela amizade.

A minha grande amiga Franscine por ser uma verdadeira irmã em 11 anos de convivência, por me fazer entender como é importante ter, manter e preservar a

amizade. “Sua força, sua garra e seu exemplo de vida me fazem a cada dia ter mais admiração e orgulho em ser sua amiga”.

Ao meu grande amigo Wender por ser um braço direito nessa jornada de Viçosa, por me fazer acreditar que somos capazes de chegar onde queremos, basta apenas confiar em Deus, fazer nossa parte e ter grandes pessoas ao nosso lado (Como vc AMIGÃO).

Ao amigo Cássio pela colaboração, convivência, por ser uma pessoa extraordinária e pela “grande amizade” a mim demonstrada.

Aos estagiários: Daniele, Francisco (Chiquinho) e Hinaya, pelo apoio e pela amizade.

A todos os professores e amigos da Universidade Federal de Viçosa – UFV, por esses 6 anos juntos adquirindo conhecimentos e principalmente amizade.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte dos momentos da minha vida no mestrado e doutorado, tornando possível o que ontem era um sonho e hoje a realidade.

Muito obrigada!

BIOGRAFIA

Claudilene Lima de Abreu, filha de Neila Lima de Abreu e Rosalino Bica de Abreu, nasceu em Aquidauana, estado de Mato Grosso do Sul, em 04 de maio de 1982.

Em agosto de 2001, foi aprovada no vestibular da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul: UEMS, onde iniciou o curso de Graduação em Zootecnia, obtendo o título de Zootecnista, cuja colação de grau se deu em 18 de agosto de 2006.

Em agosto de 2006, foi aprovada no processo de seleção do curso de Pós-Graduação – Mestrado em Zootecnia – na Universidade Federal de Viçosa: UFV, concentrando seus estudos na área de Nutrição e Produção de Ruminantes, defendendo a dissertação em 30 de Julho de 2008.

Em dezembro de 2008 foi aprovada no processo de seleção do curso de Pós-Graduação – Doutorado em Zootecnia – na Universidade Federal de Viçosa: UFV, concentrando seus estudos na área de Nutrição e Produção de Ruminantes, o qual foi iniciado em março de 2009. Defendendo a tese em 24 agosto de 2012.

SUMÁRIO

RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
Referencias bibliográficas.....	9
Cana-de-açúcar e relações entre ureia, proteína verdadeira e amido na alimentação de novilhas leiteiras.....	11
Resumo.....	11
Introdução.....	11
Material e métodos.....	13
Resultados.....	20
Discussão.....	28
Conclusão.....	31
Referencias bibliográficas.....	31
Estimativa da cinética ruminal das partes da cana-de-açúcar em novilhas leiteiras.....	33
Resumo.....	33
Introdução.....	33
Material e métodos.....	35
Resultados.....	44
Discussão.....	48
Conclusão.....	50
Referencias bibliográficas.....	50
CONCLUSÕES GERAIS.....	52
APÊNDICE.....	53

RESUMO

ABREU, Claudilene lima de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2012. **Estratégias para utilização da cana-de-açúcar na alimentação de novilhas leiteiras: relações entre ureia, proteína verdadeira e amido.** Orientador: José Carlos Pereira. Coorientador: Augusto César de Queiroz.

Objetivou-se avaliar o consumo, digestibilidade dos nutrientes, metabolismo de nitrogênio, degradabilidade efetiva e repleção ruminal em novilhas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar e relações entre ureia, proteína verdadeira e amido. Sendo que os animais (onze novilhas com peso vivo inicial de 250 ± 31 kg) foram distribuídos em dois quadrados latinos, 6×6 e 5×5 , para os Experimentos 1 e 2, respectivamente. Os períodos foram compostos por 23 dias, sendo 10 dias para adaptação e 13 dias de coletas. Foi utilizada cana-de-açúcar como fonte volumosa para os dois Experimentos, com adição de ureia + sulfato de amônio (9:1) para correção do teor protéico, sendo diluídos e misturados a cana antes da alimentação dos animais. No Experimento 1 foram utilizados dois níveis de ureia, 10 e 14 g ureia/kg MN de cana, sendo que para cada um dos níveis foi disponibilizado aos animais 1,5 kg/dia de concentrados a base de milho triturado, farelo de soja e suplemento mineral, com diferentes teores de proteína bruta: 180, 200 e 220 g/kg de matéria seca. No Experimento 2, foram utilizadas relações de amido:fibra no concentrado: 80:20, 70:30, 60:40, 50:50 e 40:60 (a ureia+sulfato de amônio adicionado ao volumoso foi de 10 g ureia/kg MN de cana). Foi oferecido 1,5 kg de concentrado constituído de milho triturado, farelo de soja, farelo de trigo e suplemento mineral. A avaliação do consumo foi realizada do 10 ao 15º dia de cada período com pesagens diárias da quantidade de dieta fornecida e das sobras em cada tratamento. A digestibilidade aparente total foi determinada utilizando o método indireto com o indicador óxido crômico, fornecido do 1º ao 14º dia de cada período experimental. As amostras de fezes foram coletadas entre o 10º e 15º dia de cada período com intervalos de 26 horas. A estimativa dos parâmetros da cinética de passagem de partículas pelo trato gastrintestinal dos animais foi determinada a partir do ajuste do modelo bicompartimental (gama para um compartimento e exponencial para outro), aos dados de excreção fecal do indicador Lantânio, fixado a parede celular da cana-de-açúcar. Do 17º ao 23º dia de cada período foram coletadas amostras de fezes nos tempos 0, 8, 16, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66, 72, 84, 96, 120 e 144 horas após incubação do da fibra marcada. Para estimativa dos parâmetros de degradabilidade ruminal da fibra da cana-de-açúcar e suas distintas partes (topo, casca e colmo) foi

adotada a técnica *in situ*, utilizando três animais fistulados no rúmen. As amostras foram incubadas nos tempos 0, 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 72, 96, 120 e 144 horas, sendo três repetições para cada alimento e cada tempo. O aumento dos níveis de nitrogênio não protéico na forma de ureia em dietas com cana-de-açúcar como volumoso (10 para 14 g de ureia/kg MN cana) para novilhas leiteiras não afeta o aproveitamento de nutrientes pelos animais, apresentando consumo, digestibilidade da matéria seca semelhantes e menores valores de degradabilidade efetiva da fibra e repleção ruminal. A inclusão de amido em níveis crescentes e a redução da fibra em dietas com cana-de-açúcar mais ureia para novilhas leiteiras não apresenta mudanças na degradabilidade efetiva da FDN da cana e na repleção ruminal. O colmo apresenta maior degradabilidade efetiva da FDN em relação a casca e ponta da cana-de-açúcar.

ABSTRACT

ABREU, Claudilene lima de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2012. **Strategies for the use of cane sugar in the diet of dairy heifers: relationship between urea, true protein and starch.** Adviser: José Carlos Pereira. Co-adviser: Augusto César de Queiroz.

This study aimed to evaluate intake, nutrient digestibility, nitrogen metabolism, degradability and rumen fill in dairy heifers fed cane sugar and urea relations, true protein and starch. Since the animals (eleven heifers with initial body weight of 250 ± 31 kg) were divided into two Latin squares, 6×6 and 5×5 , for Experiments 1 and 2, respectively. The periods were made for 23 days, with 10 days for adaptation and 13 days of collection. We used cane sugar as a source for both bulky Experiments with added urea + ammonium sulfate (9:1) to correct the protein content being diluted and mixed with sugar before feeding the animals. In Experiment 1 we used two levels of urea, 10 and 14 g urea / kg MN cane, and for each level was made available to the animals 1.5 kg / day concentrates the basis of ground corn, soybean meal and mineral supplement, with different levels of crude protein: 180, 200 and 220 g / kg dry matter. In Experiment 2, we used relations starch: fiber in the concentrate: 80:20, 70:30, 60:40, 50:50 and 40:60 (urea + ammonium sulfate was added to the bulky 10 g urea / kg MN cane). Was offered 1.5 kg of concentrate containing ground corn, soybean meal, wheat bran and mineral supplement. The intake assessment was conducted from the 10 to 15th day of each period with daily weighing the amount of diet fed and orts for each treatment. The apparent digestibility was determined using the indirect method with chromic oxide indicator, provided the 1st to the 14th day of each experimental period. Stool samples were collected between the 10th and 15th day of each period at intervals of 26 hours. The estimation of kinetic parameters of particle passage through the gastrointestinal tract of the animals was determined from the adjustment compartment model (gamma exponential and a compartment to another), the data for Fecal excretion of Lanthanum indicator, set the cell wall cane -cane. From 17 ° to 23 days of each period stool samples were collected at times 0, 8, 16, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66, 72, 84, 96, 120 and 144 hours after Incubation of labeled fiber. To estimate parameters of ruminal degradability of fiber from sugar cane and its various parts (top and stem bark) was adopted in situ technique, using three animals rumen. The samples were incubated at 0, 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 72, 96, 120 and 144 hours, with three replicates for each food and every time. The increased levels of non-protein nitrogen as urea in diets with

sugar cane as forage (10 to 14 g of urea / kg cane MN) for dairy heifers does not affect the utilization of nutrients by the animals, with intake, digestibility similar dry matter and lower values of effective degradability of fiber and rumen fill. The inclusion of starch in increasing levels and lower fiber diets with cane sugar more urea for dairy heifers shows no changes in NDF cane and rumen fill. The stem has a higher NDF compared to shell and tip of cane sugar.

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, a qual se destaca entre as gramíneas tropicais como a planta de maior potencial para produção de matéria seca e energia por unidade de área, em um único corte por ano. Durante seu ciclo de crescimento ocorre aumento da quantidade de caule em relação às folhas, aumento da lignificação da parede celular e aumento gradativo da quantidade de sacarose. O aumento da sacarose torna a cana-de-açúcar uma forrageira diferente das demais forrageiras tropicais, pois sua digestibilidade total não diminui com a maturidade da planta e seu valor nutritivo é conservado por períodos relativamente longos, possibilitando seu armazenamento no campo para ser usada nos períodos críticos de alimentação do animal.

As vantagens que justificam a utilização da cana-de-açúcar como recurso forrageiro está na facilidade de cultivo, baixo custo por unidade de matéria seca produzida e a maturidade coincidindo com o período seco do ano. No entanto, de acordo com Costa (2004) e Magalhães (2001), a mesma, apresenta limitações de ordem nutricional, devido aos baixos teores proteicos e da maioria dos minerais (principalmente fósforo), a baixa digestibilidade da fibra e ausência de amido, as quais comprometem o consumo voluntário e conseqüentemente o desempenho animal.

O conteúdo nitrogenado da dieta influi diretamente no consumo, portanto forragens com teores de proteína bruta (PB) inferiores a 5% na MS são limitantes para o crescimento de microrganismos do rúmen, conseqüentemente diminui o processo de fermentação ruminal e aumenta o tempo de retenção do alimento no compartimento ruminal (Raymond, 1969). Considerando que a cana-de-açúcar possui teor protéico em torno de 3% de PB, fica inviável o seu uso para a alimentação de ruminantes como alimento exclusivo, sem as devidas correções nutricionais.

De acordo com Russell et al. (1992) os fatores que mais afetam a síntese microbiana no compartimento ruminal são a disponibilidade e a sincronização entre energia e compostos nitrogenados. Sendo assim o elevado teor de carboidratos não fibrosos (CNF) presente na cana-de-açúcar fornece energia prontamente utilizável aos microrganismos do rúmen a qual permite a correção do baixo teor de PB da cana por meio da adição de fontes de nitrogênio não-protéico (NNP), como a ureia, em dietas para ruminantes.

A ureia é obtida industrialmente por meio da combinação de amônia com gás carbônico em condições de elevada temperatura e pressão. É considerada NNP, ou seja, não são aminoácidos reunidos por ligações peptídicas existentes em plantas e animais. Possui 45% de nitrogênio (N) e apresenta equivalente protéico de, aproximadamente, 2800 g PB/kg MS. A ureia não possui minerais, é extremamente solúvel e no rúmen é rapidamente convertida em amônia.

A ureia é rapidamente hidrolisada pela ação da enzima urease sintetizada pelas bactérias do rúmen, produzindo amônia e dióxido de carbono (Mobley e Hausinger, 1989; Virtanen, 1966). Com a ação dos microrganismos do rúmen ocorre a combinação da amônia com esqueleto de carbono resultante da degradação de carboidratos, assim são sintetizados os aminoácidos, que são utilizados para formar a proteína desses microrganismos; ou seja, a microbiota ruminal transforma o N da dieta em proteína de boa qualidade, sendo que o N poderá vir tanto de proteínas verdadeiras como do NNP, como a ureia.

No entanto, as bactérias ruminais necessitam de uma fonte de enxofre para produção de aminoácidos sulfurados (metionina, cistina e cisteína), onde parte será utilizada na formação de proteína microbiana e outra parte passará para compartimentos inferiores onde serão absorvidos. A demanda de enxofre pelas bactérias é proporcional a

demanda dos aminoácidos metionina, cistina e cisteína (tanto por bactérias como pelo animal ruminante). Normalmente, relações nitrogênio:enxofre (N:S) de aproximadamente 13-14:1 no suplemento são suficientes para propiciar desempenho adequado aos bovinos, ou seja, para cada 13 a 14 g de N deve haver 1 g de enxofre (Ferreiro et al., 1977b).

Este enxofre pode ser proveniente tanto do sulfato de amônio como do sulfato de cálcio, onde para atingir a relação de N:S necessária são utilizados 9 partes de ureia + 1 parte de sulfato de amônio ou 8 partes de ureia + 2 partes de sulfato de cálcio. Com a utilização da relação de 9:1 de ureia:sulfato de amônio na dieta de bovinos, pode haver uma melhor eficiência microbiana com aumento da síntese microbiana e aumento do fluxo de proteína ruminal, o que proporciona melhor aproveitamento da proteína pelo animal.

Sendo assim, a adição de nitrogênio e enxofre à alimentação dos bovinos auxilia de duas formas: em primeiro lugar, permite a correção da deficiência desses nutrientes, os quais são necessários para a síntese de proteína microbiana, e, em segundo, permite que o animal consuma mais energia mediante o aumento da taxa de digestão. A suplementação com enxofre tem aumentado a digestibilidade “*in vitro*” da celulose, bem como a digestibilidade “*in vivo*” da fibra em detergente neutro (FDN - Hunter e Siebert, 1980).

A suplementação nitrogenada já consagrada é a utilização de ureia, na base de 0,8 a 1,0 kg de ureia:sulfato de amônio para cada 100 kg de cana-de-açúcar *in natura* (Pereira, 2000), assim o teor de PB na forragem é aumentado de 2 a 3% para 10 a 12% na MS, viabilizando a utilização da cana na alimentação animal. A relação de NNP adicionado a cana-de-açúcar veio fundamentada em várias pesquisas realizadas na

década de 70 (Alvarez e Preston, 1976; Ferreiro et al. 1977a; Preston, 1977) com intuito de apresentarem melhor aproveitamento da cana-de-açúcar na dieta de ruminantes.

Com base na premissa relatada por Hume et al. (1970) de que os microrganismos ruminais necessitavam de 24 g de N/kg de MS para ter a maior síntese microbiana (em termos de quantidade de proteína microbiana por unidade de carboidrato fermentável), Alvarez e Preston (1976) realizaram um Experimento com quatro níveis de ureia na cana-de-açúcar: 0 (controle); 3,75; 7,50; 11,25, e 15 g ureia/kg de cana *in natura*. Neste trabalho os autores verificaram que à medida que aumentava o nível de ureia na dieta, aumentava o consumo e, conseqüentemente, o ganho de peso dos animais, porém o nível ótimo verificado foi de 11,25 g ureia/kg de cana *in natura*. Sendo assim, 36 g de ureia/kg de cana na MS são necessários para otimizar o consumo de MS por animais recebendo dieta a base de cana-de-açúcar. Contudo Preston (1977) reavaliou este trabalho, e evidenciou a necessidade das bactérias microbiana de que apenas 30g de ureia/kg de cana na MS são suficientes para suprir a demanda de N pelos microrganismos ruminais. Isso equivale de 8 a 10 g de ureia/kg de cana *in natura* a ser utilizado na cana-de-açúcar como fonte de nitrogênio não protéico.

A necessidade de proteína degradada no rúmen (PDR) para atender as exigências de crescimento dos microrganismos, está relacionada com a quantidade de energia digerida no rúmen. De acordo com Russell et al. (1992) pode-se ter uma aproximação razoável desta relação, estimando as exigências de PDR como sendo de 10,5 a 12% da concentração de energia na forma de nutrientes digestíveis totais. Tal afirmação pode ser expressa da seguinte forma: para cada 100 g de carboidrato fermentável no rúmen as bactérias necessitam de 3 g de N prontamente disponível.

Avaliando o contexto geral (Alvarez e Preston, 1976; Preston, 1977) pode-se considerar que a utilização de 1 kg de ureia:sulfato de amônio para 100 kg de cana *in*

natura é fundamentada na base de exigência das bactérias ruminais que dependem do N para produzirem energia para o ruminante. Hungate (1966) já mencionava “*The ruminants live longer at the expense of the products of bacterial activity and microorganisms themselves than food intake*”.

Outro grande entrave na utilização da cana-de-açúcar é a disposição e quantidade dos componentes da fibra, pois quando se compara o teor de FDN da cana-de-açúcar com a da silagem de milho, encontra-se teores de aproximadamente 47 contra 60%, respectivamente (Dutra, 1997; Rodriguez, 1995). Desta forma a composição da fibra presente na cana-de-açúcar é um dos principais fatores limitantes do consumo e digestibilidade de nutrientes dos animais.

Em nutrição de ruminantes o termo fibra é usado para abreviar os constituintes da planta que são de lenta digestão e até mesmo indigestíveis, mas que ocupam espaço no trato gastrointestinal dos animais (Mertens 1996; Van Soest 1994). A fibra insolúvel em detergente neutro ou simplesmente FDN é constituída por três macrocomponentes; celulose, hemicelulose e lignina. Estes componentes podem apresentar-se em maior ou menor escala conforme a composição da planta. Mas a digestão de todas as frações fibrosas insolúveis é limitada pela lignificação, o que não ocorre com o conteúdo celular (Van Soest, 1967; Huhtanen et al., 2006).

As propriedades físico-químicas da fibra da cana-de-açúcar são de proporções distintas, com alto teor de lignina, o que compromete a capacidade de enchimento ruminal dos animais. Desta forma, a dieta a base de cana-de-açúcar possui, em termos de FDN, a maior capacidade de ocupar o espaço no rúmen (maior repleção ruminal), ou seja, maior efeito inibitório sobre o consumo, quando comparada à dieta a base de silagem de milho.

De acordo com Van Soest, (1967) a redução do consumo está atribuída a digestibilidade da FDN e principalmente à menor taxa de digestão da fibra em detergente neutro potencialmente digestível (FDNpd), que aumenta o tempo de retenção da digesta no rúmen-retículo e reduz a taxa de passagem pelo trato gastrointestinal.

O rúmen pode ser considerado um ecossistema complexo, mas em harmonia, onde os seres vivos (microrganismos) que lá habitam retiram nutrientes para sua sobrevivência a partir do alimento que o animal consome, produzindo ácidos graxos voláteis (AGV) e proteína microbiana, que serão utilizados pelo ruminante como fonte de energia e proteína. Com base na afirmativa acima, nota-se a extrema importância da oferta de alimentos que possam suprir as exigências dos microrganismos para manter a simbiose com o ruminante e o correto crescimento microbiano.

O ecossistema ruminal é caracterizado pela existência de relações de competição e de interdependência entre as diversas espécies bacterianas que o habitam. Assim ocorre a otimização do uso dos substratos presentes no meio. Nessa relação o produto de degradação ou fermentação de um substrato por um grupo de bactérias pode servir como substrato para outro grupo (Russell, 2002). Portanto a dieta é, provavelmente, o fator mais importante que influencia o número e a proporção relativa das diferentes espécies de microrganismos ruminais.

O substrato proveniente da oferta de uma dieta, exclusiva, de cana-de-açúcar mais a ureia:sulfato de amônio apresenta relações ótimas de carboidrato prontamente fermentáveis e PDR, favorecendo o processo de degradação e fermentação ruminal dos constituintes da dieta. A sacarose (açúcar presente na cana) é completamente fermentado no rúmen pelas bactérias glicolíticas, que por sua vez necessitam de uma pequena quantidade de proteína para sua manutenção e produção de AGV (Russell, 2002). Essa proteína pode ser a de origem não protéica que está em abundância na dieta,

já que a cana foi corrigida com ureia. Portanto, a demanda de proteína prontamente digerível exigida pelas bactérias em dietas a base de cana de açúcar é suprida com a correção do teor protéico a partir da ureia:sulfato de amônio.

A fibra presente na cana-de-açúcar, assim como em outros alimentos, é um substrato que não é digerido pelo sistema enzimático do ruminante, mas é digerido pelas bactérias fibrolíticas, que possuem o papel principal na exploração do potencial de fornecimento de energia (AGV) ao animal (Van Soest, 1967). A utilização da FDN da cana-de-açúcar no ambiente ruminal influencia diretamente no crescimento microbiano, podendo aumentar ou diminuir a eficiência microbiana, com a adição dos nutrientes necessários a exigência das bactérias para digerirem celulose e hemicelulose.

A atividade das bactérias fibrolíticas no processo de digestão da celulose e hemicelulose é influenciada por diversos fatores, entre eles a diminuição do pH, que decai a atividade microbiana inviabilizando a otimização da dieta. Mas a cana-de-açúcar apresenta em sua composição alto teor de FDN, o qual segundo Mertens (1997), estimula a mastigação e proporciona a liberação de tampões via saliva para o rúmen, mantendo o pH numa faixa de 6,5 a 7 – ideal para crescimento e atuação das bactérias fibrolíticas.

Outro fator, extremamente importante, é a demanda de N pelas bactérias fibrolíticas, utilizadas para síntese de enzimas que atuam no rompimento das ligações entre os monômeros formadores dos polímeros da fibra. Quando se faz a correção do teor proteico da cana, de 2,5 a 3% para 10 a 12% com adição da mistura de ureia:sulfato de amônio, além de aumentar o teor de proteína na dieta que proporcionará aumento na produção de proteína microbiana, também aumenta o aproveitamento da FDNpd, com aumento da proporção e eficiência das bactérias fibrolíticas, conseqüentemente maior quantidade de AGV serão disponibilizados ao animal.

A oferta de cana sem a adição da ureia implica em redução da digestão da celulose, pois a cana é rica em açúcares, prontamente fermentável o qual produz grandes quantidades de calor e gases, e propicia o desenvolvimento de espécies bacterianas com alta capacidade de degradação de açúcares e diminui espécies que digerem a fibra. A deficiência de proteína acarreta em redução da degradação da fibra, aumenta ainda mais a repleção ruminal, reduzindo a eficiência de crescimento microbiano, conseqüentemente a síntese de proteína microbiana e AGV. Existe também a possibilidade de perda de energia devido a fermentações secundárias dos AGV no rúmen, com produção de metano e de dióxido de carbono (Pereira, 1995), promovendo aumento das bactérias produtoras de tais elementos.

Após a suplementação da cana-de-açúcar com ureia + sulfato de amônio existe ainda a necessidade de adicionar uma fonte de amido para aumentar a eficiência e crescimento microbiano. Esta forrageira não contém precursores glicogênicos, como o amido, que pode contribuir diretamente para formação de glicose, escapando da degradação ruminal e passando intacto para o duodeno, ou, indiretamente, via ácido propiônico (Preston, 1977). Ao adicionar uma fonte de amido a cana suplementada com ureia + sulfato de amônio ocorre um balaço na síntese dos ácidos acético, propiônico e butírico no rúmen, proporcionando um crescimento adequado da microbiota ruminal.

O crescimento dos microrganismos do rúmen, como um todo, não depende apenas de N, mas também de energia para síntese e assimilação dos aminoácidos, da taxa de diluição ruminal, a frequência de alimentação, o consumo de alimento, a relação volumoso:concentrado, entre outros fatores. Como nutricionistas, devemos minimizar os efeitos que impedem o crescimento da flora microbiana e maximizar a eficiência microbiana e, conseqüentemente, o aproveitamento dos nutrientes pelo animal.

Referências bibliográficas

- ALVAREZ, F.J.; PRESTON, T.R. Studies on urea utilization in sugar cane diets: effect of level. **Tropical Animal Production**, v.3, p.119-126, 1976.
- COSTA, M.G. **Cana-de-açúcar e concentrado em diferentes proporções para vacas leiteiras**. 2004. 66f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa.
- DUTRA, A.R.; QUEIROZ, A.C.; PEREIRA, J.C. et al. Efeitos dos níveis de fibra e das fontes de proteína sobre o consumo e digestão dos nutrientes em novilhos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, n. 4, p. 787-796. 1997.
- FERREIRO, H.M.; SUTHERLAND, T.M.; PRESTON, T.R. Brix and dry matter content as indices of urea requirements in diets based on sugar cane. **Tropical Animal Production**, v.2, p.213-218, 1977a.
- FERREIRO, H.M.; PRESTON, T.R.; SUTHERLAND, T.M. Investigation of dietary limitations on sugar cane based diets. **Tropical Animal Production**. v.2, .56-61, 1977b.
- HUHTANEN, P.; NOUSIAINEN, J.; RINNE, M. Recent developments in forage evaluation with special reference to practical applications. **Agricultural and Food Science**, v. 15, p. 293-323. 2006.
- HUME, I.D.; MOIR R.J.; SOMMERS, M. Synthesis of microbial protein in the rumen I Influence of the level of nitrogen intake. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.2, n.21, p.283-296. 1970.
- HUNGATE, R.E. **The Rumen and Its Microbes**. New York: Academic Press, 1966. 533p.
- HUNTER R.A.; SIEBERT B.D. The utilization of spear grass (*Heteropogon contortus*). IV. The nature and flow of digesta in cattle fed on spear grass alone and with protein or nitrogen or sulfur. **Australian Journal of Agricultural Research**, n. 31, p. 1037-1047. 1980.
- MAGALHÃES, A.L.R. **Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*, L.) em substituição à silagem de milho (*Zea mays*) em dietas para vacas em lactação**. 2001. 64f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa.
- MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v.80, p.1463-1481. 1997.
- MERTENS, D.R. Using fiber and carbohydrate analyses to formulate dairy rations. In: INFORMATIONAL CONFERENCE WITH DAIRY AND FORAGES INDUSTRIES, 1996, USA, **Proceedings...** 1996. p.81-92.
- MOBLEY, H.L.T.; HAUSINGER, R.P. Microbial ureases: significance, regulation, and molecular characterization. **Microbiological Reviews**, v. 53, p. 85-108. 1989.
- PEREIRA, J.C. **Vacas leiteiras: Aspectos práticos da alimentação**, 1ª edição, Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2000. 198p.
- PEREIRA, O.G. **Valor nutritivo da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) sob as formas integral, sacharina e colmo desidratado, para bovinos e ovinos**. 1995. 114f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa.
- PRESTON, T.R. Nutritive value of sugar cane for ruminants. **Tropical Animal Production**, v. 2, p. 125-142. 1977.
- RAYMOND, W.F. The nutritive value of forage crops. **Advances in Agronomy**, v.21, p.1-108. 1969.

- RODRIGUEZ, N.M. Pesquisas sobre dinâmica da fermentação ruminal e partição da digestão realizadas no Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa. **Anais ...** Viçosa, 1995, p. 355-388.
- RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX D.G. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3551-3561, 1992.
- RUSSELL, J.B. **Rumen microbiology and its role in ruminant nutrition**. James B. Russell, Ithaca, 2002. 120 p.
- VAN SOEST, P.J. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. **Journal of Animal Science**, v. 26, p. 119-128. 1967.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VIRTANEN, A.I. Milk production of cows on protein-free feed. **Science**, v. 153, p. 1603-1614. 1966.

Cana-de-açúcar e relações entre ureia, proteína verdadeira e amido na alimentação de novilhas leiteiras

Resumo

Objetivou-se avaliar o consumo, digestibilidade dos nutrientes e metabolismo de nitrogênio de novilhas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar e relações entre ureia, proteína verdadeira e amido. Foram conduzidos dois Experimentos simultâneos, utilizando onze novilhas leiteiras com peso vivo inicial de 250 ± 31 kg, e foram distribuídos em dois quadrados latinos, 6×6 e 5×5 . Os períodos foram compostos por 23 dias, sendo 10 dias para adaptação e 13 dias de coletas. No Experimento 1 foram utilizados dois níveis de ureia, 10 e 14 g ureia/kg MN de cana-de-açúcar, sendo que para cada um dos níveis foi disponibilizado 1,5 kg/animal/dia de concentrado com diferentes teores de proteína bruta: 180, 200 e 220 g/kg MS. No Experimento 2, foram utilizadas relações de amido:fibra no concentrado: 80:20, 70:30, 60:40, 50:50 e 40:60 (a ureia+sulfato de amônio adicionado foi de 10 g ureia/kg MN de cana-de-açúcar e 1,5 kg de concentrado por dia). A avaliação do consumo foi realizada do 10 ao 15º dia de cada período com pesagens diárias da dieta fornecida e das sobras em cada tratamento. A digestibilidade aparente total foi determinada utilizando o método indireto com o indicador óxido crômico. As amostras de fezes foram coletadas entre o 10º e 15º dia de cada período com intervalos de 26 horas. O aumento do nível de ureia adicionado a cana-de-açúcar (10 para 14 g/kg MN) e o teor de proteína bruta do concentrado para novilhas leiteiras não afeta o aproveitamento de nutrientes pelos animais. A inclusão de amido em níveis crescentes e redução da fibra em dietas a base de cana-de-açúcar mais ureia para novilhas leiteiras diminui o aproveitamento de nutrientes pelos animais, por reduzir a degradação da fibra e conseqüentemente aumentar a passagem de partículas para compartimentos inferiores.

Palavras-chave: amido, consumo, digestibilidade, fibra, metabolismo de nitrogênio.

Introdução

A ideia de utilizar a cana-de-açúcar como forragem para a alimentação de bovinos é antiga, pois a facilidade de seu cultivo, a coincidência da colheita com a época de

estiagem e a boa produção obtida em condições tropicais tornaram-na um alimento de grande interesse dos criadores e pesquisadores (Rodrigues, 1999).

De acordo com Preston (1977) a cana-de-açúcar apresenta limitações de ordem nutricional, devido aos baixos teores de proteína e minerais (principalmente fósforo), baixa digestibilidade da fibra e ausência de precursores glicogênicos. Fatores esses que comprometem o consumo voluntário, a digestibilidade e conseqüentemente o desempenho animal. Porém, outros ingredientes podem ser inseridos à ração para correção das limitações da cana, como ureia (nitrogênio não protéico - NNP), suplemento mineral e uma fonte de amido.

Dietas a base de cana-de-açúcar mais ureia tem merecido grande destaque na alimentação dos ruminantes, pois possuem alguns nutrientes essenciais para atender a demanda da microbiota ruminal e conseqüentemente suprir as exigências energéticas e protéicas dos ruminantes a partir do substrato que lhes é fornecido. De acordo com Hoover e Stokes (1991) o crescimento microbiano é influenciado pela interação de fatores químicos, fisiológicos e nutricionais, ou seja, varia conforme o microrganismo, a fase do crescimento microbiano e a disponibilidade de nutrientes exigidos pela microbiota, tais como carboidratos, amônio, peptídeos, aminoácidos, enxofre e ácidos graxos (Sniffen et al., 1993).

O consumo, digestibilidade e o crescimento microbiano em novilhas leiteiras podem ser influenciados pela interação da cana-de-açúcar à ureia, com teores de proteína bruta no concentrado. Assim como há a dependência das bactérias ruminais de energia para utilização do NNP, relações de amido e fibra no concentrado podem maximizar a disponibilidade de nutrientes aos ruminantes com o aumento da digestão e conseqüentemente aproveitamento da dieta pelo animal.

Desta forma, objetivou-se avaliar o consumo, digestibilidade dos nutrientes e metabolismo de nitrogênio de novilhas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar e relações entre ureia, proteína verdadeira e amido.

Material e métodos

Foram conduzidos dois Experimentos simultaneamente, sendo empregadas onze novilhas leiteiras com peso inicial de aproximadamente 250±31 kg. Seis e cinco animais foram alocados nos Experimentos 1 e 2, respectivamente. Os animais foram mantidos em baias individuais cobertas com telhas de zinco, com piso dividido entre concreto e cama de maravalha e cochos individuais de alvenaria para o alimento e para água.

Tabela 1 – Composição nutricional dos alimentos (% na MS)

Componentes	Cana-de-açúcar	Farelo de milho	Farelo de soja	Farelo de trigo
MS ¹	26,22	86,98	87,47	86,89
MO ²	93,03	98,93	93,76	94,65
PB ³	2,87	10,43	55,56	21,59
EE ⁴	1,57	5,78	1,79	3,90
Amido	2,92	63,80	3,90	32,40
FDNcp ⁵	72,02	18,04	10,77	40,89
Lignina	5,90	3,07	1,97	4,36
Celulose	37,62	5,53	3,79	4,87
Hemicelulose	28,50	9,44	5,01	31,66
Pectina	0,35	0,54	1,20	0,52
CNF ⁶	21,86	66,45	33,78	33,50
MM ⁷	3,35	1,07	6,64	5,35

¹Matéria seca, ²matéria orgânica, ³proteína bruta, ⁴extrato etéreo, ⁵fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, ⁶carboidratos não fibrosos e ⁷matéria mineral.

Análises realizadas no laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia/ UFV.

Foram usados quadrados latinos como delineamento experimental, ou seja, 6×6 e 5×5 para os Experimentos 1 e 2, respectivamente. O Experimento 1 foi arranjado em esquema fatorial 2×3. Os períodos foram compostos por 23 dias, sendo 10 dias para adaptação e 13 dias para coletas. Foi utilizada cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) como fonte volumosa em ambos os Experimentos, com acréscimo de ureia e sulfato de amônio na proporção 9:1 visando a correção do teor proteico. Os sais foram diluídos em água, regados sobre a cana-de-açúcar e os alimentos misturados antes de serem oferecidos aos animais.

No Experimento 1 foram utilizados dois níveis da mistura ureia sobre o volumoso, 10 e 14 g ureia/kg cana *in natura*, sendo que para cada um dos níveis foram oferecidos aos animais concentrados a base de milho triturado, farelo de soja e suplemento mineral, com diferentes teores de proteína bruta: 180, 200 e 220 g/kg de matéria seca (MS – Tabela 2). No Experimento 2 foi utilizado 10 g de ureia/kg cana *in natura*, foram utilizadas relações de amido:fibra no concentrado de: 80:20, 70:30, 60:40, 50:50 e 40:60. Os concentrados foram constituídos de milho triturado, farelo de soja, farelo de trigo e suplemento mineral (Tabela 3).

As dietas foram disponibilizadas aos animais em duas porções diárias, às 7:00 e às 17:00 horas. Diariamente, foram feitas pesagens das quantidades das dietas fornecidas e das sobras de cada tratamento, para estimativa do consumo a fim de manter as sobras de alimento na ordem de 5 a 10%, com base na matéria natural (MN). Foram oferecidos 1,5 kg/animal/dia de alimento concentrado para atender as exigências nutricionais das novilhas leiteiras, divididos em duas porções diárias de 0,750 kg, em ambos Experimentos. O volumoso foi disponibilizado a vontade, respeitando o ajuste das sobras e a correção protéica de 1 kg de ureia:sulfato de amônio (9:1) para cada 100 kg de cana *in natura*.

Tabela 2 – Ingredientes e composição química dos concentrados com diferentes teores de proteína (Experimento 1)

Itens	180 g PB	200 g PB	220 g PB
Milho (kg MS ¹)	75,70	70,64	65,57
Farelo de soja (kg MS ¹)	22,30	27,36	32,43
Núcleo mineral (kg MS ¹)	2,00	2,00	2,00
Composição química (%)			
MS ¹	89,20	89,70	90,14
PB ²	18,00	20,00	22,00
PDR ³	9,43	10,74	12,05
PNDR ⁴	8,57	9,26	9,95
EE ⁵	2,65	2,58	2,51
FDN ⁶	12,85	13,02	13,18
NDT ⁷	83,83	83,68	83,53
Degradabilidade ruminal de PB ² (% PB)			
PDR ³	52,39	53,70	54,77
PNDR ⁴	47,61	46,30	45,23

¹Matéria seca, ²proteína bruta, ³proteína degradada no rúmen, ⁴proteína não degradada no rúmen, ⁵extrato etéreo, ⁶fibra em detergente neutro, ⁷nutrientes digestíveis totais.

Núcleo mineral em 1 kg: 506 g de cálcio, 3 g cobre, 18 g de magnésio, 30 g de enxofre, 113 g de fósforo e 330 g de sódio.

Tabela 3 – Ingredientes e composição química dos concentrados com diferentes relações de amido:fibra (Experimento 2)

Itens	80:20	20:30	60:40	50:50	40:60
Milho (kg MS ¹)	85,00	65,00	47,00	28,00	9,00
Farelo de Trigo (kg MS ¹)	0,00	23,00	44,00	66,00	88,00
Farelo de Soja (kg MS ¹)	13,00	10,00	7,00	4,00	1,00
Núcleo mineral (kg MS ¹)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Composição química (% na MS ¹)					
MS ¹	89,44	89,48	88,77	89,77	89,16
PB ²	15,00	15,06	15,46	15,94	16,41
EE ³	2,76	2,98	3,17	3,37	3,56
Amido	53,50	48,12	43,37	38,30	33,24
FDN ⁴	12,58	20,82	28,36	36,27	44,17
NDT ⁵	84,07	80,93	78,04	75,01	71,97
Relação amido:fibra					
A:F	81:19	70:30	60:40	51:49	43:57
Amido/FDN	4,25	2,31	1,53	1,06	0,75

¹matéria seca, ²proteína bruta, ³extrato etéreo, ⁴fibra em detergente neutro. ⁵nutrientes digestíveis totais.

Mistura mineral em 1 kg: 506 g de cálcio, 3 g cobre, 18 g de magnésio, 30 g de enxofre, 113 g de fósforo e 330 g de sódio.

Foram realizadas amostragens dos alimentos oferecidos e das sobras em ambos Experimentos, entre o 10 e 15º dia de cada período, para a determinação do consumo individual, cujas amostras foram colocadas em sacos plásticos e armazenadas em *Freezer* à temperatura de -10°C para posteriores análises químicas.

A digestibilidade aparente total foi determinada a partir do método indireto utilizando-se como indicador o óxido crômico (Cr₂O₃), fornecido do 1º ao 14º dia de cada período experimental. As amostras de fezes foram coletadas entre o 10º e 15º dia de cada período experimental com intervalos de 26 horas cada, iniciando-se às 8 horas do 11º dia e finalizando às 16 horas do 15º dia, acondicionando-as em sacos plásticos devidamente etiquetados e abertos em bandejas de alumínio, que foram levadas à estufa

regulada a 65°C para pré-secagem. Ao final do período de coletas foi feita uma amostra composta das fezes de cada animal com base no peso seco ao ar.

Nas amostras de alimentos, sobras e fezes foram determinados os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), cinzas (CZ), extrato etéreo (EE), carboidratos não fibrosos (CNF) e nitrogênio total (N), conforme as técnicas descritas por Silva e Queiroz (2002), sendo que o teor de PB foi obtido multiplicando-se o teor de N pelo fator 6,25. O teor de fibra em detergente neutro (FDN) foi determinado conforme Van Soest et al. (1991) e o teor de amido foi determinado conforme a metodologia proposta por Bach Knudsen (1997).

A estimativa de consumo dos nutrientes digestíveis totais (CNDT) foi obtida para cada animal, dentro de seu tratamento e período, a partir da diferença entre o ingerido e o excretado de cada nutriente com base na MS de acordo com a equação descrita por Sniffen et al. (1992).

Para determinação dos coeficientes da digestibilidade aparentes total (CDT) da MS, MO, PB, EE, FDN, CNF e carboidrato total (CT), os cálculos foram efetuados segundo Coelho da Silva e Leão (1979). Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados segundo equação de Morrison (1956).

Para a determinação do balanço de compostos nitrogenados e a produção de proteína microbiana foram coletadas amostras de urina, sangue e fezes. Foram coletadas amostras de urina “spot” no 16º dia de cada período, quatro horas após a alimentação matinal durante micção estimulada por massagem na vulva. Depois de serem homogeneizadas e filtradas em tripla camada de gazes, foram obtidas alíquotas de 10 mL das amostras e diluídas em 40 mL de ácido sulfúrico 0,0036 N. Nestas amostras o pH foi ajustado para valores abaixo de três para paralisar a ação microbiana nos derivados de purina e não concorrer a precipitação do ácido úrico, e posteriormente

foram acondicionadas em recipientes plásticos, devidamente identificados, e congeladas a -20°C para posteriores análises de creatinina, ureia, alantoína e ácido úrico. Também foram coletados 40 mL de urina pura sem conservante e congelada a -20°C para posterior determinação do teor de nitrogênio.

No 16º dia de cada período experimental foram coletadas amostras de sangue quatro horas após a alimentação matinal utilizando-se agulhas e tubos com vácuo. Logo após a coleta, as amostras de sangue foram centrifugadas (força-g 2800, em raio 10 por 15 minutos) e acondicionadas em tubos do tipo “*ependorfs*” devidamente identificadas e congeladas para posterior análise de determinação do nitrogênio ureico no sangue (NUS). A determinação da ureia no plasma sanguíneo foi realizada segundo o método diacetil modificado (kits comerciais Labtest®).

A creatinina foi determinada nas amostras de urina *spot* com o uso de kits comerciais (Labtest®), pelo método de ponto final, com utilização de picrato e acidificante. A excreção diária de creatinina foi utilizada para estimar o volume urinário conforme Fujihara et al. (1987) e assim estimar a excreção de ácido úrico e alantoína. As análises de derivados de purinas (DP – ácido úrico e alantoína) foram feitas pelo método colorimétrico, segundo Fujihara et al. (1987), descrito por Chen e Gomes (1992). O cálculo da excreção total de DP foi realizado pela soma das quantidades de alantoína e ácido úrico excretados na urina, expressas em mmol/dia, que somadas representam aproximadamente 98% das excreções diárias dos derivados de purina. As purinas absorvidas (X, mmol/dia) foram calculadas a partir da excreção de DP (Y, mmol/dia), por meio da equação $Y = 0,85X + 0,385 \times PV^{0,75}$, em que 0,85 é a recuperação de purinas absorvidas como derivados de purinas e $Y = 0,385 \times PV^{0,75}$ a contribuição endógena para excreção de purinas (Verbic et al., 1990).

A síntese de compostos nitrogenados microbianos no rúmen (N_{mic} , gN/dia) foi calculada em função das purinas absorvidas (PA , mmol/dia), por meio da equação $Y = \frac{(70 \times PA)}{(0,83 \times 0,116 \times 1000)}$, em que 70 representa o conteúdo de N na purinas (mg N/mmol); 0,83, a digestibilidade das purinas microbianas e 0,116, a relação N-purina:N total nas bactérias (Chen e Gomes, 1992). O balanço de nitrogênio (BN) foi obtido pela diferença entre o total de N ingerido e o total de N excretado nas fezes e urina.

A dimensão do corpo de um organismo é uma propriedade fundamental, pois afeta todas as estruturas e processos biológicos regulando a taxa à qual o organismo absorve os nutrientes e a velocidade a que ele converte estes nutrientes em energia. Desta forma, o possível efeito da massa corporal dos animais sobre as variáveis foi avaliado a priori por meio de escalonamento biológico pressupondo o seguinte modelo (Demetrius, 2006; Vieira et al., 2008; White e Seymour, 2005):

$$Y = a \times PV^\beta \quad (1)$$

Em que Y corresponde a variável sob estudo, a é uma constante biológica escalonada (unidades da variável/ kg^β), PV refere-se ao peso vivo dos animais, e β é o expoente adimensional de escalonamento para a massa corporal dos animais. Este modelo foi ajustado aos dados por meio do PROC NLIN do programa SAS (versão 9, SAS System, Cary, NC, EUA). Foi adotado o procedimento *grid search* para obtenção de estimativas iniciais dos parâmetros para o processo iterativo do algoritmo de Newton.

As variáveis do Experimento 1 foram analisadas segundo o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + a_k + \tau_l + e_{ijkl} \quad (2)$$

No qual Y_{ijkl} corresponde à variável resposta, μ refere-se ao efeito da média geral, α_i é o efeito do nível de ureia no i -ésimo volumoso, β_j é o efeito do nível de proteína no j -ésimo concentrado, $\alpha\beta_{ij}$ refere-se ao efeito da interação entre o nível de ureia no volumoso e nível de proteína no concentrado, a_k é o efeito de k -ésimo animal; τ_l é o efeito de l -ésimo período e e_{ijkl} corresponde ao erro aleatório associado a cada observação, pressuposto Niid $(0; \sigma^2)$.

As variáveis do Experimento 2 foram analisadas segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + a_j + \tau_k + e_{ijk} \quad (3)$$

Em que Y_{ijk} corresponde a variável resposta, μ refere-se ao efeito da média geral; α_i representa o efeito da relação amido:fibra i , a_j refere-se ao efeito do animal j , τ_k é o efeito do período k e e_{ijk} o erro aleatório, associado a cada observação, pressuposto Niid $(0; \sigma^2)$.

Os modelos 2 e 3 foram ajustados por meio do procedimento PROC MIXED do programa SAS (v.9, SAS System, Cary, NC, EUA). As estimativas por intervalo obtidas a partir do ajuste das equações 2 e 3 às variáveis experimentais foram descritas com base na expressão $\bar{y} \pm (Ur - Lr)/2$, na qual \bar{y} representa a média de mínimos quadrados e Lr e Ur correspondem aos limites inferior e superior do intervalo de confiança para a variável em questão tomando-se o erro tipo I igual a 0.05.

Resultados

A elevação do nível de ureia aumentou o consumo de PB, a digestibilidade de PB e a concentração de nitrogênio ureico no sangue e diminuiu os consumos de CNF e CT e a digestibilidade de CNF. A elevação no teor de PB no concentrado aumentou o consumo de PB e reduziu o consumo de EE e a digestibilidade do CNF (Tabelas 4 e 5 e

gráfico 1). Houve interação entre o nível de ureia na cana e o teor de PB no concentrado sobre o consumo de CNF e o BN (Tabela 4).

Tabela 4 – Valores-*P* para peso vivo (kg), consumo, digestibilidade de nutrientes (g/kg MS) e metabolismo de compostos nitrogenados em novilhas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar, ureia e proteína verdadeira

Variáveis	Nível de ureia	Teor protéico	Interação	Período
Peso vivo	0,910	0,562	0,559	<0,001
CMS ¹	0,205	0,272	0,485	<0,001
CMO ²	0,203	0,289	0,486	<0,001
CEE ³	0,357	0,011	0,643	<0,001
CPB ⁴	<0,001	0,006	0,828	<0,001
CFibra ⁵	0,254	0,135	0,563	<0,001
CCNF ⁶	<0,001	0,332	0,015	<0,001
CCT ⁷	0,016	0,489	0,326	<0,001
CED ⁸	0,373	0,402	0,985	<0,001
DMS ⁹	0,982	0,797	0,786	0,010
DMO ¹⁰	0,983	0,797	0,839	0,004
DEE ¹¹	0,939	0,568	0,803	0,200
DPB ¹²	<0,001	0,121	0,182	<0,001
DFibra ¹³	0,922	0,515	0,843	0,006
DCNF ¹⁴	0,004	0,025	0,715	<0,001
DCT ¹⁵	0,350	0,899	0,862	0,004
ED ¹⁶	0,363	0,386	0,331	0,034
BN ¹⁷	0,125	0,032	0,016	0,013
NUS ¹⁸	<0,001	0,158	0,432	<0,001
Nmic ¹⁹	0,746	0,285	0,611	0,022

¹consumo de matéria seca, ²consumo de matéria orgânica, ³consumo de extrato etéreo, ⁴consumo de proteína bruta, ⁵consumo de fibra, ⁶consumo de carboidrato não fibroso, ⁷consumo de carboidrato total, ⁸consumo de energia digestível, ⁹digestibilidade de matéria seca, ¹⁰digestibilidade de matéria orgânica, ¹¹digestibilidade de extrato etéreo, ¹²digestibilidade de proteína bruta, ¹³digestibilidade da fibra, ¹⁴digestibilidade do carboidrato não fibroso, ¹⁵digestibilidade do carboidrato total, ¹⁶energia digestível, ¹⁷balanço de nitrogênio, ¹⁸nitrogênio ureico no sangue e ¹⁹nitrogênio microbiano.

Tabela 5 – Peso vivo (kg), consumo, digestibilidade de nutrientes (g/kg MS) e variáveis relacionadas ao metabolismo de compostos nitrogenados em novilhas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar, ureia e proteína verdadeira

Variáveis	Nível de ureia		Teor de proteína		
	10*	14*	180**	200**	220**
Peso vivo	335,4±24,8	335,1±24,8	335,8±24,8	333,4±24,8	336,5±24,8
CMS ¹	1,4±0,2	1,4±0,2	1,4±0,2	1,4±0,2	1,4±0,2
CMO ²	1,6±0,2	1,7±0,2	1,6±0,2	1,6±0,2	1,7±0,2
CEE ³	39,8±0,9	39,5±0,9	40,4±0,9	39,2±0,9	39,3±0,9
CPB ⁴	0,1±0,0	0,1±0,0	0,1±0,0	0,1±0,0	0,1±0,0
CFibra ⁵	0,3±0,0	0,2±0,0	0,2±0,0	0,2±0,0	0,3±0,0
CCT ⁶	3,8±0,1	3,5±0,1	3,6±0,1	3,6±0,1	3,8±0,1
CED ⁷	3,6±0,5	3,4±0,5	3,3±0,5	3,5±0,5	3,6±0,6
DMS ⁸	512,3±0,1	512,8±0,1	501,6±0,1	519,5±0,1	516,4±0,1
DMO ⁹	530,2±0,1	530,6±0,1	519,6±0,1	536,2±0,1	535,5±0,1
DEE ¹⁰	849,4±0,1	851,6±0,1	830,6±0,1	869,0±0,1	851,0±0,1
DPB ¹¹	611,6±0,1	673,5±0,1	624,7±0,1	638,4±0,1	665,1±0,1
DFibra ¹²	363,4±0,1	357,9±0,1	336,3±0,1	365,9±0,1	383,3±0,1
DCNF ¹³	814,±0,1	748,7±0,1	815,2±0,1	789,5±0,1	744,7±0,1
DCT ¹⁴	491,5±0,1	466,3±0,1	470,9±0,1	485,6±0,1	480,3±0,1
ED ¹⁵	54,94±1,51	12,84±1,51	31,37±1,65	175,64±1,65	4,8±1,65
NUS ¹⁶	19,5±2,3	22,9±2,3	19,9±2,3	20,9±2,3	21,3±2,3
Nmic ¹⁷	85,1±34,4	81,3±34,4	91,6±35,4	89,7±35,4	88,3±35,4

¹consumo de matéria seca, ²consumo de matéria orgânica, ³consumo de extrato etéreo, ⁴consumo de proteína bruta, ⁵consumo de fibra, ⁶consumo de carboidrato total, ⁷consumo de energia digestível, ⁸digestibilidade de matéria seca, ⁹digestibilidade de matéria orgânica, ¹⁰digestibilidade de extrato etéreo, ¹¹digestibilidade de proteína bruta, ¹²digestibilidade de fibra, ¹³digestibilidade de carboidrato não fibroso, ¹⁴digestibilidade do carboidrato total, ¹⁵energia digestível, ¹⁶nitrogênio ureico no sangue e ¹⁷nitrogênio microbiano.

variáveis escalonadas: CMS=g/PV^{1,418}/d, CMO=g/PV^{1,377}/d, CEE=g/PV^{1,391}/d, CPB=g/PV^{1,619}/d, CFibra=g/PV^{1,599}/d, CCT=g/PV^{1,390}/d, CED=g/PV^{1,6534}/d, NUS=g/PV^{1,6089}/d.

* g/kg MN de cana-de-açúcar, ** g/kg MS de concentrado.

O consumo de CNF e BN foi mais elevado no concentrado de 200 g PB/kg de MS e no nível de 10 g de ureia/kg de MN de cana-de-açúcar, em tese, este nível de ureia maximizou o consumo, mas devido a variabilidade dos dados o modelo de regressão não ajustou. O BN foi mais elevado no concentrado com 200 g PB/kg de MS no nível de 14 g de ureia/kg MN de cana-de-açúcar (Tabela 6).

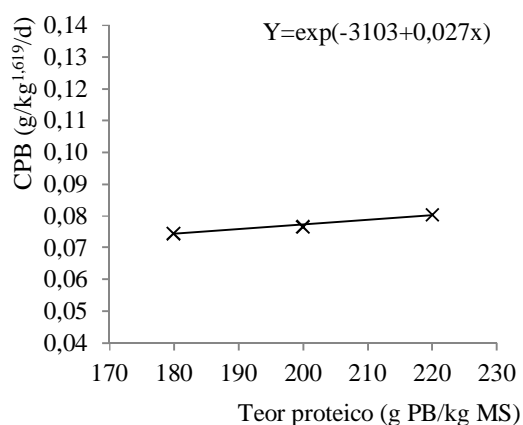


Figura 1 – Consumo proteína bruta de novilhas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar, ureia e proteína verdadeira

Tabela 6 – Consumo de carboidrato não fibroso (CCNF) e balanço de nitrogênio (BN – g/dia) em novilhas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar, ureia e proteína verdadeira

Item	Nível de ureia	Teor de proteína			Valor <i>P</i>
		180 ²	200 ²	220 ²	
CCNF	10 ¹	1050,0±81,5	1146,7±81,5	1025,0±81,5	0,025
	14 ¹	926,7±81,5	838,3±81,5	863,3±81,5	0,168
	Valor <i>P</i>	0,036	<0,001	0,002	
BN	10 ¹	12,9±33,1	20,4±33,1	41,0±33,1	0,297
	14 ¹	17,0±33,1	83,0±33,1	24,7±33,1	0,003
	Valor <i>P</i>	0,825	0,003	0,377	

¹g/kg MN de cana de açúcar, ²g/kg MS de concentrado.

$$BN = -6269,51 + 623,32PB - 15,54PB^2$$

No Experimento 2, o consumo de EE e a digestibilidade do amido foram lineares crescente, o consumo de PB foi cúbico, porém este resultado não descreve valores biológicos, o consumo de fibra foi linear decrescente, os consumos de Amido e CNF foram quadráticos positivos e o consumo de ED e a digestibilidade de MS, MO, EE, PB, Fibra, CNF, CT e ED foram quadráticas negativas, sendo que a digestibilidade de EE, CNF e ED apresentaram ponto de mínimo de 857, 649 e 46, respectivamente (Tabelas 7, 8 e 9).

As demais variáveis dos Experimentos 1 e 2 não apresentaram diferenças significativas. O efeito de período significativo observado em ambos Experimentos ocorreu devido ao crescimento das novilhas, ou seja, houve efeito da massa corporal dos animais sobre as variáveis avaliadas.

Tabela 7 – Valores-*P* para o peso vivo (kg), consumo, digestibilidade de nutrientes (g/kg MS) e variáveis relacionadas ao metabolismo de compostos nitrogenados em novilhas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar, ureia e relações de amido

Variáveis	Tratamento	Período	Linear	Quad ²²	Cub ²³
Peso vivo	0,353	<0,001	0,408	0,784	0,226
CMS ¹	0,181	<0,001	0,392	0,609	0,977
CMO ²	0,129	<0,001	0,217	0,523	0,975
CEE ³	0,001	<0,001	0,061	0,610	0,102
CPB ⁴	0,005	<0,001	0,749	0,716	0,009
CAmido ⁵	<0,001	0,001	<0,001	0,012	0,096
CFibra ⁶	0,002	<0,001	0,001	0,294	0,813
CCNF ⁷	<0,001	<0,001	0,001	0,021	0,039
CCT ⁸	0,007	<0,001	0,263	0,669	0,373
CED ⁹	0,002	<0,001	0,003	0,011	0,015
DMS ¹⁰	<0,001	0,077	<0,001	0,002	0,007
DMO ¹¹	<0,001	0,055	<0,001	0,002	0,006
DEE ¹²	0,083	0,949	0,687	0,040	0,079
DPB ¹³	0,001	0,006	<0,001	0,028	0,048
DAmido ¹⁴	<0,001	0,023	<0,001	0,779	0,169
DFibra ¹⁵	0,001	0,009	<0,001	0,146	0,005
DCNF ¹⁶	0,058	0,169	0,824	0,004	0,335
DCT ¹⁷	0,001	0,080	0,001	0,004	0,012
ED ¹⁸	0,004	0,018	0,004	0,005	<0,001
BN ¹⁹	0,088	0,002	0,083	0,007	0,147
NUS ²⁰	0,412	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Nmic ²¹	0,658	0,878	<0,001	<0,001	0,005

¹consumo de matéria seca, ²consumo de matéria orgânica, ³consumo de extrato etéreo, ⁴consumo de proteína bruta, ⁵consumo de amido, ⁶consumo de fibra, ⁷consumo de carboidrato não fibroso, ⁸consumo de carboidrato total, ⁹consumo de energia digestível, ¹⁰digestibilidade de matéria seca, ¹¹digestibilidade de matéria orgânica, ¹²digestibilidade de extrato etéreo, ¹³digestibilidade de proteína bruta, ¹⁴digestibilidade de amido, ¹⁵digestibilidade da fibra, ¹⁶digestibilidade do carboidrato não fibroso, ¹⁷digestibilidade do carboidrato total, ¹⁸energia digestível, ¹⁹balanço de nitrogênio, ²⁰nitrogênio ureico no sangue, ²¹nitrogênio microbiano, ²²quadrático e ²³cúbico.

Tabela 8 – Peso vivo (kg), consumo, digestibilidade de nutrientes (g/kg MS) e variáveis relacionadas ao metabolismo de compostos nitrogenados em novilhas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar, ureia e relações de amido

Variável	Relações de amido:fibra				
	81:19	70:30	60:40	51:49	43:57
Peso vivo	258,4±26,2	258,2±26,2	263,4±26,2	259,0±26,2	260,0±26,2
CMS ¹	2,2±0,1	2,2±0,1	2,1±0,1	2,2±0,1	2,1±0,1
CMO ²	2,6±0,1	2,6±0,1	2,5±0,1	2,6±0,1	2,5±0,1
CEE ³	2,0±0,1	2,0±0,1	2,1±0,1	2,1±0,1	2,1±0,1
CPB ⁴	0,1±0,1	0,1±0,1	0,1±0,1	0,1±0,1	0,1±0,1
CAmido ⁵	891,8±0,0	681,8±0,0	543,3±0,0	549,6±0,0	392,8±0,0
CFibra ⁶	0,4±0,0	0,5±0,0	0,5±0,0	0,5±0,0	0,5±0,0
CCNF ⁷	956,0±62,8	826,0±62,8	732,0±62,8	758,0±62,8	530,0±62,8
CCT ⁸	2,2±0,1	2,1±0,1	2,1±0,1	2,2±0,1	2,0±0,1
CED ⁹	52,7±9,1	54,0±9,1	53,5±9,1	58,4±9,1	64,5±9,1
DMS ¹⁰	509,4±0,1	543,7±0,1	520,7±0,1	605,1±0,1	701,8±0,1
DMO ¹¹	527,4±0,1	551,3±0,1	534,2±0,1	613,2±0,1	710,1±0,1
DEE ¹²	911,4±0,1	891,9±0,1	856,6±0,1	902,7±0,1	917,9±0,1
DPB ¹³	557,3±0,1	609,0±0,1	627,4±0,1	651,5±0,1	772,5±0,1
DAmido ¹⁴	953,2±0,1	934,1±0,1	905,3±0,1	909,0±0,1	902,9±0,1
DFibra ¹⁵	330,5±0,2	479,2±0,2	385,9±0,2	515,7±0,2	637,7±0,2
DCNF ¹⁶	833,3±0,2	648,7±0,2	764,6±0,2	822,6±0,2	841,8±0,2
DCT ¹⁷	490,6±0,1	520,2±0,1	488,7±0,1	586,0±0,1	678,3±0,1
ED ¹⁸	62,1±0,1	75,5±0,1	45,7±0,1	82,6±0,1	115,7±0,1
BN ¹⁹ (g/d)	15,3±1,9	16,0±1,9	16,0±1,9	15,0±1,9	16,5±1,9
NUS ²⁰ (mg/dL)	15,0±2,2	15,9±2,3	15,4±2,2	14,5±2,1	16,4±2,4
Nmic ²¹ (gN/d)	97,3±36,8	80,0±36,8	97,0±36,8	95,2±36,8	73,5±36,8

¹consumo de matéria seca, ²consumo de matéria orgânica, ³consumo de extrato etéreo, ⁴consumo de proteína bruta, ⁵consumo de amido, ⁶consumo de fibra, ⁷consumo de carboidrato não fibroso, ⁸consumo de carboidrato total, ⁹consumo de energia digestível, ¹⁰digestibilidade de matéria seca, ¹¹digestibilidade de matéria orgânica, ¹²digestibilidade de extrato etéreo, ¹³digestibilidade de proteína bruta, ¹⁴digestibilidade de amido, ¹⁵digestibilidade da fibra, ¹⁶digestibilidade do carboidrato não fibroso, ¹⁷digestibilidade do carboidrato total, ¹⁸energia digestível, ¹⁹balanço de nitrogênio, ²⁰nitrogênio ureico no sangue e ²¹nitrogênio microbiano. CMS=g/PV^{1,375}/d, CMO=g/PV^{1,336}/d, CEE=g/PV^{1,118}/d, CPB=g/PV^{1,755}/d, CFibra=g/PV^{1,548}/d, CCT=g/PV^{1,323}/d, CED=g/PV^{1,449}/d, NUS=g/PV^{1,500}/d.

Tabela 9 – Equações de consumo e digestibilidade de nutrientes em novilhas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar, ureia e relações de amido

Equações	
1	$CEE = \exp(4,803 + 0,011x)$
2	$CPB = \exp(-2,708 - 0,92x + 0,468x^2 - 0,066x^3)$
3	$C\text{Amido} = 278,4 + 216,6x - 17,1x^2$
4	$CFibra = \exp(-0,708 - 0,030x)$
5	$CCNF = 422,8 + 256,8x - 31,2x^2$
6	$CED = \exp(-3,804 - 0,211x + 0,034x^2)$
7	$DMS = 1000(SEN\left(\frac{2,1952 - 0,4188A:F + 0,0656A:F^2}{2}\right))^2$
8	$DMO = 1000(SEN\left(\frac{2,2067 - 0,4097A:F + 0,0648A:F^2}{2}\right))^2$
9	$DEE = 1000(SEN\left(\frac{2,6644 - 0,2025A:F + 0,0410A:F^2}{2}\right))^2$
10	$DPB = 1000(SEN\left(\frac{2,3134 - 0,376A:F + 0,05419A:F^2}{2}\right))^2$
11	$D\text{Amido} = 1000(SEN\left(\frac{2,4468 + 0,0723A:F - 0,0026A:F^2}{2}\right))^2$
12	$DFDN = 1000(SEN\left(\frac{1,9932 - 0,372A:F + 0,0461A:F^2}{2}\right))^2$
13	$DCNF = 1000(SEN\left(\frac{2,8264 - 0,7032A:F + 0,1359A:F^2}{2}\right))^2$
14	$DCT = 1000(SEN\left(\frac{2,1555 - 0,4314A:F + 0,0687A:F^2}{2}\right))^2$
15	$ED = 14,0856 - 5,847A:F + 0,9595A:F^2$

¹Consumo de extrato etéreo, ²consumo de proteína bruta, ³consumo de amido, ⁴consumo de fibra, ⁵consumo de carboidrato não fibroso, ⁶consumo de energia digestível, ⁷digestibilidade de matéria seca, ⁸digestibilidade de matéria orgânica, ⁹digestibilidade de extrato etéreo, ¹⁰digestibilidade de proteína bruta, ¹¹digestibilidade do amido, ¹²digestibilidade da fibra em detergente neutro, ¹³digestibilidade do carboidrato não fibroso, ¹⁴digestibilidade do carboidrato total e ¹⁵energia digestível.

Discussão

A elevação do nível de ureia e a adição de um concentrado com distintos teores de proteína degradável no rúmen na dieta de novilhas leiteiras ocasionou crescentes consumo e digestibilidade da PB, tal fato se deveu, provavelmente, à maior disponibilidade deste nutriente na dieta, contradizendo a teoria de Lucas (1964), de que a digestibilidade da PB é constante independente do teor de PB contido na dieta.

O aumento do consumo de PB e conseqüentemente da digestibilidade pode ser explicado a partir do trabalho de Russell et al. (1992), o qual enfatizaram que se fornecida uma fonte de PDR (ou NNP) que atenda às necessidades das bactérias fibrolíticas nas situações onde há limitação de nitrogênio, a atividade dessa população aumenta significativamente, pois essa microbiota utiliza como principal fonte de nitrogênio a amônia, liberada a partir da degradação ruminal de PDR ou da hidrólise de NNP.

A diminuição da digestibilidade do CNF e a estabilidade do consumo e digestibilidade da Fibra em novilhas alimentadas com cana-de-açúcar, ureia e proteína verdadeira, se deu devido a maior disponibilidade de nitrogênio para as bactérias fibrolíticas, aumentando a digestibilidade dos compostos fibrosos da cana (Fox et al., 2004). De acordo com Preston (1977), ao contrário de todas as outras gramíneas, a digestibilidade da cana-de-açúcar não diminui com a maturidade, mas ocorre um aumento dos compostos solúveis (sacarose) que compensam a queda na digestibilidade da parede celular. Para que a síntese de proteína microbiana ocorra de forma eficiente há necessidade de carboidrato e nitrogênio disponíveis no rúmen (Fox et al., 2004; NRC, 2001). Por outro lado, se a oferta de nitrogênio ultrapassa as necessidades das bactérias ruminais, ocorre perda de amônia através da parede epitelial do rúmen e aumento das perdas nitrogenadas (Preston e Leng, 1987; Tylutki et al., 2008). Tal

situação também favorece bactérias proteolíticas mas diminui a digestibilidade do CNF (Van Soest, 1994).

Além do elevado teor de carboidratos solúveis e baixo teor de nitrogênio e minerais, a cana-de-açúcar possui outra característica nutricional marcante: a ausência de precursores glicogênicos (amido), o que pode contribuir diretamente para formação de glicose, escapando da degradação ruminal e passando intacto para o duodeno, ou, indiretamente, via ácido propiônico (Preston, 1977). Desta forma quando corrigidas as deficiências de nitrogênio e minerais, e adicionada uma fonte de precursores glicogênicos em distintas proporções, o aproveitamento da dieta pelo animal pode variar em função das transformações ocasionadas no compartimento ruminal a partir da atividade microbiana sobre o substrato (Tabelas 7 e 8).

O presente trabalho constatou que os consumos das novilhas são semelhantes independentes do nível de amido utilizado na dieta, enquanto que a digestibilidade é aumentada juntamente com a oferta de amido. Heldt et al. (1999), realizaram um trabalho com novilhos utilizando diferentes fontes de CNF (amido, sacarose, frutose e glicose) adicionado ao suplemento contendo uma fonte de PDR. Os autores verificaram que não houve diferenças de consumo para a interação CNF e PDR. Conclui-se que a utilização de uma fonte de PDR adicionada a um suplemento contendo CNF mantém inalterado o consumo dos animais.

A digestão da fibra parece ser afetada pela adição do amido na dieta (Tabelas 7 e 8). De acordo com Van Soest (1994) a ingestão de alimento é regulada pela exigência do animal, composição da dieta e disponibilidade do alimento. A composição da dieta geralmente determina a distribuição da população microbiana que utiliza os nutrientes dos alimentos no rúmen. De acordo com Russell e Dombrowski (1980), o aumento da disponibilidade de carboidratos não estruturais provoca queda no pH e

consequentemente ocorrem intensas modificações no ecossistema ruminal. Há uma redução da população de microrganismos celulolíticos e redução da degradação de carboidratos estruturais, pois esses microrganismos são muito sensíveis ao pH menor que 6,0. Há um aumento da população de amilolíticos que produzem lactato como principal produto final de fermentação em pH menor que 5,5.

O BN das novilhas indicou que o consumo de proteína atendeu as necessidades protéicas dos animais, porém o teor protéico de 200 g/kg MS do concentrado associado ao nível de ureia na cana igual a 14 g/kg MN foi superior aos demais tratamentos. Tal fato se deu devido a elevação da oferta de nitrogênio aos animais. Curiosamente o teor de proteína de 220 g/kg MS associado ao maior nível ureia na cana *in natura* (14 g/kg MN) não elevou o BN nas novilhas leiteiras. Pode ter ocorrido algum erro sistemático de coleta do material para análise.

No Experimento 2 deste artigo, não foram verificadas diferenças no BN, possivelmente devido a presença do amido na ração, mesmo que em pequena quantidade ou em quantidade mais elevada os microrganismos ruminais utilizaram este nutriente juntamente com o nitrogênio advindo da dieta como substrato para seu crescimento e manutenção.

A concentração de NUS é um indicativo do status protéico e energético da dieta de ruminantes e apresenta correlação positiva com os teores proteicos da dieta e de proteína degradável no rúmen (Broderik e Cayton, 1997). No presente trabalho houve diferenças no NUS de novilhas leiteiras, onde no maior nível de ureia na cana (14 g/kg) a concentração do NUS foi alta, possivelmente devido a maior disponibilidade de N aos animais. Quando a disponibilidade de N foi semelhante entre os tratamentos (10 g de ureia/kg MN de cana), como verificado no Experimento 2, não houve diferenças significativas no NUS das novilhas leiteiras.

Conclusão

O aumento do nível de ureia adicionado a cana-de-açúcar (10 para 14 g/kg MN) e o teor de proteína bruta do concentrado para novilhas leiteiras não afeta o aproveitamento de nutrientes pelos animais. A inclusão de amido em níveis crescentes e redução da fibra em dietas a base de cana-de-açúcar mais ureia para novilhas leiteiras diminui o aproveitamento de nutrientes pelos animais, por reduzir a degradação da fibra e conseqüentemente aumentar a passagem de partículas para compartimentos inferiores.

Referências bibliográficas

- BACH KNUDSEN, K.E. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.67, p.319-338, 1997.
- BRODERICK, G.A.; CLAYTON, M.K. A statistical evaluation of animal and nutrition factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.11, p.2964-2971, 1997.
- CHEN, X.B.; GOMES, M.J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives an overview of technical details. **International Feed Research Unit**, Rowett Research Institute. Aberdeen, UK. (occasional publication). 1992. 21p.
- COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba: Livroceres, 1979. 384p.
- DEMETRIUS, L. The origin of allometric scaling laws in biology. **Journal of Theoretical Biology**, v.243, p.455-467. 2006.
- FOX, D.G.; TEDESCHI, L.O.; TYLUTKI, T.P.; et al. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. **Animal Feed Science and Technology**, v.112, p.29-78. 2004.
- FUJIHARA, T.; ORSKOV, E.R.; REEDS, P.J.; et al. The effect of protein infusion on urinary excretion of purine derivatives in ruminants nourished by intragastric nutrition. **Journal of Agricultural Science**, v.109, n.1, p.7-12, 1987.
- HELDT, J.S.; COCHRAN, R.C.; STOKKA, G.L. et al. Effects of different supplemental sugars and starch fed in combination with degradable intake protein on low-quality forage use by beef steers. **Journal of Animal Science**. v.77, p.2793-2802, 1999.
- HOOVER, W.H.; STOKES, S.R. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3630-3644, 1991.
- LUCAS, H.L. Stochastic elements in biological models; their sources and significances, In: GURLAND, J. (Ed.), **Stochastic models in medicine and biology**, University of Wisconsin Press, Madison, p.355-383. 1964.
- MORRISON, F. B. **Feeds and Feeding**. Ed 22. Clinton, IA: Morrison Publishing Co, 1956.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle.** 7.ed. Washington, D.C.: National Academic Press, 2001. 381p.
- PRESTON, T.R.; LENG, R.A. Matching ruminant production systems with available resources in the tropics and subtropics. **Penambul Books: Armidale**, Australia. 1987. 245p.
- PRESTON, T.R. Nutritive value of sugar cane for ruminants. **Tropical Animal Production**, v.2, p. 125-142, 1977.
- RODRIGUES, A.A. Potencial e limitações de dietas à base de cana-de-açúcar e ureia para recria de novilhas e para vacas em lactação. In: SIMPÓSIO MINEIRO DE NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE, 2., 1999, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, p.65-75, 1999.
- RUSSEL, J.B.; DOMBROWSKI, D.B. Effect of pH on the efficiency of growth by pure cultures of rumen bacteria in continuous culture. **Applied and Environmental Microbiology**, v.292, 1980. 1119 p.
- RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3551-3561, 1992.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: Métodos químicos e biológicos.** 3ª ed. Viçosa- MG: UFV, 235 p., 2002.
- SNIFFEN, C.J.; BEVERLY, R.W.; MOONEY, C.S. et al. Nutrient requirements versus supply in the dairy cows: strategies to account for variability. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.10, p.3160-3178, 1993.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.
- TYLUTKI, T.P.; FOX, D.G.; DURBAL, V.M.; et al. Cornell Net Carbohydrate and Protein System: A model for precision feeding of dairy cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v.143, p.174-202, 2008.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10 . p.3583-3597, 1991.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VERBIC, J.; CHEN, X.B.; MACLEOD, N.A. et al. Excretion of purine derivatives by ruminants. Effect of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. **Journal of Agricultural Science**, v.114, n.3, p.243-248, 1990.
- VIEIRA, R.A.M.; TEDESCHI, L.O.; CANNAS, A. A generalized compartmental model to estimate the fibre mass in the ruminoreticulum: 1. Estimating parameters of digestion. **Journal of Theoretical Biology**, v.255, p345-356, 2008.
- WHITE, C.R.; SEYMOUR, R.S. Allometric scaling of mammalian metabolism. **Journal of Experimental Biology**. n.208, p.1611-1619, 2005.

Estimativa da cinética ruminal das partes da cana-de-açúcar em novilhas leiteiras

Resumo

Objetivou-se avaliar a degradação efetiva e a repleção ruminal da fibra da cana e suas partes em novilhas leiteiras alimentadas com dietas a base de cana-de-açúcar e relações de ureia, proteína verdadeira e amido. Foram conduzidos dois Experimentos simultâneos, utilizando onze novilhas leiteiras, e foram distribuídos em dois quadrados latinos, 6 x 6 e 5 x 5. No Experimento 1 foram utilizados dois níveis de ureia, 10 e 14 g ureia/kg MN de cana-de-açúcar, sendo que para cada um dos níveis foi disponibilizado 1,5 kg/animal/dia de concentrado com diferentes teores de proteína bruta: 180, 200 e 220 g/kg MS. No Experimento 2, foram utilizadas relações de amido:fibra no concentrado: 80:20, 70:30, 60:40, 50:50 e 40:60 (a ureia+sulfato de amônio adicionado foi de 10 g ureia/kg MN de cana-de-açúcar e 1,5 kg de concentrado por dia). A estimativa dos parâmetros da cinética de passagem de partículas pelo trato gastrointestinal dos animais foi determinada a partir do ajuste do modelo bicompartimental (gama para um compartimento e exponencial para outro), aos dados de excreção fecal do indicador Lantânio, fixado a parede celular da cana-de-açúcar do 17° ao 23° dia de cada período. Para estimativa dos parâmetros de degradabilidade ruminal da fibra da cana-de-açúcar e suas partes (ponta, casca e colmo) foi adotada a técnica *in situ*, utilizando três animais fistulados no rúmen. Houve interação entre o teor de proteína no concentrado e o nível de ureia na cana sobre a degradabilidade efetiva das partes da cana. O aumento do nível de ureia na cana-de-açúcar reduz o tempo que o alimento permanece no rúmen e conseqüentemente a degradabilidade efetiva da FDN da planta inteira e suas partes. O colmo apresenta maior degradabilidade efetiva da FDN em relação as demais partes da cana-de-açúcar.

Palavras-chave: amido, degradação efetiva, fibra, proteína verdadeira, repleção ruminal, ureia

Introdução

A cana-de-açúcar, cultura tradicional no Brasil, vem sendo utilizada como recurso forrageiro há décadas. A elevada produção de matéria seca e energia por unidade de área disponível no período seco do ano e o baixo custo de produção, bem como o

conhecimento e a correção de suas deficiências (baixo teor de proteína e minerais, alto teor de fibra indigestível e ausência de amido), permitem a massificação de sua utilização na alimentação de bovinos.

O alto teor de fibra indigestível presente na cana-de-açúcar contribui para redução do consumo pelos animais, pois está associada à menor taxa de digestão da fração fibrosa potencialmente digestível, o que aumenta o tempo de retenção da digesta no rúmen-retículo e reduz a taxa de passagem pelo trato gastrointestinal (Allen, 2000). Logo a relação da taxa de digestão e passagem da fibra digestível e indigestível estão intimamente relacionadas à repleção ruminal e, conseqüentemente, é um fator determinante do consumo. A repleção ruminal é a expressão do tempo que o alimento permanece no rúmen sofrendo os efeitos físicos de passagem, decorrentes da mastigação durante a ruminação e da digestão pelos microrganismos do rúmen (Waldo et al., 1972; Vieira et al., 2008b).

A retenção dos alimentos no retículo-rúmen permite uma relação simbiótica entre o animal e os microrganismos ruminais, capazes de utilizar esses alimentos ingeridos como substratos para o seu crescimento (Hungate, 1988). Porém, a perfeita simbiose entre microrganismos e o ruminante só é possível quando a dieta favorece as exigências tanto dos microrganismos como do animal. Dietas a base cana-de-açúcar proporcionam tempo de retenção ruminal maior quando comparadas com outras forrageiras (Bergen, 1979; Preston e Leng, 1978). Porém quando separadas as distintas partes da cana as informações na literatura são escassas.

As partes da cana-de-açúcar (ponta, casca e colmo) apresentam composição nutricional distinta, pois o caule armazena a sacarose, a ponta possui grande quantidade de celulose e hemicelulose e a maioria da proteína presente na planta, enquanto que a casca tem a maior parte da lignina. Desta forma, as distintas partes da planta podem

apresentar uma dinâmica ruminal diferenciada quando avaliadas em novilhas leiteiras alimentados com cana-de-açúcar e relações com ureia, teores de proteína verdadeira e amido.

Objetivou-se avaliar a degradação efetiva e a repleção ruminal da fibra das partes da cana-de-açúcar em novilhas leiteiras alimentadas com dietas a base de cana-de-açúcar relações de ureia, proteína verdadeira e amido.

Material e métodos

Foram conduzidos dois Experimentos simultaneamente, sendo empregadas onze novilhas leiteiras com peso inicial de aproximadamente 250 ± 31 kg. Seis e cinco animais foram alocados nos Experimentos 1 e 2, respectivamente. Os animais foram mantidos em baias individuais cobertas com telhas de zinco, com piso dividido entre concreto e cama de maravalha e cochos individuais de alvenaria para o alimento e para água.

Foram usados quadrados latinos como delineamento experimental, ou seja, 6×6 e 5×5 para os Experimentos 1 e 2, respectivamente. O Experimento 1 foi arranjado em esquema fatorial 2×3 . Os períodos foram compostos por 23 dias, sendo 10 dias para adaptação e 13 dias para coletas. Foi utilizada cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) como fonte volumosa em ambos os Experimentos, com acréscimo de ureia e sulfato de amônio na proporção 9:1 visando a correção do teor proteico. Os sais foram diluídos em água, regados sobre a cana-de-açúcar e os alimentos misturados antes de serem oferecidos aos animais.

No Experimento 1 foram utilizados dois níveis da mistura ureia sobre o volumoso, 10 e 14 g ureia/kg matéria natural (MN) cana, sendo que para cada um dos níveis foram oferecidos aos animais concentrados a base de milho triturado, farelo de soja e suplemento mineral, com diferentes teores de proteína bruta: 180, 200 e 220 g/kg de

matéria seca (MS – Tabela 2). No Experimento 2 foi utilizado 10 g de ureia/kg MN cana, foram utilizadas relações de amido:fibra no concentrado de: 80:20, 70:30, 60:40, 50:50 e 40:60. Os concentrados foram constituídos de milho triturado, farelo de soja, farelo de trigo e suplemento mineral (Tabela 3).

Tabela 1 – Composição nutricional dos alimentos (% na MS)

Componentes	Cana-de-açúcar	Farelo de milho	Farelo de soja	Farelo de trigo
MS ¹	26,22	86,98	87,47	86,89
MO ²	93,03	98,93	93,76	94,65
PB ³	2,87	10,43	55,56	21,59
EE ⁴	1,57	5,78	1,79	3,90
Amido	2,92	63,80	3,90	32,40
FDNcp ⁵	72,02	18,04	10,77	40,89
Lignina	5,90	3,07	1,97	4,36
Celulose	37,62	5,53	3,79	4,87
Hemicelulose	28,50	9,44	5,01	31,66
Pectina	0,35	0,54	1,20	0,52
CNF ⁶	21,86	66,45	33,78	33,50
MM ⁷	3,35	1,07	6,64	5,35

¹Matéria seca, ²matéria orgânica, ³proteína bruta, ⁴extrato etéreo, ⁵fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, ⁶carboidratos não fibrosos e ⁷matéria mineral.

Análises realizadas no laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia/ UFV.

Tabela 2 – Ingredientes e composição química dos concentrados com diferentes teores de proteína (Experimento 1)

Itens	180 g PB	200 g PB	220 g PB
Milho (kg MS ¹)	75,70	70,64	65,57
Farelo de soja (kg MS ¹)	22,30	27,36	32,43
Núcleo mineral (kg MS ¹)	2,00	2,00	2,00
Composição química (%)			
MS ¹	89,20	89,70	90,14
PB ²	18,00	20,00	22,00
PDR ³	9,43	10,74	12,05
PNDR ⁴	8,57	9,26	9,95
EE ⁵	2,65	2,58	2,51
FDN ⁶	12,85	13,02	13,18
NDT ⁷	83,83	83,68	83,53
Degradabilidade ruminal de PB ² (% PB)			
PDR ³	52,39	53,70	54,77
PNDR ⁴	47,61	46,30	45,23

¹Matéria seca, ²proteína bruta, ³proteína degradada no rúmen, ⁴proteína não degradada no rúmen, ⁵extrato etéreo, ⁶fibra em detergente neutro, ⁷nutrientes digestíveis totais.

Núcleo mineral em 1 kg: 506 g de cálcio, 3 g cobre, 18 g de magnésio, 30 g de enxofre, 113 g de fósforo e 330 g de sódio.

Tabela 3 – Ingredientes e composição química dos concentrados com diferentes relações de amido:fibra (Experimento 2)

Itens	80:20	20:30	60:40	50:50	40:60
Milho (kg MS ¹)	85,00	65,00	47,00	28,00	9,00
Farelo de Trigo (kg MS ¹)	0,00	23,00	44,00	66,00	88,00
Farelo de Soja (kg MS ¹)	13,00	10,00	7,00	4,00	1,00
Núcleo mineral (kg MS ¹)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Composição química (% na MS ¹)					
MS ¹	89,44	89,48	88,77	89,77	89,16
PB ²	15,00	15,06	15,46	15,94	16,41
EE ³	2,76	2,98	3,17	3,37	3,56
Amido	53,50	48,12	43,37	38,30	33,24
FDN ⁴	12,58	20,82	28,36	36,27	44,17
NDT ⁵	84,07	80,93	78,04	75,01	71,97
Relação amido:fibra					
A:F	81:19	70:30	60:40	51:49	43:57
Amido/FDN	4,25	2,31	1,53	1,06	0,75

¹matéria seca, ²proteína bruta, ³extrato etéreo, ⁴fibra em detergente neutro. ⁵nutrientes digestíveis totais.

Mistura mineral em 1 kg: 506 g de cálcio, 3 g cobre, 18 g de magnésio, 30 g de enxofre, 113 g de fósforo e 330 g de sódio.

Do 17° ao 23° dia de cada período, foram coletadas amostras para determinação da taxa de passagem de partículas pelo trato digestivo dos animais, sendo estimada usando o indicador lantânio, fixado à parede celular da forrageira cana-de-açúcar (Ellis e Beever, 1984, com algumas modificações).

Inicialmente, uma amostra da cana-de-açúcar foi fervida por uma hora utilizando detergente neutro comum, com componente neutro ativo alquil benzeno sulfonato de sódio, na proporção de 100 g do alimento para 20 mL de detergente e 1,5 L de água para extração dos componentes solúveis. Em seguida foi colocado o material resultante em saco de tecido de algodão e lavado em água corrente, para remoção dos materiais

solúveis. Posteriormente, foi imergido o alimento por 24 horas em solução acidificada com ácido clorídrico contendo pH inicial de 2,0, na proporção de 100 g de matéria seca por litro de solução.

Em seguida foi adicionada a solução salina de La^{3+} a qual ficou em repouso por 24 horas, sendo que a concentração do indicador na solução foi de 20 mg/g de amostra seca a marcar. Em seguida o material foi transferido para um saco de algodão para a lavagem em água corrente, e para eliminação do metal fracamente adsorvido, a bolsa utilizada contendo a fibra marcada foi imersa, por uma hora, em solução de ácido cítrico, acidificado com ácido sulfúrico (pH = 2,5). Então a bolsa com material foi lavada em água corrente até o clareamento da água para retirar o excesso do indicador quelatado pelo ácido cítrico. Em seguida, procedeu-se a secagem final do alimento marcado em bandeja de plástico, em estufa com circulação forçada de ar a $60 \pm 5^\circ\text{C}$ por 48 horas.

As amostras marcadas foram fornecidas no cocho aos animais 15 minutos antes da alimentação, no 17º dia de cada período experimental. A dose de indicador oferecido foi de 50 g/animal/período.

A determinação da concentração do Lantânio foi realizada nas fezes, a partir de amostras coletadas nos tempos zero (15 minutos antes alimentação), 8, 16, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66, 72, 84, 96, 120 e 144 horas após alimentação. As amostras de fezes para determinação do Lantânio, com o objetivo de estimar a curva de excreção do indicador, foram preparadas de acordo com as recomendações de Coleman et al. (1984), por intermédio do método descrito por Williams et al. (1962). A análise foi feita em espectrofotômetro de absorção atômica, chama de óxido nitroso/acetileno, com comprimento de onda $\lambda = 398,8 \text{ nm}$ e abertura de fenda de 0,2 nm, conforme Huhtanen e Kukkonen (1995).

A estimativa dos parâmetros da cinética de passagem de partículas pelo trato gastrointestinal dos animais foi determinada a partir do ajuste do modelo bicompartimental, aos dados de excreção fecal do indicador Lantânio (indicador associado às partículas fibrosas). Este modelo tem por base o mecanismo de escape tempo-dependente e gama distribuído para as partículas retidas no primeiro compartimento (malha filtrante do rúmen ou *raft*, constituído de partículas recém-ingeridas), seguido pelo segundo compartimento (porção ventral do rúmen constituída de partículas pequenas dispersas na fase líquida) no qual é associada distribuição exponencial simples à probabilidade de escape das partículas nele contidas (Matis, 1972; Matis et al., 1989; Vieira et al., 2008b):

$$C(t) = C(0)k_e \left\{ \begin{array}{l} \delta^N \exp[-k_e(t - \tau)] - \exp[-\lambda_r(t - \tau)] \\ \times \sum_{i=1}^N \delta^i [\lambda_r(t - \tau)]^{N-i} / (N - i)! \end{array} \right\} + \varepsilon, \quad t \geq \tau \quad (1)$$

$$C(t) = \varepsilon, \quad 0 \leq t < \tau \quad (2)$$

No qual $C(t)$ corresponde a concentração de Lantânio nas fezes ($\mu\text{g/g}$ matéria seca fecal); i é o índice que denota a ordem de dependência do tempo, $\forall i = 1, 2, \dots, N$; k_e é a taxa de escape das partículas (t^{-1}); N é um número inteiro positivo para a dependência do tempo para a transferência da fibra do *raft* para a fase líquida onde estão dispersas as partículas com probabilidade exponencial de escape do rúmen (pool de escape); t é o tempo; τ refere-se ao tempo de transito da partícula que escapa do rúmen-retículo pelo orifício retículo-omasal até as fezes (t); λ_r corresponde à taxa assintótica tempo-dependente de escape de partículas do *raft* para pool de escape (t^{-1}); e ε é o erro.

Para estimativa dos parâmetros de degradabilidade ruminal da fibra foi adotada a técnica *in situ* conforme as recomendações descritas por Nocek (1988); para tanto foram utilizados três animais fistulados e com cânulas permanentes no rúmen. A dieta oferecida aos animais foi a base de cana-de-açúcar mais ureia e sulfato de amônio na

proporção de 9:1 visando a correção do teor protéico do volumoso. Os sais foram diluídos em água, regados sobre a cana e misturados antes de serem oferecidos aos animais. Foram utilizados dois níveis da mistura ureia sobre o volumoso, 10 e 14 g ureia/kg MN de cana, sendo que para cada um dos níveis foram oferecidos aos animais concentrados a base de milho triturado, farelo de soja e suplemento mineral, com diferentes teores de proteína bruta: 180, 200 e 220 g/kg MS (Tabela 2).

Foram realizadas duas incubações sequenciais, onde na primeira incubação a dieta a base de cana-de-açúcar foi adicionada 10 g ureia/kg MN de cana e na segunda incubação foi feita a adição de 14 g ureia/kg MN de cana. Inicialmente, foi realizada a coleta de amostras de cana-de-açúcar inteira e posteriormente feita a separação e pesagem das distintas partes da planta, as quais foram usadas para avaliação da degradação ruminal: planta inteira, ponta, casca e colmo.

Estas amostras foram picadas, identificadas e secas em estufa com circulação forçada de ar a $60 \pm 5^\circ\text{C}$ por 72 horas (Silva e Queiroz, 2002). As amostras foram moídas em peneira de 1 e 2 mm e armazenadas para posteriores análises químicas e estimativa da degradação das partes da planta (cana-de-açúcar). Os teores médios de matéria seca total das partes da cana-de-açúcar: ponta, casca e colmo, encontrados a partir das análises realizadas foram 22,48, 24,39 e 18,45 %, respectivamente, cuja proporção das partes encontrada foi de 34,42, 18,25 e 37,34 kg em 100 kg de cana inteira, respectivamente.

Foram utilizados sacos de náilon devidamente identificados, medindo 6 x 13 cm, com porosidade de 50 micrômetros, nos quais foram pesados 2,5 g de MS das amostras previamente moídas em peneira de 2 mm. Foi incubado o material via fistula ruminal, em bolsa de tecido telado, fixadas a uma corrente de aço com peso na extremidade, permitindo a imersão de todas as amostras no conteúdo ruminal, consoante aos tempos

de 0, 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 72, 96, 120 e 144 horas de incubação no rúmen (Mertens, 1993), sendo três repetições para cada alimento e cada tempo. Foram colocados no máximo 48 sacos de náilon no rúmen de cada animal.

Decorrido o tempo de incubação, os sacos foram lavados em água corrente e levados a estufa 65°C por 72 horas, sendo posteriormente quantificadas a MS e a fibra em detergente neutro (FDN) do resíduo da incubação. Os sacos referentes ao tempo zero não foram incubados no rúmen, mas foram lavados em água corrente, semelhantes aos sacos incubados. A determinação da degradação da fibra em detergente neutro (FDN) foi calculada a partir da quantidade incubada menos os resíduos indegradável resultante de cada tempo de incubação.

A estimativa dos parâmetros da cinética de degradação da fibra insolúvel dos alimentos foi obtida por meio do modelo proposto por Vieira et. al. (2008a):

$$Y(t) = FDN\bar{A} \left\{ \delta_a^{N_a} \exp(-k_a t) + \exp(-\lambda_a t) \times \sum_{i=0}^{N_a-1} \left[\frac{(1 - \delta_a^{N_a-i})(\lambda_a t)^i}{i!} \right] \right\} + FDN_i + \varepsilon \quad (3)$$

No qual $Y(t)$ (g/kg) representa resíduo de incubação após determinado período de tempo (t); a refere-se ao processo de degradação para diferenciação do N da Eq. 1; ε é o erro; $FDN\bar{A}$ corresponde à forma não disponível porém potencialmente degradável da fibra dentro da partícula alimentar (g/kg); FDN_i representa a fração indigestível da fibra (g/kg); i equivale ao índice que denota a ordem de dependência do tempo, $\forall i = 1, 2, \dots, N_a$; k_a (h^{-1}) refere-se a taxa da degradação do $FDN\bar{A}$ estimada a partir do ajuste do modelo compartimental generalizado aos perfis de digestão da fibra; N_a é um inteiro positivo que representa a ordem dependência do tempo para preparação da partícula fibrosa para digestão; t corresponde ao tempo (h); e λ_a (h^{-1}) é a taxa

assintótica com distribuição gama tempo-dependente relativa a preparação do substrato para digestão.

A dimensão do corpo de um organismo é uma propriedade fundamental, pois afeta todas as estruturas e processos biológicos regulando a taxa à qual o organismo absorve os nutrientes e a velocidade a que ele converte estes nutrientes em energia. Desta forma, o possível efeito da massa corporal dos animais sobre as variáveis foi avaliado a priori por meio de escalonamento biológico pressupondo o seguinte modelo (Demetrius, 2006; Vieira et al., 2008; White e Seymour, 2005):

$$Y = a \times PV^\beta \quad (4)$$

Em que Y corresponde a variável sob estudo, a é uma constante biológica escalonada (unidades da variável/ kg^β), PV refere-se ao peso vivo dos animais, e β é o expoente adimensional de escalonamento para a massa corporal dos animais. Este modelo foi ajustado aos dados por meio do PROC NLIN do programa SAS (versão 9, SAS System, Cary, NC, EUA). Foi adotado o procedimento *grid search* para obtenção de estimativas iniciais dos parâmetros para o processo iterativo do algoritmo de Newton.

As variáveis do Experimento 1 foram analisadas segundo o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + a_k + \tau_l + e_{ijkl} \quad (5)$$

No qual Y_{ijkl} corresponde à variável resposta, μ refere-se ao efeito da média geral, α_i é o efeito do nível de ureia no i -ésimo volumoso, β_j é o efeito do nível de proteína no j -ésimo concentrado, $\alpha\beta_{ij}$ refere-se ao efeito da interação entre o nível de ureia no volumoso e nível de proteína no concentrado, a_k é o efeito de k -ésimo animal; τ_l é o

efeito de l -ésimo período e e_{ijkl} corresponde ao erro aleatório associado a cada observação, pressuposto Niid $(0; \sigma^2)$.

As variáveis do Experimento 2 foram analisadas segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + a_j + \tau_k + e_{ijk} \quad (6)$$

Em que Y_{ijk} corresponde a variável resposta, μ refere-se ao efeito da média geral; α_i representa o efeito da relação amido:fibra i , a_j refere-se ao efeito do animal j , τ_k é o efeito do período k e e_{ijk} o erro aleatório, associado a cada observação, pressuposto Niid $(0; \sigma^2)$.

Os modelos 5 e 6 foram ajustados por meio do procedimento PROC MIXED do programa SAS (v.9, SAS System, Cary, NC, EUA). As estimativas por intervalo obtidas a partir do ajuste das equações 5 e 6 às variáveis experimentais foram descritas com base na expressão $\bar{y} \pm (Ur - Lr)/2$, na qual \bar{y} representa a média de mínimos quadrados e Lr e Ur correspondem aos limites inferior e superior do intervalo de confiança para a variável em questão tomando-se o erro tipo I igual a 0.05.

Resultados

A elevação no nível de ureia na cana reduziu a degradabilidade efetiva da FDN das partes da cana-de-açúcar e reduziu a repleção ruminal da planta inteira, ponta e casca (Tabelas 5, 6 e 7). Houve interação entre o teor de proteína no concentrado e o nível de ureia na cana sobre a degradabilidade efetiva das partes da cana-de-açúcar (Tabelas 5 e 7).

A interação do nível de 14 g de ureia/kg MN de cana com o teor de 180 g PB/kg MS do concentrado proporcionou a diminuição da degradabilidade efetiva da FDN da cana-de-açúcar e suas partes. A interação do nível de 14 g de ureia/kg MN de cana com

os teores de 200 e 220 g PB/kg MS do concentrado proporcionou a diminuição da degradabilidade efetiva da FDN do colmo da cana-de-açúcar (Tabela 7).

Tabela 5 – Valores-*P* para peso vivo (kg), degradabilidade efetiva (g/kg de FDN) e repleção ruminal (g/kg^{1,599}) da cana-de-açúcar e suas partes em novilhas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar, ureia e proteína verdadeira

Variáveis	Nível de ureia	Teor protéico	Interação	Período
Peso vivo	0,910	0,562	0,559	<0,001
DEPL ¹	0,001	0,290	0,052	0,062
RRPL ²	0,025	0,333	0,252	<0,001
DEPO ³	0,004	0,269	0,057	0,072
RRPO ⁴	0,006	0,209	0,189	<0,001
DECA ⁵	0,057	0,219	0,037	0,058
RRCA ⁶	<0,001	0,404	0,285	<0,001
DECO ⁷	<0,001	0,214	0,012	0,024
RRCO ⁸	0,898	0,415	0,279	<0,001

¹degradação efetiva da planta inteira, ²repleção ruminal da planta inteira, ³degradação efetiva da ponta, ⁴repleção ruminal da ponta, ⁵degradação efetiva da casca, ⁶repleção ruminal da casca, ⁷degradação efetiva do colmo, ⁸repleção ruminal do colmo.

Tabela 6 – Peso vivo (kg) e repleção ruminal (g/kg^{1,599}) da cana-de-açúcar e suas partes em novilhas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar, ureia e proteína verdadeira

Variáveis	Nível de ureia		Teor de proteína		
	10*	14*	180**	200**	220**
Peso vivo	335,4±24,8	335,1±24,8	335,8±24,8	333,4±24,8	336,5±24,8
RRPL ¹	0,038±0,006	0,032±0,006	0,033±0,006	0,035±0,006	0,037±0,006
RRPO ²	0,027±0,006	0,021±0,006	0,022±0,006	0,024±0,006	0,026±0,006
RRCA ³	0,045±0,007	0,034±0,007	0,037±0,008	0,040±0,008	0,041±0,008
RRCO ⁴	0,031±0,006	0,031±0,006	0,030±0,006	0,031±0,006	0,033±0,006

¹repleção ruminal da planta inteira, ²repleção ruminal do ponta, ³repleção ruminal da casca, ⁴repleção ruminal do colmo.

*g/kg MN de cana de açúcar, **g/kg MS de concentrado.

Tabela 7 – Degradabilidade efetiva (g/kg FDN) da cana-de-açúcar e suas partes em novilhas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar, ureia e proteína verdadeira

Variável	Nível de Ureia	Teor de proteína			Valor <i>P</i>
		180**	200**	220**	
DEPI ¹	10*	0,366±0,078	0,307±0,078	0,334±0,078	0,538
	14*	0,143±0,078	0,236±0,078	0,293±0,078	0,032
	Valor <i>P</i>	<0,001	0,196	0,440	
DEPO ²	10*	0,400±0,091	0,335±0,089	0,366±0,142	0,567
	14*	0,158±0,091	0,263±0,055	0,332±0,074	0,031
	Valor <i>P</i>	<0,001	0,254	0,580	
DECA ³	10*	0,301±0,065	0,253±0,065	0,274±0,065	0,551
	14*	0,125±0,065	0,207±0,065	0,261±0,065	0,018
	Valor <i>P</i>	<0,001	0,314	0,770	
DECO ⁴	10*	0,544±0,073	0,480±0,073	0,502±0,073	0,422
	14*	0,204±0,073	0,324±0,073	0,371±0,073	0,008
	Valor <i>P</i>	<0,001	0,005	0,014	

¹degradação efetiva da planta inteira, ²degradação efetiva do ponta, ³degradação efetiva da casca, ⁴degradação efetiva do colmo.

* g/kg MN de cana de açúcar, ** g/kg MS de concentrado.

Não houve efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade na degradabilidade efetiva e repleção ruminal da cana e suas partes em novilhas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar, ureia e relações de amido (Tabela 8).

O efeito de período significativo observado ocorreu devido ao crescimento das novilhas, ou seja, houve efeito da massa corporal dos animais sobre as variáveis avaliadas, os quais foram corrigidos com escalonamento biológico.

Tabela 8 – Valores-*P* para peso vivo (kg), degradabilidade efetiva (g/kg FDN) e repleção ruminal (g/kg^{1,548}) da cana-de-açúcar e suas partes em novilhas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar, ureia e relações de amido

Variável	Relações de amido:fibra					Valor - <i>P</i>	
	80:20	70:30	60:40	50:50	40:60	Trat ⁴	Per ⁵
Peso	258,4±26	258,2±26,0	263,4±26,0	259,0±26,0	260,0±26,0	0,353	<0,001
DEPL ¹	0,329±0,124	0,292±0,120	0,297±0,120	0,257±0,116	0,302±0,121	0,804	0,486
RRPL ²	0,044±0,128	0,041±0,124	0,036±0,117	0,043±0,125	0,040±0,122	0,649	0,002
DETO ³	0,360±0,146	0,317±0,140	0,322±0,141	0,277±0,135	0,327±0,142	0,802	0,464
RRTO ⁴	0,039±0,105	0,036±0,102	0,032±0,098	0,038±0,102	0,036±0,101	0,695	0,002
DECA ⁵	0,270±0,092	0,241±0,089	0,246±0,090	0,213±0,087	0,251±0,090	0,805	0,508
RRCA ⁶	0,054±0,172	0,050±0,166	0,043±0,154	0,051±0,167	0,041±0,163	0,619	0,002
DECO ⁷	0,502±0,134	0,468±0,129	0,486±0,132	0,436±0,125	0,499±0,133	0,756	0,635
RRCO ⁸	0,036±0,098	0,035±0,096	0,030±0,092	0,036±0,097	0,034±0,095	0,617	0,002

¹degradação efetiva da planta inteira, ²repleção ruminal da planta inteira, ³degradação efetiva do topo, ⁴repleção ruminal do topo, ⁵degradação efetiva da casca, ⁶repleção ruminal da casca, ⁷degradação efetiva do colmo, ⁸repleção ruminal do colmo.

Discussão

De acordo com Ørskov (1982), a degradação do alimento nos compartimentos do trato gastrintestinal é resultante de dois parâmetros competitivos que atuam simultaneamente: a taxa de passagem e a taxa de degradação. Já a degradação efetiva é um conceito utilizado quando se inclui a taxa de passagem no cálculo de degradabilidade do alimento. No presente trabalho a degradabilidade efetiva da cana inteira e de suas distintas partes, foi maior quando adicionado 10 g ureia/kg MN, possivelmente, devido a disponibilidade de nitrogênio não protéico (ureia) as bactérias ruminais.

A dieta é um dos fatores que mais influenciam na síntese de proteína microbiana e, conseqüentemente, na degradação da fibra do alimento (Owens e Goetsch, 1993). A oferta de NNP aos animais ruminantes aumenta a disponibilidade de amônia no rúmen, a qual é essencial para o crescimento e manutenção das bactérias fibrolíticas, que demandam de uma fonte de nitrogênio prontamente fermentável para efetuarem a quebra das partículas dos alimentos (Russell et al., 1992). De acordo com Dehority e Grubb (1976), os ácidos graxos de cadeia ramificada isobutírico, isovalérico e 2-metilbutírico são necessários ou estimulatórios para o crescimento das bactérias celulolíticas (fibrolíticas). Porém estes ácidos são providos, normalmente, pelas espécies de bactérias proteolíticas, as quais podem influenciar diretamente na degradação da fibra do alimento com a diminuição do crescimento das bactérias celulolíticas que demandam isoácidos (Naga e Harmeyer, 1975). Desta forma as baixas concentrações de NNP na dieta podem, eventualmente, diminuir o crescimento e a atividade das bactérias celulolíticas, e altas concentrações podem aumentar essas atividades (Van Houtert, 1993). Mas, como verificado no presente artigo, as altas concentrações de NNP (14 g ureia/kg MN de cana) apresentaram baixa degradação

efetiva da cana-de-açúcar e suas partes, contradizendo os relatos acima citados (Tabela 7).

Por outro lado, a eficiência com que os microrganismos convertem o nitrogênio do alimento em proteína microbiana depende da taxa de liberação da amônia e de sua assimilação. Se a forma de liberação for rápida (ureia), pode haver excesso de amônia no rúmen, a qual será absorvida, levada até o fígado e convertida em ureia (Brody, 1994; Nolan, 1993). Embora alguma parte dessa ureia seja reciclada para o rúmen, a maioria é excretada pela urina. Assim, o teor elevado de ureia na dieta das novilhas leiteiras parece não ter contribuído para aumentar a degradabilidade efetiva da fibra da cana-de-açúcar como verificado no presente trabalho (Tabela 7).

Os dois principais fatores que agem no processo de eficiência microbiana são a degradabilidade da proteína bruta da dieta e a energia disponível para o crescimento microbiano (Russel et al., 1992). Esta energia pode ser proveniente da sacarose, em dietas a base de cana-de-açúcar, como também de uma fonte de amido adicionada à dieta. O amido degradável no rúmen irá aumentar o suprimento de glicose no fígado (Huntington, 1997), mas quando em excesso reduz a digestibilidade da fibra (Firkins et al., 2001) e possivelmente a ingestão de MS (Allen, 2000). As relações de amido:fibra apresentadas no presente artigo não afetaram a degradação efetiva da fibra em novilhas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar mais ureia.

A repleção ruminal é a expressão do tempo que o alimento permanece no rúmen sofrendo os efeitos físicos de passagem, decorrentes da mastigação durante a ruminação e da digestão pelos microrganismos do rúmen. No presente trabalho os valores calculados para repleção ruminal estão bem abaixo de valores que realmente causam a distensão máxima ruminal (efeitos físicos), como verificado no trabalho de Vieira et al. (2008b) que apresentou a taxa de ingestão de fibra máxima que causa a repleção

ruminal nos animais de 0,378 g/kg de FDN na MS. Tal fato mostra que os animais não estavam em repleção ruminal e que por menor que tenha sido a quantidade de dieta consumida pelos animais, estes mantiveram sua massa corporal em crescente aumento extraindo os nutrientes necessários para manutenção, crescimento e possível desempenho, conforme observado ao longo dos períodos dos Experimentos (Tabelas 6 e 8).

Conclusão

O aumento do nível de ureia na cana-de-açúcar reduz o tempo que o alimento permanece no rúmen e conseqüentemente a degradabilidade efetiva da FDN da planta inteira e suas partes. O colmo apresenta maior degradabilidade efetiva da FDN em relação as demais partes da cana-de-açúcar.

Referências bibliográficas

- ALLEN, M.S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.1598-1624. 2000.
- BERGEN, W.G. Factores que influyen la tasa de crecimiento de microorganismos en el rúmen. **Tropical Animal Production**, v.4, p.30-35, 1979.
- BRODY, T. **Nutritional biochemistry**. Academic Press, USA, 1994. 658p.
- COLEMAN, D.C.; ANDERSON, R.V.; COLE, C.V., et al. Trofymow, and E.T. Elliot. Roles of protozoa and nematodes in nutrient cycling. In TODD, R.L.; GIDDONS, J.E. (Eds). **Microbial-plant interactions**. ASA Special Publication. ASA, CSSA and SSSA, Madison, v.47, p.17-28. 1984.
- DEHORITY, B.A.; GRUBB, J.A. Basal medium for the selective enumeration of rumen bacteria utilizing specific energy sources. **Applied and Environmental Microbiology**, v.32, p.703-710. 1976.
- ELLIS, W.C.; BEEVER, D.E. Methods for binding rare earths to specific feed particles. In: Kennedy, P.M. (ed.) **Techniques in Particle Size Analysis of Feed and Digesta in Ruminants**. Occasional Publication No.1, **Canadian Society of Animal Science**, Edmonton, Alberta, p.154-165. 1984.
- FIRKINS, J.L.; EASTRIDGE, M.L.; ST-PIERRE, N.R.; et al. Effects of grain variability and processing on starch utilization by lactating dairy cattle. **Journal of Animal Science**, v.79 (E. Suppl.): p.218-238. 2001.
- HUHTANEN, P.; KUKKONEN, U. Comparison of methods, markers, sampling sites and models for estimating digesta passage kinetics in cattle fed at two levels of intake. **Animal Feed Science and Technology**, v.52, p.141-158, 1995.
- HUNGATE, R.E. Introduction: The ruminant and the rumen. In: HOBSON, P.N. (Ed.) **The rumen microbial ecosystem**. Barking: Elsevier Science Publishers, 1988. p.1-20.

- HUNTINGTON, G.B. Starch utilization by ruminants: From basics to the bunk. **Journal of Animal Science**. v.75, p.852-867, 1997.
- MATIS, J.H. Gamma time-dependency in Blaxter's compartmental model. **Biometrics**. v.28, p.597-602. 1972.
- MATIS, J.H., WEHRLY, T.E., ELLIS, W.C. Some generalized stochastic compartmental models for digesta flow. **Biometrics**. v.45, p.703-720. 1989.
- MERTENS, D.R. Rate and extent of digestion. In: FORBES, J.M.; FRANCE, J. (Eds.). **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. CAB International, Cambridge, p.13-51. 1993.
- NAGA, M.; HARMEYER, J. Gas and volatile fatty acid production at different rates of rumen microbial protein synthesis in vitro. **Journal of Animal Science**, v.40, p.374-379. 1975.
- NOCEK, J.E. In situ and other methods to estimate ruminal digestion and energy digestibility: A review. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.8, p.2051-2069, 1988.
- NOLAN, J.V. Nitrogen kinetics In: FORBES, F.M.; FRANCE, F. **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. CAB International, 1^a ed, p.123-145. 1993.
- ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. **Protein nutrition in ruminants**. London: Academic Press. 1982. 160p.
- OWENS, F.N.; GOETSCH, A.L. Fermentación ruminal. In: CHURCH, D.C. (Ed.) **El rumiante fisiología digestiva y nutrición**. Zaragoza: Acribia, p.159-190. 1993.
- PRESTON, T.R.; LENG, R.A. La caña de azúcar como alimento para los bovinos. **Revista Mundial de Zootecnia**, v.27, p.7-12, 1978.
- RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3551-3561, 1992.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: Métodos químicos e biológicos**. 3^a ed. Viçosa- MG: UFV, 2002. 235 p.
- VAN HOUTERT, M.F.J. The production and metabolism of volatile fatty acids by ruminants fed roughages: A review. **Animal Feed Science Technology**, v.43, p.189-225, 1993.
- VIEIRA, R.A.M.; TEDESCHI, L.O.; CANNAS, A. A generalized compartmental model to estimate the fibre mass in the ruminoreticulum: 1. Estimating parameters of digestion. **Journal of Theoretical Biology**, v.255, p.245-256, 2008a.
- VIEIRA, R.A.M.; TEDESCHI, L.O.; CANNAS, A. A generalized compartmental model to estimate the fibre mass in the ruminoreticulum: 2. Integrating digestion end passage. **Journal of Theoretical Biology**, v.255, p.257-268, 2008b.
- WALDO, D.R.; SMITH, L.W.; COX, E.L. Model of Cellulose Disappearance from the Rumen. **Journal of Dairy Science**, v.55, p.125-129, 1972.
- WHITE, C.R.; SEYMOUR, R.S. Allometric scaling of mammalian metabolism. **Journal of Experimental Biology**, v.208, p.1611-1619, 2005.
- WILLIAMS, C.H.; DAVID, D.J.; IISMAA, O. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. **Journal of Agriculture Science**, v.59, p.381-385, 1962.

CONCLUSÕES GERAIS

O aumento dos níveis de nitrogênio não protéico na forma de ureia em dietas com cana-de-açúcar como volumoso (10 para 14 g de ureia/kg MN cana) para novilhas leiteiras não afeta o aproveitamento de nutrientes pelos animais, apresentando consumo, digestibilidade da matéria seca semelhantes e menores valores de degradabilidade efetiva da fibra e repleção ruminal.

A inclusão de amido em níveis crescentes e a redução da fibra em dietas com cana-de-açúcar mais ureia para novilhas leiteiras não apresenta mudanças na degradabilidade efetiva da FDN da cana e na repleção ruminal.

O colmo apresenta maior degradabilidade efetiva da FDN em relação a casca e ponta da cana-de-açúcar.

APÊNDICE

Tabela 1 – Consumo de nutrientes (kg MS /dia) em novilhas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar, ureia e proteína verdadeira

Período	Animal	Teor PB*	Ureia**	NPB ¹	PV ²	MS ³	CZ ⁴	MO ⁵	EE ⁶	PB ⁷	FDNcp ⁸	CNF ⁹	CT ¹⁰	NDT ¹¹
1	1	2	2	20	308	2,71	0,11	2,61	0,21	0,58	1,17	0,64	1,81	1,58
1	2	1	1	18	333	4,55	0,18	4,39	0,24	0,72	2,34	1,07	3,41	2,76
1	3	1	2	18	320	4,49	0,17	4,34	0,23	0,76	2,26	1,08	3,33	2,47
1	4	3	1	22	280	4,06	0,17	3,91	0,22	0,70	2,08	0,90	2,98	2,28
1	5	3	2	22	276	4,14	0,16	3,99	0,22	0,75	2,05	0,95	3,00	1,92
1	6	2	1	20	256	3,95	0,15	3,81	0,22	0,59	1,83	1,16	2,99	2,41
2	1	2	1	20	335	4,41	0,29	4,12	0,22	0,68	2,53	0,68	3,22	2,40
2	2	1	2	18	362	5,56	0,37	5,19	0,24	1,03	3,35	0,56	3,92	2,93
2	3	1	1	18	336	4,57	0,30	4,28	0,23	0,74	2,66	0,64	3,30	2,67
2	4	3	2	22	315	4,51	0,30	4,22	0,23	0,91	2,68	0,40	3,08	2,71
2	5	3	1	22	312	5,23	0,35	4,88	0,23	0,86	3,14	0,65	3,79	2,69
2	6	2	2	20	287	4,92	0,32	4,60	0,23	0,96	2,89	0,52	3,41	2,42
3	1	1	2	18	331	4,07	0,36	3,71	0,22	0,75	2,23	0,50	2,74	1,25
3	2	3	2	22	367	5,21	0,49	4,72	0,22	1,01	3,07	0,41	3,49	2,15
3	3	3	1	22	345	4,89	0,44	4,45	0,22	0,81	2,74	0,69	3,42	2,44
3	4	2	1	20	329	4,65	0,41	4,24	0,22	0,67	2,52	0,83	3,35	2,51
3	5	2	2	20	305	4,93	0,44	4,49	0,22	0,89	2,79	0,59	3,38	2,37
3	6	1	1	18	304	5,06	0,45	4,61	0,23	0,75	2,84	0,79	3,63	2,18
4	1	1	1	18	345	5,47	0,28	5,20	0,22	0,95	2,34	1,68	4,03	2,57
4	2	3	1	22	381	6,89	0,36	6,52	0,22	1,24	3,10	1,96	5,06	4,15
4	3	3	2	22	357	6,76	0,35	6,41	0,22	1,41	3,04	1,74	4,77	3,44
4	4	2	2	20	335	5,36	0,27	5,08	0,21	1,13	2,25	1,49	3,74	3,55
4	5	2	1	20	320	6,17	0,31	5,86	0,22	1,02	2,69	1,93	4,62	3,54
4	6	1	2	18	320	6,20	0,32	5,88	0,23	1,26	2,70	1,69	4,39	3,35

5	1	3	2	22	354	4,77	0,32	4,45	0,22	1,04	2,56	0,63	3,19	2,74
5	2	2	1	20	397	6,03	0,40	5,63	0,23	1,07	3,36	0,97	4,33	2,82
5	3	2	2	20	362	4,95	0,32	4,63	0,22	1,08	2,65	0,69	3,33	2,52
5	4	1	2	18	350	5,01	0,32	4,68	0,23	1,03	2,71	0,71	3,41	3,33
5	5	1	1	18	337	5,29	0,34	4,95	0,23	0,93	2,90	0,89	3,79	2,69
5	6	3	1	22	345	5,63	0,37	5,26	0,22	1,06	3,18	0,80	3,98	2,71
6	1	3	1	22	365	6,81	0,44	6,37	0,27	1,14	3,80	1,15	4,96	4,27
6	2	2	2	20	400	7,53	0,48	7,06	0,27	1,40	4,28	1,10	5,38	4,91
6	3	2	1	20	367	7,33	0,47	6,85	0,27	1,15	4,11	1,31	5,43	3,76
6	4	1	1	18	350	6,03	0,39	5,64	0,27	0,99	3,28	1,11	4,39	3,91
6	5	1	2	18	342	6,04	0,38	5,66	0,26	1,08	3,31	1,02	4,32	3,54
6	6	3	2	22	341	7,33	0,47	6,86	0,27	1,36	4,18	1,05	5,23	5,18

¹Nível de proteína bruta, ²peso vivo, ³matéria seca, ⁴cinza, ⁵matéria orgânica, ⁶extrato etéreo, ⁷proteína bruta, ⁸fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, ⁹carboidrato não fibroso, ¹⁰carboidrato total e ¹¹nutrientes digestíveis totais.

*1=180,2=200 e 3=220 gPB/kgMS ** 1=10 e 2=14 g ureia/kg de cana *in natura*

Tabela 2 – Digestibilidade de nutrientes (%) em novilhas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar, ureia e proteína verdadeira

Período	Animal	Teor PB*	Ureia**	NPB ¹	PV ²	MS ³	CZ ⁴	MO ⁵	EE ⁶	PB ⁷	FDNcp ⁸	CNF ⁹	CT ¹⁰	NDT ¹¹
1	1	2	2	20	308	50,50	24,23	51,82	90,38	68,03	24,70	73,36	41,84	29,69
1	2	1	1	18	333	54,33	3,69	57,02	92,16	65,39	39,43	81,26	52,58	39,73
1	3	1	2	18	320	48,08	13,80	51,60	86,58	59,68	30,02	82,95	47,13	25,07
1	4	3	1	22	280	49,77	10,49	52,56	87,60	65,52	32,48	79,73	46,72	28,36
1	5	3	2	22	276	37,90	19,73	42,88	82,61	54,28	19,68	74,14	36,87	33,00
1	6	2	1	20	256	53,58	23,27	56,97	93,00	63,10	33,47	83,77	52,95	41,18
2	1	2	1	20	335	50,46	24,50	52,30	91,36	54,33	44,80	65,50	49,21	28,54
2	2	1	2	18	362	49,96	25,74	51,68	82,02	67,09	42,21	66,64	45,74	24,46

2	3	1	1	18	336	53,83	19,33	56,24	91,97	58,26	44,34	90,15	53,24	38,95
2	4	3	2	22	315	56,19	25,80	58,32	88,45	72,07	49,19	71,22	52,04	43,09
2	5	3	1	22	312	48,93	29,88	50,29	83,36	60,31	42,08	65,07	46,02	20,47
2	6	2	2	20	287	44,70	5,24	47,49	84,94	64,69	33,80	75,73	40,16	13,23
3	1	1	2	18	331	28,43	29,84	28,30	74,51	53,99	7,12	64,02	17,60	28,00
3	2	3	2	22	367	41,50	45,49	41,08	77,07	63,51	32,49	30,85	32,30	43,00
3	3	3	1	22	345	48,40	38,89	49,34	85,96	60,85	39,00	65,21	44,25	18,77
3	4	2	1	20	329	52,61	45,99	53,24	91,34	57,62	40,47	78,38	49,87	30,40
3	5	2	2	20	305	46,88	46,03	46,96	92,74	57,80	37,23	59,34	41,09	12,53
3	6	1	1	18	304	40,81	34,24	41,45	92,28	42,93	28,22	72,64	37,87	38,00
4	1	1	1	18	345	45,19	0,31	47,57	35,79	56,59	15,78	88,35	46,11	38,00
4	2	3	1	22	381	58,32	31,81	59,79	90,03	71,89	36,38	85,76	55,48	44,59
4	3	3	2	22	357	47,67	1,14	50,38	74,71	64,48	23,90	82,10	45,08	19,07
4	4	2	2	20	335	64,00	35,82	65,51	84,49	78,00	42,23	88,42	60,67	56,23
4	5	2	1	20	320	54,47	13,76	56,64	78,94	60,54	30,29	88,74	54,72	37,08
4	6	1	2	18	320	49,95	4,15	53,04	80,08	65,15	25,08	85,10	48,18	28,25
5	1	3	2	22	354	55,36	42,93	56,26	88,47	71,77	44,27	68,23	48,99	38,31
5	2	2	1	20	397	45,12	29,10	46,27	76,68	61,44	29,75	79,69	40,93	5,68
5	3	2	2	20	362	47,95	27,11	49,39	87,07	67,32	32,27	75,20	41,14	19,02
5	4	1	2	18	350	64,27	46,12	65,52	92,09	77,62	53,71	84,37	60,06	57,91
5	5	1	1	18	337	48,33	32,69	49,41	83,11	59,03	34,34	79,72	45,00	18,20
5	6	3	1	22	345	45,60	22,54	47,24	81,65	63,49	29,90	85,00	40,98	10,44
6	1	3	1	22	365	60,37	30,49	62,46	88,51	69,80	50,83	87,46	59,36	51,78
6	2	2	2	20	400	64,09	43,74	65,46	85,91	74,34	56,28	84,82	62,10	56,54
6	3	2	1	20	367	48,74	18,20	50,85	80,75	56,79	35,58	87,20	48,07	22,34
6	4	1	1	18	350	63,01	44,75	64,27	85,22	71,25	51,31	91,33	61,43	54,40
6	5	1	2	18	342	56,16	33,75	57,68	84,87	70,36	43,35	83,89	52,87	40,92

6	6	3	2	22	341	69,20	41,20	71,11	89,24	78,31	63,52	87,45	68,31	66,93
---	---	---	---	----	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

¹Nível de proteína bruta, ²peso vivo, ³matéria seca, ⁴cinza, ⁵matéria orgânica, ⁶extrato etéreo, ⁷proteína bruta, ⁸fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, ⁹carboidrato não fibroso, ¹⁰carboidrato total e ¹¹nutrientes digestíveis totais.

*1=180,2=200 e 3=220 gPB/kgMS; ** 1=10 e 2=14 g ureia/kg de cana *in natura*.

Tabela 3 – Consumo de nutrientes (kg MS /dia) de novilhas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar, ureia e relações de amido

Período	Amostra	Trat ¹	PV ²	MN ³	MS ⁴	CZ ⁵	MO ⁶	AMIDO	EE ⁷	PB ⁸	FDNcp ⁹	CNF ¹⁰	CT ¹¹	NDT ¹²	A:F ¹³
1	1	2	218	14,24	3,60	0,13	3,47	0,67	0,24	0,55	1,75	0,94	2,69	2,34	2,3
1	2	4	233	14,59	3,65	0,15	3,50	0,52	0,23	0,46	1,92	0,89	2,81	2,67	1,1
1	3	5	221	13,26	3,29	0,14	3,15	0,37	0,23	0,55	1,75	0,63	2,38	2,37	0,8
1	4	1	222	12,87	3,36	0,11	3,25	0,86	0,24	0,46	1,52	1,03	2,55	2,17	4,3
1	5	3	190	9,27	2,66	0,11	2,55	0,48	0,23	0,38	1,24	0,71	1,95	1,65	1,5
2	1	3	257	21,17	4,67	0,31	4,36	0,54	0,25	0,71	2,87	0,54	3,41	2,95	1,5
2	2	5	266	21,83	4,78	0,34	4,44	0,42	0,25	0,78	3,06	0,34	3,41	3,67	0,8
2	3	1	250	20,97	4,65	0,28	4,37	0,90	0,25	0,67	2,65	0,79	3,44	3,20	4,3
2	4	2	250	20,43	4,48	0,29	4,19	0,68	0,25	0,69	2,74	0,52	3,25	3,15	2,3
2	5	4	216	15,73	3,75	0,25	3,50	0,53	0,23	0,48	2,27	0,52	2,79	2,67	1,1
3	1	4	274	24,22	4,94	0,44	4,50	0,56	0,24	0,62	3,00	0,64	3,64	2,93	1,1
3	2	1	290	25,42	5,08	0,44	4,65	0,90	0,25	0,71	2,84	0,85	3,69	3,14	4,3
3	3	2	268	22,88	4,74	0,40	4,35	0,69	0,25	0,68	2,67	0,75	3,42	2,54	2,3
3	4	3	275	21,22	4,42	0,38	4,04	0,55	0,24	0,64	2,59	0,57	3,16	2,62	1,5
3	5	5	231	15,99	3,61	0,32	3,29	0,36	0,23	0,57	2,14	0,35	2,49	2,57	0,8
4	1	1	280	26,87	5,71	0,28	5,44	0,92	0,24	0,91	3,12	1,16	4,28	3,54	4,3
4	2	3	300	29,87	6,19	0,33	5,87	0,61	0,23	1,03	3,62	0,99	4,60	4,11	1,5
4	3	4	275	27,36	5,80	0,31	5,49	0,58	0,22	0,88	3,46	0,93	4,39	4,08	1,1
4	4	5	283	26,85	5,75	0,31	5,44	0,38	0,24	1,00	3,50	0,70	4,20	4,67	0,8
4	5	2	235	19,70	4,47	0,22	4,25	0,66	0,23	0,74	2,37	0,92	3,28	2,85	2,3

5	1	5	299	28,16	5,18	0,37	4,83	0,44	0,25	0,93	3,01	0,63	3,64	4,21	0,8
5	2	2	320	30,24	5,44	0,36	5,10	0,71	0,25	0,95	2,88	1,00	3,88	3,75	2,3
5	3	3	295	28,94	5,28	0,35	4,94	0,57	0,24	0,93	2,91	0,85	3,76	3,17	1,5
5	4	4	297	27,40	5,11	0,35	4,77	0,56	0,24	0,79	2,92	0,81	3,73	3,49	1,1
5	5	1	250	21,54	4,19	0,26	3,94	0,88	0,24	0,70	2,04	0,95	2,99	2,24	4,3

¹Tratamento, ²peso vivo, ³matéria natural, ⁴matéria seca, ⁵cinza, ⁶matéria orgânica, ⁷extrato etéreo, ⁸proteína bruta, ⁹fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, ¹⁰carboidrato não fibroso, ¹¹carboidrato total, ¹²nutrientes digestíveis totais e ¹³amido:fibra.

Tabela 4 – Digestibilidade dos nutrientes (%) de novilhas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar, ureia e relações de amido

Período	Amostra	Trat ¹	PV ²	MN ³	MS ⁴	CZ ⁵	MO ⁶	AMIDO	EE ⁷	PB ⁸	FDNcp ⁹	CNF ¹⁰	CT ¹¹	NDT ¹²	A:F ¹³
1	1	2	218	51,95	13,82	53,36	90,58	58,91	93,06	44,25	57,80	48,98	41,03	756,88	2,31
1	2	4	233	62,24	26,99	63,74	92,60	62,29	92,57	48,48	90,18	61,67	51,75	954,66	1,06
1	3	5	221	59,10	14,49	61,06	92,10	66,85	90,07	43,87	92,12	56,70	45,20	833,85	0,75
1	4	1	222	48,99	5,42	51,85	91,20	48,60	95,99	19,48	91,98	48,69	23,05	425,18	4,25
1	5	3	190	44,91	14,42	47,56	86,39	46,31	89,66	15,84	91,11	43,29	9,87	182,14	1,53
2	1	3	257	55,23	47,54	55,79	80,51	57,98	90,09	48,87	78,40	53,55	30,18	556,76	1,53
2	2	5	266	71,60	61,37	72,38	89,17	74,71	90,19	69,44	80,99	70,61	65,81	1213,93	0,75
2	3	1	250	59,45	32,23	61,18	90,97	59,47	96,88	51,00	87,36	59,34	45,07	831,37	4,25
2	4	2	250	62,06	47,09	63,12	92,72	66,33	94,78	60,13	60,43	60,18	53,50	986,92	2,31
2	5	4	216	62,54	49,92	63,44	91,92	64,39	91,03	56,69	79,11	60,88	52,02	959,56	1,06
3	1	4	274	53,22	58,34	52,71	88,78	56,08	85,73	44,10	76,16	49,76	23,86	440,18	1,06
3	2	1	290	55,40	53,52	55,58	87,02	55,42	93,86	44,94	81,88	53,48	31,66	584,01	4,25
3	3	2	268	43,49	37,86	44,00	90,10	49,20	89,09	31,36	69,09	39,66	22,36	412,57	2,31
3	4	3	275	51,25	47,68	51,59	88,23	58,03	90,96	43,05	67,88	47,54	22,98	423,90	1,53
3	5	5	231	64,84	64,15	64,91	91,73	73,36	88,55	58,96	69,85	60,51	55,34	1020,80	0,75
4	1	1	280	51,72	14,72	53,61	89,87	62,39	94,32	39,57	76,91	49,70	28,26	521,35	4,25
4	2	3	300	57,77	19,35	59,90	88,56	83,42	91,72	51,02	61,17	53,20	46,91	865,41	1,53

4	3	4	275	62,59	32,27	64,29	90,44	67,03	92,57	56,43	84,50	62,40	51,28	946,07	1,06
4	4	5	283	76,08	57,05	77,17	92,98	83,48	90,62	72,06	88,36	74,78	73,59	1357,59	0,75
4	5	2	235	51,74	2,74	54,24	86,41	58,95	93,73	53,82	43,41	50,92	42,62	786,28	2,31
5	1	5	299	78,12	74,93	78,41	92,72	85,94	91,83	73,17	86,24	75,45	75,91	1400,38	0,75
5	2	2	320	62,42	48,10	63,52	85,39	70,50	95,62	50,45	88,64	60,29	48,69	898,11	2,31
5	3	3	295	51,17	38,10	52,20	84,01	65,18	90,15	37,25	79,36	46,79	20,82	384,03	1,53
5	4	4	297	61,84	53,66	62,53	87,19	75,24	91,90	52,12	79,86	58,16	48,60	896,49	1,06
5	5	1	250	39,15	7,02	41,42	95,56	52,62	95,22	14,78	76,14	34,30	42,83	790,15	4,25

¹Tratamento, ²peso vivo, ³matéria natural, ⁴matéria seca, ⁵cinza, ⁶matéria orgânica, ⁷extrato etéreo, ⁸proteína bruta, ⁹fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína,

¹⁰carboidrato não fibroso, ¹¹carboidrato total, ¹²nutrientes digestíveis totais e ¹³amido:fibra.

Tabela 5 – Variáveis relacionadas ao metabolismo de compostos nitrogenados em novilhas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar, ureia e proteína verdadeira

Período	Animal	Teor PB*	Ureia**	NPB ¹	PV ²	NUS ³ mgdl	BN ⁴ gdia	Nmic ⁵ (gN/dia)
1	1	2	2	20	308	15,7275	25,26	109,00
1	2	1	1	18	333	16,9158	-92,98	116,66
1	3	1	2	18	320	20,9234	5,33	76,88
1	4	3	1	22	280	15,5178	7,26	176,67
1	5	3	2	22	276	13,9334	37,68	118,76
1	6	2	1	20	256	15,7042	26,38	37,01
2	1	2	1	20	335	13,8868	-58,62	170,16
2	2	1	2	18	362	19,0128	-11,86	155,23
2	3	1	1	18	336	16,4032	42,97	68,45
2	4	3	2	22	315	18,8963	49,92	52,87
2	5	3	1	22	312	14,3761	66,10	49,86
2	6	2	2	20	287	17,5216	77,84	36,31

3	1	1	2	18	331	16,3333	-9,45	87,33
3	2	3	2	22	367	25,164	-57,88	74,61
3	3	3	1	22	345	19,0594	38,17	34,18
3	4	2	1	20	329	17,9643	10,10	53,82
3	5	2	2	20	305	20,2477	69,14	23,07
3	6	1	1	18	304	16,2634	27,67	28,71
4	1	1	1	18	345	17,708	-12,09	156,49
4	2	3	1	22	381	22,5311	17,72	190,82
4	3	3	2	22	357	28,7522	52,04	115,57
4	4	2	2	20	335	24,7213	110,77	80,64
4	5	2	1	20	320	18,1274	87,98	25,76
4	6	1	2	18	320	28,4027	25,08	149,85
5	1	3	2	22	354	25,0009	37,35	80,31
5	2	2	1	20	397	25,4436	-0,61	116,04
5	3	2	2	20	362	27,0979	74,31	35,44
5	4	1	2	18	350	27,6804	11,76	73,72
5	5	1	1	18	337	17,4983	19,84	92,09
5	6	3	1	22	345	23,067	85,62	34,48
6	1	3	1	22	365	21,2263	31,35	98,37
6	2	2	2	20	400	30,756	140,43	121,53
6	3	2	1	20	367	23,3466	57,43	27,67
6	4	1	1	18	350	18,5468	92,10	54,86
6	5	1	2	18	342	23,4398	80,96	38,59
6	6	3	2	22	341	28,4027	28,91	32,93

¹Nível de proteína bruta, ²peso vivo, ³nitrogênio ureico do sangue, ⁴balanço de nitrogênio, ⁵nitrogênio microbiano.

*1=180,2=200 e 3=220 gPB/kgMS; ** 1=10 e 2=14 g ureia/kg MN de cana.

Tabela 6 – Variáveis relacionadas ao metabolismo de compostos nitrogenados em novilhas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar, ureia e relações de amido

Período	Amostra	Trat ¹	PV ²	NUS ³ mgdl	BN ⁴ gdia	Nmic ⁵ (gN/dia)	A:F ⁶
1	1	2	218	11,7432	-14,97	53,70	2,31
1	2	4	233	9,4132	-12,82	121,50	1,06
1	3	5	221	16,2401	14,91	57,50	0,75
1	4	1	222	10,7413	-34,83	116,10	4,25
1	5	3	190	9,0404	-33,43	93,54	1,53
2	1	3	257	11,9529	-18,55	119,65	1,53
2	2	5	266	11,5568	26,89	78,37	0,75
2	3	1	250	12,9781	-17,93	115,75	4,25
2	4	2	250	12,5354	26,30	72,48	2,31
2	5	4	216	10,9044	30,87	51,63	1,06
3	1	4	274	16,2867	-43,28	138,83	1,06
3	2	1	290	15,7974	-29,02	109,28	4,25
3	3	2	268	19,3623	-21,41	125,48	2,31
3	4	3	275	15,2848	26,53	75,11	1,53
3	5	5	231	15,2615	53,06	40,65	0,75
4	1	1	280	20,9001	38,99	109,92	4,25
4	2	3	300	22,135	52,45	148,27	1,53
4	3	4	275	18,6866	11,23	93,28	1,06
4	4	5	283	20,4574	49,24	84,34	0,75
4	5	2	235	18,5002	47,77	24,67	2,31
5	1	5	299	19,0128	66,07	106,84	0,75
5	2	2	320	18,0575	33,70	123,56	2,31
5	3	3	295	21,7389	65,06	48,45	1,53
5	4	4	297	19,7817	47,82	70,99	1,06

5	5	1	250	15,8673	40,09	35,56	4,25
---	---	---	-----	---------	-------	-------	------

¹Tratamento, ²peso vivo, ³nitrogênio ureico do sangue, ⁴balanço de nitrogênio, ⁵nitrogênio microbiano e ⁶amido:fibra.

Tabela 7 – Variáveis utilizadas para obtenção da, degradabilidade efetiva (g/kg FDN) e repleção ruminal (g/kg^{1,599}) da cana-de-açúcar e suas distintas partes em novilhas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar, ureia e proteína verdadeira

Teor PB*	Ureia**	Período	Animal	CFDN ¹	PV ²	N ³	lr ⁴	ke ⁵	kd ⁶	U ⁷	A ⁸
Planta inteira											
1	1	1	2	233,63	333	3	0,1042	0,0445	0,0477	314,037	452,963
1	1	2	3	265,743	336	3	0,1359	0,0194	0,0477	314,037	452,963
1	1	3	6	284,043	304	3	0,0851	0,0243	0,0477	314,037	452,963
1	1	4	1	234,376	345	2	0,1675	0,0314	0,0477	314,037	452,963
1	1	5	5	290,13	337	4	0,1684	0,0187	0,0477	314,037	452,963
1	1	6	4	327,815	350	2	0,0607	0,0302	0,0477	314,037	452,963
2	1	1	6	183,3	256	3	0,0752	0,0421	0,0477	314,037	452,963
2	1	2	1	253,479	335	4	0,0982	0,0564	0,0477	314,037	452,963
2	1	3	4	251,67	329	2	0,2507	0,0086	0,0477	314,037	452,963
2	1	4	5	268,732	320	2	0,1436	0,0237	0,0477	314,037	452,963
2	1	5	2	336,223	397	6	0,6740	0,0101	0,0477	314,037	452,963
2	1	6	3	411,404	367	1	0,0534	0,0534	0,0477	314,037	452,963
3	1	1	4	207,893	280	3	0,0950	0,0840	0,0477	314,037	452,963
3	1	2	5	314,214	312	6	0,3698	0,0396	0,0477	314,037	452,963
3	1	3	3	273,776	345	1	0,1141	0,0139	0,0477	314,037	452,963
3	1	4	2	310,104	381	4	0,2658	0,0280	0,0477	314,037	452,963
3	1	5	6	317,948	345	3	0,0390	0,0390	0,0477	314,037	452,963
3	1	6	1	380,236	365	1	0,0587	0,0240	0,0477	314,037	452,963
1	2	1	3	225,528	320	2	0,1269	0,0388	0,0423	347,109	419,891

1	2	2	2	335,068	362	4	0,1803	0,0222	0,0423	347,109	419,891
1	2	3	1	223,449	331	1	2,5173	0,0212	0,0423	347,109	419,891
1	2	4	6	269,955	320	2	1,7380	0,0324	0,0423	347,109	419,891
1	2	5	4	270,763	350	2	0,2334	0,0101	0,0423	347,109	419,891
1	2	6	5	330,784	342	1	0,2119	0,0303	0,0423	347,109	419,891
2	2	1	1	117,42	308	3	0,2113	0,0274	0,0423	347,109	419,891
2	2	2	6	289,361	287	1	0,0871	0,0327	0,0423	347,109	419,891
2	2	3	5	278,953	305	2	0,1900	0,0228	0,0423	347,109	419,891
2	2	4	4	224,884	335	1	0,0532	0,0326	0,0423	347,109	419,891
2	2	5	3	264,592	362	6	0,4923	0,0139	0,0423	347,109	419,891
2	2	6	2	428,16	400	2	0,0617	0,0617	0,0423	347,109	419,891
3	2	1	5	205,344	276	2	0,0599	0,0599	0,0423	347,109	419,891
3	2	2	4	268,159	315	6	0,2008	0,0259	0,0423	347,109	419,891
3	2	3	2	307,19	367	1	0,0265	0,0261	0,0423	347,109	419,891
3	2	4	3	303,726	357	2	0,2429	0,0361	0,0423	347,109	419,891
3	2	5	1	256,119	354	1	0,1028	0,0174	0,0423	347,109	419,891
3	2	6	6	418,356	341	2	0,0599	0,0599	0,0423	347,109	419,891

Topo

1	1	1	2	233,63	333	3	0,1042	0,0445	0,0429	256,946	545,554
1	1	2	3	265,743	336	3	0,1359	0,0194	0,0429	256,946	545,554
1	1	3	6	284,043	304	3	0,0851	0,0243	0,0429	256,946	545,554
1	1	4	1	234,376	345	2	0,1675	0,0314	0,0429	256,946	545,554
1	1	5	5	290,13	337	4	0,1684	0,0187	0,0429	256,946	545,554
1	1	6	4	327,815	350	2	0,0607	0,0302	0,0429	256,946	545,554
2	1	1	6	183,3	256	3	0,0752	0,0421	0,0429	256,946	545,554
2	1	2	1	253,479	335	4	0,0982	0,0564	0,0429	256,946	545,554
2	1	3	4	251,67	329	2	0,2507	0,0086	0,0429	256,946	545,554
2	1	4	5	268,732	320	2	0,1436	0,0237	0,0429	256,946	545,554

2	1	5	2	336,223	397	6	0,6740	0,0101	0,0429	256,946	545,554
2	1	6	3	411,404	367	1	0,0534	0,0534	0,0429	256,946	545,554
3	1	1	4	207,893	280	3	0,0950	0,0840	0,0429	256,946	545,554
3	1	2	5	314,214	312	6	0,3698	0,0396	0,0429	256,946	545,554
3	1	3	3	273,776	345	1	0,1141	0,0139	0,0429	256,946	545,554
3	1	4	2	310,104	381	4	0,2658	0,0280	0,0429	256,946	545,554
3	1	5	6	317,948	345	3	0,0390	0,0390	0,0429	256,946	545,554
3	1	6	1	380,236	365	1	0,0587	0,0240	0,0429	256,946	545,554
1	2	1	3	225,528	320	2	0,1269	0,0388	0,0363	264,4	538,01
1	2	2	2	335,068	362	4	0,1803	0,0222	0,0363	264,4	538,01
1	2	3	1	223,449	331	1	2,5173	0,0212	0,0363	264,4	538,01
1	2	4	6	269,955	320	2	1,7380	0,0324	0,0363	264,4	538,01
1	2	5	4	270,763	350	2	0,2334	0,0101	0,0363	264,4	538,01
1	2	6	5	330,784	342	1	0,2119	0,0303	0,0363	264,4	538,01
2	2	1	1	117,42	308	3	0,2113	0,0274	0,0363	264,4	538,01
2	2	2	6	289,361	287	1	0,0871	0,0327	0,0363	264,4	538,01
2	2	3	5	278,953	305	2	0,1900	0,0228	0,0363	264,4	538,01
2	2	4	4	224,884	335	1	0,0532	0,0326	0,0363	264,4	538,01
2	2	5	3	264,592	362	6	0,4923	0,0139	0,0363	264,4	538,01
2	2	6	2	428,16	400	2	0,0617	0,0617	0,0363	264,4	538,01
3	2	1	5	205,344	276	2	0,0599	0,0599	0,0363	264,4	538,01
3	2	2	4	268,159	315	6	0,2008	0,0259	0,0363	264,4	538,01
3	2	3	2	307,19	367	1	0,0265	0,0261	0,0363	264,4	538,01
3	2	4	3	303,726	357	2	0,2429	0,0361	0,0363	264,4	538,01
3	2	5	1	256,119	354	1	0,1028	0,0174	0,0363	264,4	538,01
3	2	6	6	418,356	341	2	0,0599	0,0599	0,0363	264,4	538,01
Casca											
1	1	1	2	233,63	333	3	0,1042	0,0445	0,0527	457,986	395,014

1	1	2	3	265,743	336	3	0,1359	0,0194	0,0527	457,986	395,014
1	1	3	6	284,043	304	3	0,0851	0,0243	0,0527	457,986	395,014
1	1	4	1	234,376	345	2	0,1675	0,0314	0,0527	457,986	395,014
1	1	5	5	290,13	337	4	0,1684	0,0187	0,0527	457,986	395,014
1	1	6	4	327,815	350	2	0,0607	0,0302	0,0527	457,986	395,014
2	1	1	6	183,3	256	3	0,0752	0,0421	0,0527	457,986	395,014
2	1	2	1	253,479	335	4	0,0982	0,0564	0,0527	457,986	395,014
2	1	3	4	251,67	329	2	0,2507	0,0086	0,0527	457,986	395,014
2	1	4	5	268,732	320	2	0,1436	0,0237	0,0527	457,986	395,014
2	1	5	2	336,223	397	6	0,6740	0,0101	0,0527	457,986	395,014
2	1	6	3	411,404	367	1	0,0534	0,0534	0,0527	457,986	395,014
3	1	1	4	207,893	280	3	0,0950	0,0840	0,0527	457,986	395,014
3	1	2	5	314,214	312	6	0,3698	0,0396	0,0527	457,986	395,014
3	1	3	3	273,776	345	1	0,1141	0,0139	0,0527	457,986	395,014
3	1	4	2	310,104	381	4	0,2658	0,0280	0,0527	457,986	395,014
3	1	5	6	317,948	345	3	0,0390	0,0390	0,0527	457,986	395,014
3	1	6	1	380,236	365	1	0,0587	0,0240	0,0527	457,986	395,014
1	2	1	3	225,528	320	2	0,1269	0,0388	0,0371	408,322	444,678
1	2	2	2	335,068	362	4	0,1803	0,0222	0,0371	408,322	444,678
1	2	3	1	223,449	331	1	2,5173	0,0212	0,0371	408,322	444,678
1	2	4	6	269,955	320	2	1,7380	0,0324	0,0371	408,322	444,678
1	2	5	4	270,763	350	2	0,2334	0,0101	0,0371	408,322	444,678
1	2	6	5	330,784	342	1	0,2119	0,0303	0,0371	408,322	444,678
2	2	1	1	117,42	308	3	0,2113	0,0274	0,0371	408,322	444,678
2	2	2	6	289,361	287	1	0,0871	0,0327	0,0371	408,322	444,678
2	2	3	5	278,953	305	2	0,1900	0,0228	0,0371	408,322	444,678
2	2	4	4	224,884	335	1	0,0532	0,0326	0,0371	408,322	444,678
2	2	5	3	264,592	362	6	0,4923	0,0139	0,0371	408,322	444,678

2	2	6	2	428,16	400	2	0,0617	0,0617	0,0371	408,322	444,678
3	2	1	5	205,344	276	2	0,0599	0,0599	0,0371	408,322	444,678
3	2	2	4	268,159	315	6	0,2008	0,0259	0,0371	408,322	444,678
3	2	3	2	307,19	367	1	0,0265	0,0261	0,0371	408,322	444,678
3	2	4	3	303,726	357	2	0,2429	0,0361	0,0371	408,322	444,678
3	2	5	1	256,119	354	1	0,1028	0,0174	0,0371	408,322	444,678
3	2	6	6	418,356	341	2	0,0599	0,0599	0,0371	408,322	444,678

Colmo

1	1	1	2	233,63	333	3	0,1042	0,0445	0,131	118,8	199,7
1	1	2	3	265,743	336	3	0,1359	0,0194	0,131	118,8	199,7
1	1	3	6	284,043	304	3	0,0851	0,0243	0,131	118,8	199,7
1	1	4	1	234,376	345	2	0,1675	0,0314	0,131	118,8	199,7
1	1	5	5	290,13	337	4	0,1684	0,0187	0,131	118,8	199,7
1	1	6	4	327,815	350	2	0,0607	0,0302	0,131	118,8	199,7
2	1	1	6	183,3	256	3	0,0752	0,0421	0,131	118,8	199,7
2	1	2	1	253,479	335	4	0,0982	0,0564	0,131	118,8	199,7
2	1	3	4	251,67	329	2	0,2507	0,0086	0,131	118,8	199,7
2	1	4	5	268,732	320	2	0,1436	0,0237	0,131	118,8	199,7
2	1	5	2	336,223	397	6	0,6740	0,0101	0,131	118,8	199,7
2	1	6	3	411,404	367	1	0,0534	0,0534	0,131	118,8	199,7
3	1	1	4	207,893	280	3	0,0950	0,0840	0,131	118,8	199,7
3	1	2	5	314,214	312	6	0,3698	0,0396	0,131	118,8	199,7
3	1	3	3	273,776	345	1	0,1141	0,0139	0,131	118,8	199,7
3	1	4	2	310,104	381	4	0,2658	0,0280	0,131	118,8	199,7
3	1	5	6	317,948	345	3	0,0390	0,0390	0,131	118,8	199,7
3	1	6	1	380,236	365	1	0,0587	0,0240	0,131	118,8	199,7
1	2	1	3	225,528	320	2	0,1269	0,0388	0,0782	146,435	172,075
1	2	2	2	335,068	362	4	0,1803	0,0222	0,0782	146,435	172,075

1	2	3	1	223,449	331	1	2,5173	0,0212	0,0782	146,435	172,075
1	2	4	6	269,955	320	2	1,7380	0,0324	0,0782	146,435	172,075
1	2	5	4	270,763	350	2	0,2334	0,0101	0,0782	146,435	172,075
1	2	6	5	330,784	342	1	0,2119	0,0303	0,0782	146,435	172,075
2	2	1	1	117,42	308	3	0,2113	0,0274	0,0782	146,435	172,075
2	2	2	6	289,361	287	1	0,0871	0,0327	0,0782	146,435	172,075
2	2	3	5	278,953	305	2	0,1900	0,0228	0,0782	146,435	172,075
2	2	4	4	224,884	335	1	0,0532	0,0326	0,0782	146,435	172,075
2	2	5	3	264,592	362	6	0,4923	0,0139	0,0782	146,435	172,075
2	2	6	2	428,16	400	2	0,0617	0,0617	0,0782	146,435	172,075
3	2	1	5	205,344	276	2	0,0599	0,0599	0,0782	146,435	172,075
3	2	2	4	268,159	315	6	0,2008	0,0259	0,0782	146,435	172,075
3	2	3	2	307,19	367	1	0,0265	0,0261	0,0782	146,435	172,075
3	2	4	3	303,726	357	2	0,2429	0,0361	0,0782	146,435	172,075
3	2	5	1	256,119	354	1	0,1028	0,0174	0,0782	146,435	172,075
3	2	6	6	418,356	341	2	0,0599	0,0599	0,0782	146,435	172,075

¹Consumo de fibra em detergente neutro, ²peso vivo, ³ordem de numero inteiro positivo para dependência do tempo na preparação da fibra, ⁴taxa assintótica tempo-dependente de escape de partículas do *raft* para pool de escape ⁵taxa de escape, ⁶taxa de digestão, ⁷fração indigestível da fibra, ⁸fração degradável da fibra.

Tabela 8 – Variáveis utilizadas para obtenção da degradabilidade efetiva (g/kg FDN) e repleção ruminal (g/kg^{1,548}) da cana-de-açúcar e suas distintas partes em novilhas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar, ureia e relações de amido

Tratamento	Animal	Período	CFDN ¹	PV ²	N ³	lr ⁴	ke ⁵	kd ⁶	U ⁷	A ⁸
Planta inteira										
1	4	1	152,1	222	2	0,1188	0,0424	0,0477	314,0366	452,9634
1	3	2	265,4	250	3	0,1415	0,0622	0,0477	314,0366	452,9634
1	2	3	283,7	290	6	0,0758	0,0246	0,0477	314,0366	452,9634

1	1	4	312,1	280	3	0,3330	0,0212	0,0477	314,0366	452,9634
1	5	5	203,8	250	3	0,2291	0,0220	0,0477	314,0366	452,9634
2	1	1	175,2	218	1	0,1362	0,0414	0,0477	314,0366	452,9634
2	4	2	273,9	250	3	0,2324	0,0280	0,0477	314,0366	452,9634
2	3	3	267,0	268	1	0,0558	0,0140	0,0477	314,0366	452,9634
2	5	4	236,6	235	4	0,2053	0,0352	0,0477	314,0366	452,9634
2	2	5	288,1	320	2	0,0529	0,0431	0,0477	314,0366	452,9634
3	5	1	123,6	190	2	0,1661	0,0331	0,0477	314,0366	452,9634
3	1	2	286,6	257	3	0,1677	0,0788	0,0477	314,0366	452,9634
3	4	3	259,0	275	3	0,0951	0,0369	0,0477	314,0366	452,9634
3	2	4	361,6	300	6	0,3356	0,0327	0,0477	314,0366	452,9634
3	3	5	290,9	295	1	0,1020	0,0233	0,0477	314,0366	452,9634
4	2	1	192,4	233	2	0,1422	0,0386	0,0477	314,0366	452,9634
4	5	2	226,8	216	2	0,1074	0,0281	0,0477	314,0366	452,9634
4	1	3	299,5	274	1	0,0908	0,0155	0,0477	314,0366	452,9634
4	3	4	345,6	275	2	0,0967	0,0512	0,0477	314,0366	452,9634
4	4	5	291,6	297	1	0,1263	0,0212	0,0477	314,0366	452,9634
5	3	1	174,6	221	3	0,1128	0,0484	0,0477	314,0366	452,9634
5	2	2	306,0	266	2	0,1589	0,0411	0,0477	314,0366	452,9634
5	5	3	213,5	231	3	0,1464	0,0254	0,0477	314,0366	452,9634
5	4	4	350,3	283	3	0,2143	0,0237	0,0477	314,0366	452,9634
5	1	5	300,6	299	2	0,1258	0,0285	0,0477	314,0366	452,9634
Topo										
1	4	1	152,1	222	2	0,1188	0,0424	0,0429	256,946	545,554
1	3	2	265,4	250	3	0,1415	0,0622	0,0429	256,946	545,554
1	2	3	283,7	290	6	0,0758	0,0246	0,0429	256,946	545,554
1	1	4	312,1	280	3	0,3330	0,0212	0,0429	256,946	545,554
1	5	5	203,8	250	3	0,2291	0,0220	0,0429	256,946	545,554

2	1	1	175,2	218	1	0,1362	0,0414	0,0429	256,946	545,554
2	4	2	273,9	250	3	0,2324	0,0280	0,0429	256,946	545,554
2	3	3	267,0	268	1	0,0558	0,0140	0,0429	256,946	545,554
2	5	4	236,6	235	4	0,2053	0,0352	0,0429	256,946	545,554
2	2	5	288,1	320	2	0,0529	0,0431	0,0429	256,946	545,554
3	5	1	123,6	190	2	0,1661	0,0331	0,0429	256,946	545,554
3	1	2	286,6	257	3	0,1677	0,0788	0,0429	256,946	545,554
3	4	3	259,0	275	3	0,0951	0,0369	0,0429	256,946	545,554
3	2	4	361,6	300	6	0,3356	0,0327	0,0429	256,946	545,554
3	3	5	290,9	295	1	0,1020	0,0233	0,0429	256,946	545,554
4	2	1	192,4	233	2	0,1422	0,0386	0,0429	256,946	545,554
4	5	2	226,8	216	2	0,1074	0,0281	0,0429	256,946	545,554
4	1	3	299,5	274	1	0,0908	0,0155	0,0429	256,946	545,554
4	3	4	345,6	275	2	0,0967	0,0512	0,0429	256,946	545,554
4	4	5	291,6	297	1	0,1263	0,0212	0,0429	256,946	545,554
5	3	1	174,6	221	3	0,1128	0,0484	0,0429	256,946	545,554
5	2	2	306,0	266	2	0,1589	0,0411	0,0429	256,946	545,554
5	5	3	213,5	231	3	0,1464	0,0254	0,0429	256,946	545,554
5	4	4	350,3	283	3	0,2143	0,0237	0,0429	256,946	545,554
5	1	5	300,6	299	2	0,1258	0,0285	0,0429	256,946	545,554

Casca

1	4	1	152,1	222	2	0,1188	0,0424	0,0527	457,986	395,014
1	3	2	265,4	250	3	0,1415	0,0622	0,0527	457,986	395,014
1	2	3	283,7	290	6	0,0758	0,0246	0,0527	457,986	395,014
1	1	4	312,1	280	3	0,3330	0,0212	0,0527	457,986	395,014
1	5	5	203,8	250	3	0,2291	0,0220	0,0527	457,986	395,014
2	1	1	175,2	218	1	0,1362	0,0414	0,0527	457,986	395,014
2	4	2	273,9	250	3	0,2324	0,0280	0,0527	457,986	395,014

2	3	3	267,0	268	1	0,0558	0,0140	0,0527	457,986	395,014
2	5	4	236,6	235	4	0,2053	0,0352	0,0527	457,986	395,014
2	2	5	288,1	320	2	0,0529	0,0431	0,0527	457,986	395,014
3	5	1	123,6	190	2	0,1661	0,0331	0,0527	457,986	395,014
3	1	2	286,6	257	3	0,1677	0,0788	0,0527	457,986	395,014
3	4	3	259,0	275	3	0,0951	0,0369	0,0527	457,986	395,014
3	2	4	361,6	300	6	0,3356	0,0327	0,0527	457,986	395,014
3	3	5	290,9	295	1	0,1020	0,0233	0,0527	457,986	395,014
4	2	1	192,4	233	2	0,1422	0,0386	0,0527	457,986	395,014
4	5	2	226,8	216	2	0,1074	0,0281	0,0527	457,986	395,014
4	1	3	299,5	274	1	0,0908	0,0155	0,0527	457,986	395,014
4	3	4	345,6	275	2	0,0967	0,0512	0,0527	457,986	395,014
4	4	5	291,6	297	1	0,1263	0,0212	0,0527	457,986	395,014
5	3	1	174,6	221	3	0,1128	0,0484	0,0527	457,986	395,014
5	2	2	306,0	266	2	0,1589	0,0411	0,0527	457,986	395,014
5	5	3	213,5	231	3	0,1464	0,0254	0,0527	457,986	395,014
5	4	4	350,3	283	3	0,2143	0,0237	0,0527	457,986	395,014
5	1	5	300,6	299	2	0,1258	0,0285	0,0527	457,986	395,014

Colmo

1	4	1	152,1	222	2	0,1188	0,0424	0,131	118,819	199,681
1	3	2	265,4	250	3	0,1415	0,0622	0,131	118,819	199,681
1	2	3	283,7	290	6	0,0758	0,0246	0,131	118,819	199,681
1	1	4	312,1	280	3	0,3330	0,0212	0,131	118,819	199,681
1	5	5	203,8	250	3	0,2291	0,0220	0,131	118,819	199,681
2	1	1	175,2	218	1	0,1362	0,0414	0,131	118,819	199,681
2	4	2	273,9	250	3	0,2324	0,0280	0,131	118,819	199,681
2	3	3	267,0	268	1	0,0558	0,0140	0,131	118,819	199,681
2	5	4	236,6	235	4	0,2053	0,0352	0,131	118,819	199,681

2	2	5	288,1	320	2	0,0529	0,0431	0,131	118,819	199,681
3	5	1	123,6	190	2	0,1661	0,0331	0,131	118,819	199,681
3	1	2	286,6	257	3	0,1677	0,0788	0,131	118,819	199,681
3	4	3	259,0	275	3	0,0951	0,0369	0,131	118,819	199,681
3	2	4	361,6	300	6	0,3356	0,0327	0,131	118,819	199,681
3	3	5	290,9	295	1	0,1020	0,0233	0,131	118,819	199,681
4	2	1	192,4	233	2	0,1422	0,0386	0,131	118,819	199,681
4	5	2	226,8	216	2	0,1074	0,0281	0,131	118,819	199,681
4	1	3	299,5	274	1	0,0908	0,0155	0,131	118,819	199,681
4	3	4	345,6	275	2	0,0967	0,0512	0,131	118,819	199,681
4	4	5	291,6	297	1	0,1263	0,0212	0,131	118,819	199,681
5	3	1	174,6	221	3	0,1128	0,0484	0,131	118,819	199,681
5	2	2	306,0	266	2	0,1589	0,0411	0,131	118,819	199,681
5	5	3	213,5	231	3	0,1464	0,0254	0,131	118,819	199,681
5	4	4	350,3	283	3	0,2143	0,0237	0,131	118,819	199,681
5	1	5	300,6	299	2	0,1258	0,0285	0,131	118,819	199,681

¹Consumo de fibra em detergente neutro, ²peso vivo, ³ordem de numero inteiro positivo para dependência do tempo na preparação da fibra, ⁴taxa assintótica tempo-dependente de escape de partículas do *raft* para pool de escape ⁵taxa de escape, ⁶taxa de digestão, ⁷fração indigestível da fibra, ⁸fração degradável da fibra.