

EFEITO DO TRATAMENTO QUÍMICO SOBRE A DIGESTIBILIDADE DE VOLUMOSOS
E SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS

Vandenberg Lira Silva¹, Iran Borges², Alexandre Ribeiro Araújo³, Hélio Henrique Araújo Costa⁴, Francisco Messias Alves Filho¹, Francisco Israel Amâncio Frutuoso¹, Rafael Henrique Prado Silva⁴, Pedro Bruno Xavier Ancântara⁵

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Crato

²Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG

³Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA

⁴Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG

⁵Universidade Federal do Cariri – UFCA

berglira@gmail.com, iran@vet.ufmg.br, alexandre.xandyzoo@gmail.com, helioa.costa@gmail.com,
filhofma@msn.com, israelamancio@yahoo.com.br, pedrobrunoxa@gmail.com

RESUMO: Os subprodutos agroindustriais vêm sendo amplamente utilizados como alimentos alternativos para formulação de dietas para ruminantes tornando-se uma alternativa viável para a alimentação, todavia, é importantes destacar que a maioria destes subprodutos caracteriza-se por apresentar alto conteúdo de fibras, conferindo-lhes elevados teores de ligninas, que podem contribuir para reduzir a digestibilidade de carboidratos e proteínas e/ou a disponibilidade de determinados minerais, em virtude do alto grau de lignificação das paredes celulares. A presente proposta visa avaliar, por meio de compilação bibliográfica, a utilização do tratamento químico sobre a melhoria na digestibilidade de constituintes fibrosos de subprodutos resultantes das agroindustriais na alimentação de ruminantes. A parede celular representa a fração da célula vegetal resistente ao ataque de enzimas secretadas pelo trato gastrointestinal dos mamíferos. A melhoria da degradação ruminal da parede celular pode ocorrer se os fatores de proteção/antinutricionais presentes nos alimentos (ligninas, por exemplo) estão ausentes ou pelo menos minimizados. Neste contexto o uso da ureia no tratamento químico de alimentos volumosos ricos em parede celular visa principalmente à sua deslignificação, melhorando, assim, o aproveitamento pelo animal, sendo de mais fácil manuseio, sendo prático para os pequenos produtores, além de promover a incorporação de nitrogênio não-protéico ao resíduo de baixo valor nutritivo. A utilização de tratamentos químicos em forragens e resíduos agroindustriais, de baixo valor nutritivo, surge como alternativa para melhor disponibilizar os nutrientes contidos nesses alimentos.

Palavras-chave: Alimentos. Metabolismo. Ruminantes. Eficiência Alimentar. Valor Nutritivo.

ABSTRACT: The by-products have been widely used as alternative food to formulate diets for ruminants becoming a viable alternative for feeding, however, it is important to note that most of these by-products is characterized by having high fiber content, giving them high lignin content, which may help reduce the digestibility of carbohydrates and protein and/or the availability of certain minerals, because of the high degree of lignification of cell walls. This study aimed to evaluated, through bibliographic compilation, the use of chemical treatment on improving the digestibility of fibrous constituents from agroindustrial by-products in ruminant feed. The cell wall is the fraction plant resistant to attack enzymes secreted from the gastrointestinal tract of mammals. The improving of the ruminal degradation of the cell wall can occur if factors of protection/antinutritional in food (lignins, for example) are absent or at least minimized. In this context the use of urea for the chemical treatment of bulky foods rich in cell wall aims to its delignification, thus improving the utilization by the animal, being easier to handle, being practical for small producers, and promote the incorporation of non-protein nitrogen to the residue of low nutritional value. The use of chemical treatments in forage and agroindustrial residue, of low nutritional value, is an alternative to better provide the nutrients contained in these foods.

Keywords: Feeding efficiency. Foods. Metabolism. Nutritional value. Ruminants.

1. INTRODUÇÃO

Os subprodutos agrícolas e/ou agroindustriais vêm sendo amplamente utilizados como alimentos alternativos para formulação de dietas para ruminantes tornando-se uma alternativa viável para a alimentação de ruminantes. Todavia, é importantes destacar que a maioria destes subprodutos caracteriza-se principalmente por apresentar alto conteúdo de fibras, conferindo-lhes elevados teores de ligninas, que podem contribuir para reduzir a digestibilidade de carboidratos e proteínas e/ou a disponibilidade de determinados minerais, em virtude do alto grau de lignificação das paredes celulares.

O valor nutritivo de diferentes volumosos pode ser melhorado, com a utilização de tratamentos químicos, dentre os quais, destacam-se a utilização de amônia anidra ou uréia (Souza et al., 2002). Os autores destacam que um dos efeitos da ação da amônia sobre a forragem é a desestruturação no complexo formado pelos componentes da parede celular, sendo geralmente mais expressivo sobre a fração da fibra em detergente neutro, em virtude da solubilização parcial da hemicelulose do material amonizado, ocasionando o rompimento de ligações entre constituintes da parede celular e ácidos fenólicos, promovendo assim, a despolimerização parcial da lignina e promovendo maior área de ação por parte dos microrganismos ruminais. Souza et al. (2002) ressaltaram também, que o tratamento químico eleva os conteúdos de nitrogênio aumentando a disponibilidade para os microrganismos ruminais, permitindo a atuação mais eficaz das bactérias ruminais sobre o substrato, em razão do aumento do teor de proteína bruta sintetizada, a partir da adição de N não protéico.

O uso do tratamento químico poderá promover o incremento dos níveis de nitrogênio dietético dos subprodutos agroindustriais tratados, podendo exercer efeitos sobre o metabolismo intermediário de carboidratos e proteínas, bem como, sobre o consumo e digestibilidade dos nutrientes, considerando-se que o tratamento químico propiciará a melhor disponibilização dos nutrientes, particularmente carboidratos e proteínas. Nesse contexto, torna-se necessário estabelecer estudos com a utilização do tratamento químico sobre os resíduos e subprodutos oriundos das agroindústrias, visando conhecer e melhorar suas qualidades nutritivas e seu aproveitamento pelos animais, com a finalidade de estabelecer melhorias nos sistemas de produção existentes.

A presente proposta visa ressaltar a utilização do tratamento químico sobre a melhoria na digestibilidade de constituintes fibrosos de subprodutos resultantes das agroindustriais na alimentação de ruminantes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Tratamento químico e seus aspectos relacionados com os constituintes da parede celular

Com os recentes avanços em nutrição animal, o tratamento químico de volumosos tem sido estudado em várias pesquisas. O aumento da digestibilidade de materiais fibrosos, por meio do tratamento com uréia e amônia anidra está relacionado ao acréscimo do teor de nitrogênio total das forragens e ao seu efeito, rompendo ligações ésteres entre constituintes da parede celular (fração glicídica) e ácidos fenólicos com a despolimerização parcial da lignina (Pires et al., 2004). O tratamento químico resulta na hidrólise da parede celular, promovendo o rompimento da forte ligação entre os compostos polifenólicos como as ligninas e a celulose ou proteínas, por exemplo, aumentando a disponibilização dos mesmos à degradabilidade ruminal. Outro efeito marcante da amonização é que a amônia provoca alterações benéficas na fração fibrosa dos volumosos, sendo, geralmente, mais expressivo sobre a fração fibra em detergente neutro, em consequência da solubilização parcial da hemicelulose do material amonizado (Pires, 2000).

A parede celular da planta é uma complexa estrutura composta de ligninas, celulose e hemiceluloses, pectinas, algumas proteínas, substâncias nitrogenadas lignificadas, ceras, cutina e componentes minerais. Este material é dividido em substância insolúvel (ligninas, celulose e hemiceluloses) e substâncias solúveis (pectinas, ceras e proteínas). A parede celular representa a fração da célula vegetal resistente ao ataque de enzimas secretadas pelo trato gastrointestinal dos mamíferos. Em ruminantes, a simbiose com os microrganismos ruminais permite a quebra dessa fração e o melhor aproveitamento dos constituintes fibrosos dietéticos. Apesar da parede celular ser consideravelmente fermentada pela microflora ruminal, raramente é completamente digestível.

A melhoria da degradação ruminal da parede celular pode ocorrer se os fatores de proteção/antinutricionais presentes nos alimentos (ligninas, por exemplo) estão ausentes ou pelo menos minimizados. A composição da fibra é nutricionalmente significativa para os ruminantes e varia conforme o tipo de parede celular vegetal (Van Soest, 1994). O uso da uréia no tratamento químico, de acordo com Dolberg (1992), é de mais fácil manuseio, sendo prático para os pequenos produtores, além de promover a incorporação de nitrogênio não-protéico ao resíduo de baixo valor nutritivo. Segundo Sarmento *et al.*, (2001), com o intuito de melhorar o processo de tratamento químico com uréia, pode-se lançar mão de certos componentes ricos em urease, como o grão de soja, que ajudam a criar, em tempo menor, atmosfera rica em amônia.

EFEITO DO TRATAMENTO QUÍMICO SOBRE A DIGESTIBILIDADE DE VOLUMOSOS E SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS

Van Soest (1994) recomendou que para o incremento da produção animal nos trópicos é preciso pensar no fornecimento de subprodutos regionais aos ruminantes, como o melaço, o bagaço de cana, a mandioca, subprodutos de frutas, que entrariam nas dietas como suplementos alimentares. Por sua vez, a inclusão destes subprodutos pode introduzir problemas no balanço de nutrientes, particularmente no balanço nitrogênio-energia, além da indisponibilização desses nutrientes em virtude dos altos teores de compostos polifenólicos presentes.

Cândido et al. (1999), por exemplo, avaliaram o uso destes tratamentos químicos no subproduto da agroindústria de cana-de-açúcar e obtiveram um aumento do valor nutritivo do bagaço. Afirmaram ainda que diversos métodos químicos podem ser utilizados, dentre eles os hidróxidos de sódio, de cálcio, de potássio, a amônia anidra e a uréia como forma de amonização. Os mesmos autores destacaram que a amonização sobre os materiais tratados aumentou o teor de nitrogênio-não-protéico, o teor de nitrogênio total e conseqüentemente o teor de proteína bruta. Isto foi possível, segundo estes autores, porque o nitrogênio-não-protéico pode ser utilizado pelas bactérias do rúmen para a produção de proteína bacteriana, a qual pode ser utilizada pelo animal para o suprimento de suas necessidades protéicas.

Sarmiento et al. (1999) destacaram também a uréia como excelente alternativa para tratamentos químicos de subprodutos agroindustriais, visto que é um produto de alta disponibilidade no mercado, menos perigosa à intoxicação humana e de baixo custo. De acordo com Fernandes et al. (2002), o tratamento químico com uréia atua na fração fibrosa do alimento, desestruturando o complexo formado pelos componentes da parede celular (celulose, hemiceluloses e ligninas), tornando-os disponíveis e propiciando aos microrganismos ruminais uma maior área para o ataque microbiano e a conseqüente elevação do conteúdo de carboidratos prontamente fermentáveis, aumentando a disponibilidade de energia, a digestibilidade e o consumo de matéria seca.

Aspectos importantes a serem destacados durante a utilização do tratamento químico

De acordo com Souza e Santos (2002) foi Beckmann, em 1919, na Alemanha, quem desenvolveu um método à base de NaOH para o tratamento de palhas. Este método incrementava a digestibilidade da matéria orgânica (MO) de 46% a 71%. Na década de 60, o uso de palhas tratadas por este método se tornou muito popular na Europa. O tratamento químico dos resíduos agrícolas com bases fortes como os álcalis, não afetou a atividade microbiana do rúmen e o principal efeito do tratamento foi a melhoria

da digestibilidade da fibra, tendo sido alcançados incrementos da ordem de 43% a 70%. Neste sentido, pesquisas têm demonstrado que os co-produtos agroindustriais, ao serem submetidos a tratamentos com NaOH, NH₃ e uréia, podem aumentar a ingestão voluntária, a digestibilidade e o valor nutritivo. O tratamento químico de alimentos volumosos ricos em parede celular visa principalmente à sua deslignificação, melhorando, assim, o aproveitamento pelo animal (Dolberg, 1992).

Segundo Souza e Santos (2005), atualmente o método químico mais indicado para tratamento de subprodutos lignocelulósicos é o tratamento com uréia. O incremento no valor nutritivo de subprodutos, todavia, depende de diversos fatores, como o conteúdo de umidade, percentual de uréia utilizado, temperatura durante o tratamento, tempo de tratamento, fatores como nível de umidade final e temperatura ambiente. Os autores referenciaram que o percentual de uréia que deve ser usado deve ser de 5% com base na matéria seca e o conteúdo de umidade final deve ser de 40%. O tempo de tratamento, segundo estes autores, está relacionado com a temperatura ambiente, pois a ocorrência de temperaturas amenas pode vir a prolongar esse tempo, entretanto, em países como o Brasil, é possível encontrar eficiência de quebra e disponibilização de nutrientes entre sete a 10 dias.

Diversos fatores devem ser observados para obter efeitos positivos durante o tratamento químico e destacam-se principalmente os relacionados com a dose aplicada, fonte de nitrogênio, material tratado, período de tratamento e teor de umidade. De acordo com Pires et al. (2003), a dose de nitrogênio aplicada está em torno de 1,0 a 1,5% de amônia anidra e de 3,0 a 5,0% de uréia, com base na matéria seca, quando o objetivo for conservação, e de 2,0 a 4,0% de amônia anidra e de 7,0 a 8,0% de uréia quando o objetivo for a melhoria na qualidade do material com baixa digestibilidade. A maior eficiência do tratamento com uréia como fonte de amônia pode ser obtida quando o volumoso possui teor de água ao redor de 30%, e a uréia sendo aplicada na dosagem entre 4% e 8% da matéria seca (Dolberg, 1992; Gobbi et al., 2005). Nas condições de clima tropical, as pilhas de palhas amonizadas devem permanecer fechadas durante quatro semanas, todavia, em condições de clima temperado, esse período deve ser prolongado.

Tonucci (2006) destacou que a amonização pode ter sua eficiência afetada por uma série de fatores, dentre eles, destaca-se a temperatura, pois um aumento exagerado de temperatura durante o processo pode favorecer a ocorrência de reações prejudiciais, como a reação de Maillard, por exemplo, tornando parte do nitrogênio adicionado aos materiais lignocelulósicos, indisponível ao animal. Hurrell e Carpenter (1981) citados

EFEITO DO TRATAMENTO QUÍMICO SOBRE A DIGESTIBILIDADE DE VOLUMOSOS E SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS

por Nunes e Baptista (2001) afirmaram que o tratamento térmico e a armazenagem prolongada de alimentos podem causar efeitos deletérios sobre a qualidade nutricional das proteínas, como um dos resultados da Reação de Maillard. Tonucci (2006) destacou também a ocorrência de outros fatores que estão associados com a temperatura, que é o período de tratamento. Em temperaturas elevadas, em torno de 30°C, a amonização com amônia anidra, deve ser feita em uma semana para que o processo seja eficiente.

O hidróxido de cálcio parece ser de aplicação mais fácil do que o hidróxido de sódio ou a amônia e também é mais barato, porém, é menos eficiente para aumento da digestibilidade. Contudo, o tratamento de palhadas com uréia, como fonte de amônia, parece ser a alternativa mais adequada para as condições do Brasil, pois, para o tratamento de resíduos oriundos de palhadas, não requer grandes investimentos.

Utilização do tratamento químico para a melhoria do valor nutritivo de resíduos agroindustriais e a disponibilidade de compostos nitrogenados

Uma opção para melhorar o valor nutritivo de alimentos volumosos com elevado teor de fibra é o tratamento químico. Segundo (Fernandes et al., 2002), a amonização, por meio da utilização da amônia anidra (NH₃) ou de uréia como fonte de amônia, por exemplo, tem mostrado ser eficiente para melhorar o valor nutritivo de resíduos fibrosos, promovendo melhorias na digestibilidade das frações fibrosas e incrementando os teores de nitrogênio. A fração fibrosa das forrageiras é constituída, principalmente, por três compostos ligados entre si, que são a celulose, a hemicelulose e a lignina, sendo a lignina considerada o principal fator limitante à digestibilidade das forrageiras (Van Soest, 1994).

Sob esse aspecto, Reis et al. (2003) avaliaram os efeitos da aplicação de amônia anidra (3,5% da MS) ou da uréia (6,0 % da MS) sobre o valor nutritivo do feno de capim de coast-cross (*Cynodon dactylon*) pós-florescimento submetido à amonização, evidenciando que a amonização não alterou os valores de FDA, celulose, lignina do feno de coast-cross. No entanto, os autores constataram que houve decréscimo nos teores de FDN e de hemicelulose do feno de coast-cross com o tratamento utilizando amônia anidra (NH₃) sendo observados valores de 73,3% de FDN em comparação ao tratamento controle e com o tratamento utilizando uréia (77,8% e 77,5% respectivamente). Vale destacar que uma das principais modificações que ocorrem na composição química da fração fibrosa de volumosos amonizados é a diminuição nos teores de FDN, devido à solubilização da hemicelulose. Reis et al. (2001) realizaram um estudo para avaliar a composição química de fenos de *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria brizantha* e jaraguá

tratados com amônia anidra (3,0% na MS) ou uréia (5,4% na MS) e observaram pela análise dos dados que a amonização diminuiu os conteúdos de FDN e hemicelulose. As reduções dos valores de FDN foram de (75,5%) com a utilização de amônia anidra e (77,4%) para a utilização de uréia em comparação ao tratamento controle (81,5%). Para a Hemicelulose, as reduções foram de (25,2%) com a utilização de amônia anidra e (27,6%) para a uréia em relação ao tratamento controle (31,1%), podendo-se concluir assim, que ambos os tratamentos tiveram a mesma eficiência em atuar sobre essa fração dos volumosos avaliados.

A utilização do tratamento químico promove solubilização parcial da fração hemicelulolítica, favorecendo uma maior expansão da fração celulolítica, ao mesmo modo que promove a hidratação da fibra, favorecendo um aumento na digestibilidade da parede celular, principalmente pelo fato de se ampliar a área de ataque dos microorganismos sobre o substrato (Dolberg, 1992). O aumento da digestibilidade de forragens amonizadas também tem sido atribuído a fatores antialimentares que estão associados aos compostos fenólicos e grupo acetil. Ao reduzir as concentrações destes compostos por meio da utilização de tratamentos químicos, favorece-se melhorias para os valores de digestibilidade, principalmente pelo fato desses compostos serem tóxicos aos microrganismos do ruminais.

Ao avaliar o efeito da adição de uréia em doses crescentes (0; 1,0; 2,0 e 3,0%), sobre o valor nutritivo do feno de capim-Tanzânia (*Panicum maximum*, cv. Tanzânia), Zanine et al. (2007) constataram que o tratamento químico deste volumoso com o uso de uréia proporcionou redução no teor da fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e hemicelulose (HEM). Os valores obtidos pela equação de regressão na dose mais elevada foram 62,37, 38,74 e 23,66% respectivamente. Van Soest (1994) destacou que reduções nos teores de constituintes fibrosos podem estar associados à solubilização parcial da fração da hemicelulose, celulose ou lignina da parede celular. Entretanto, tais suposições baseiam-se no fato de que a maioria das forragens submetidas a esse tipo de tratamento não apresentam diminuição dos outros constituintes da parede celular e, caso ocorram, são em menor escala. Schimidt et al., (2003) destacou ainda, que a utilização de uréia no tratamento químico de volumosos promove alterações na fração fibrosa com solubilização parcial da hemicelulose, resultando em diminuição no conteúdo de FDN. Quando analisa-se o conteúdo de FDA, reduções dessas concentrações em materiais amonizados possivelmente está associada à solubilização de lignina e celulose, presumidamente como um resultado da redução da cristalinidade da celulose e também em razão de sua

EFEITO DO TRATAMENTO QUÍMICO SOBRE A DIGESTIBILIDADE DE VOLUMOSOS E SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS

expansão e da saponificação das ligações éster entre lignina e hemicelulose (Van Soest e Mason, 1991).

Rosa e Fadel (2001) destacam que a ureólise é uma reação enzimática que requer a presença da enzima urease durante a aplicação da uréia, sendo responsável pela hidrólise de uréia em amônia. Todavia, essa urease é praticamente ausente nas palhas ou material morto. Nesse sentido, Sarmiento et al. (2001) avaliaram o efeito de níveis de soja crua (0; 2,5; 3,75; e 7,5% da matéria seca), como fonte de urease, na amonização do bagaço de cana amonizado com 7,5% uréia. Os autores destacaram que houve diminuição no teor de FDN em função dos níveis de soja crua adicionados. No entanto, o resultado encontrado no presente trabalho pode ser atribuído à ação positiva da urease, presente no grão de soja, sobre a conversão da uréia em amônia, contribuindo, assim, no processo de amonização, por intermédio da solubilização parcial da hemicelulose.

É importante destacar, também, a utilização de produtos alcalinos para melhoria no valor nutritivo de volumosos e que as alterações provocadas por produtos alcalinos nos constituintes da parede celular variam em função de alguns fatores, tais como os níveis a serem aplicados, qualidade da forragem, teor de umidade, período de tratamento e temperatura ambiente (Zanine et al., 2006). A utilização do óxido de cálcio e do hidróxido de sódio, por exemplo, podem reduzir os constituintes da parede celular por hidrólise alcalina promovendo a solubilização da lignina e refletindo em melhoria na digestibilidade (Souza et al., 2001). No entanto, resultados de trabalhos científicos com esses produtos são escassos e os efeitos destes componentes necessitam ser melhor investigados.

Sob esse aspecto, Santos et al. (2008) realizaram um ensaio experimental para avaliar o efeito da adição de hidróxido de sódio (NaOH), em doses crescentes (0; 1,0; 2,0 e 3,0%) sobre o valor nutritivo do feno de capim-tanzânia (*Panicum maximum*) e verificaram que ocorreu redução nas concentrações de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), fato atribuído, possivelmente a hidrólise destes componentes. Os valores obtidos através da equação de regressão na dose mais elevada foram 63,66 e 39,58%, respectivamente. Os autores concluíram que o uso de NaOH mostrou-se eficiente para promover melhorias na qualidade do feno de capim-tanzânia (*Panicum maximum*) neste estudo. No trabalho realizado por Ezequiel et al. (2005), onde foi avaliado os efeitos da hidrólise alcalina na cana-de-açúcar tratada com 0,75% de hidróxido de sódio sobre a digestibilidade da cana-de-açúcar hidrolisada, hidrolisada fenada e hidrolisada ensilada, os autores observaram que os valores de digestibilidade mais elevados foram obtidos com as dietas com cana-de-açúcar hidrolisada, hidrolisada

fenada e hidrolisada ensilada, em comparação à cana-de-açúcar in natura.

Na avaliação do valor nutritivo da cana-de-açúcar hidrolisada com hidróxido de sódio ou óxido de cálcio nas doses aplicadas (0; 0,75; 1,5 e 2,25%), Ribeiro et al. (2009) observaram que os constituintes da parede celular diminuíram com o aumento das doses de NaOH e CaO. Vale destacar que a aplicação do NaOH foi mais eficiente em reduzir a lignina da cana-de-açúcar hidrolisada que o CaO e a dose aplicada (2,25%) foi a que promoveu maior redução do teor de lignina. No entanto, tanto o NaOH quanto o CaO promoveram acréscimo nos valores de digestibilidade da matéria seca da cana-de-açúcar. Esses resultados estão associados à ação degradadora dos álcalis sobre os complexos lignocelulósicos dos volumosos tratados com produtos alcalinos. Os álcalis solubilizam parte da hemicelulose, expandindo a celulose e tornando a fração fibrosa de melhor qualidade (Klopfenstein e Kraus, 1972).

Os resultados mais observados nas pesquisas sobre tratamentos químicos de volumosos é a elevação nos teores dos compostos nitrogenados, fato atribuído principalmente ao conteúdo de nitrogênio dos produtos usados, que incrementam os teores de nitrogênio não protéico. Rodriguez (1986) destacou que a incorporação de nitrogênio não protéico pode contribuir com incrementos na síntese protéica microbiana. Vale ressaltar a forma como este nitrogênio estará incorporado a forragem, pois esse efeito torna-se importante para avaliar o valor nutritivo dos volumosos tratados, principalmente porque este nitrogênio pode ser retido sob diferentes formas. De acordo com Sniffen et al. (1992) e Van Soest e Fox (1992), as formas de nitrogênio mais importantes em termos nutricionais são o nitrogênio solúvel em água, o nitrogênio amoniacal (N-NH₃), o nitrogênio retido na fração insolúvel em detergente neutro (NIDN) e o nitrogênio retido na fração insolúvel em detergente ácido (NIDA).

Nesse sentido, ao avaliar a composição química de fenos de gramíneas tropicais (braquiária decumbens, braquiária brizantha e capim jaraguá), tratados com amônia anidra ou uréia, Reis et al. (2001) observaram aumento nos teores de compostos nitrogenados de 8,3 a 9,5% com a aplicação do tratamento químico. Esses aumentos nos teores de PB podem estar associados a incorporação de nitrogênio não protéico (NNP) oriundos do tratamento químico testado. Todavia, constatou-se ainda, que a relação NIDA/NT diminuiu com a adição de amônia anidra e uréia, promovendo maior incorporação de NNP aos volumosos testados, como também favoreceu maior diluição do conteúdo de NIDA, aumentando a quantidade de Nitrogênio disponível para os microorganismos do rúmen. Foram observados valores médios da relação NIDA/NT de 47,3; 20,6; e 15,9

EFEITO DO TRATAMENTO QUÍMICO SOBRE A DIGESTIBILIDADE DE VOLUMOSOS E SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS

respectivamente, para os fenos não tratados, tratados com amônia anidra ou com uréia. Os autores destacam ainda que a fração C representado pelo NIDA e NIDN, correspondem a porção do nitrogênio indisponível para os microrganismos do rúmen e, dessa forma, sua diminuição na forragem é de suma importância para melhoria da qualidade nutricional dos volumosos de baixo valor nutritivo (Reis et al., 2001).

Gobbi et al. (2005), ao estudar a composição química do Feno de *Brachiaria decumbens* Stapf. tratado com seis níveis de uréia (0, 2, 4, 6, 8 e 10%), com base na matéria seca (MS), os autores observaram que o teor de nitrogênio total (NT) aumentou linearmente em função dos níveis crescentes de uréia. Verificaram também que os teores de NIDN e NIDA, em relação ao nitrogênio total (NIDN/NT e NIDA/NT), tiveram redução linear em função dos níveis crescentes de uréia, (48,8; 30,7; 24,6; 18,5; 14,1 e 13,65 para NIDN/NT e 24,8; 14,4; 11,0; 8,8; 6,6 e 5,5 para NIDA/NT), demonstrando aumento nos teores de nitrogênio disponível no material amonizado. Comportamento semelhante foi observado para o estudo conduzido por Granzin e Dryden (2003), utilizando capim-de-rhodes tratado com 0, 2, 4, 6 e 8% de uréia. Os autores não verificaram efeito da uréia sobre os teores de NIDA do capim, sugerindo que o nitrogênio dosado foi pouco retido na porção insolúvel em detergente ácido (celulose e lignina) ou, ainda, que possivelmente tenha ocorrido uma solubilização parcial destes compostos.

O aumento no teor de proteína bruta com a aplicação do tratamento químico é explicado pela adição de nitrogênio não protéico (Cândido et al., 1999). Como os resíduos agrícolas normalmente apresentam baixos teores de nitrogênio, o que limita o desenvolvimento dos microrganismos do rúmen, o aumento no teor desse elemento, após a amonização, permite atuação mais eficaz das bactérias ruminais sobre os resíduos (Cândido et al., 1999).

O NRC (1985) destaca que é importante o conhecimento dos teores de NIDA dos alimentos, pois os compostos nitrogenados presentes nesta forma são indisponíveis para o animal. Vale ressaltar que quando se formulam dietas à base de volumosos tratados com amônia, nem todo nitrogênio dosado (NT) está disponível para os microrganismos do rúmen, principalmente as frações NIDA e o nitrogênio não amoniacal solúvel indigestível (Van Soest, 1994). O nitrogênio não amoniacal solúvel indigestível é formado pelas reações que ocorrem entre os compostos fenólicos da lignina que são solubilizados pela hidrólise alcalina e a amônia, portanto, não são disponíveis para os microrganismos. De acordo com Van Soest (1994), além desses compostos podem ser formados acetato de amônio, amina, amida e nitrogênio ligado à lignina não solubilizada (NIDA).

Utilização do tratamento químico sobre a digestibilidade das frações fibrosas de subprodutos agroindustriais na alimentação de ruminantes

A importância da racionalidade no uso dos alimentos, bem como o conhecimento da combinação ideal entre eles, tem orientado e exigido melhor conhecimento de seu valor nutricional, incluindo o processo de utilização de nutrientes (Euclides Filho, 2004), possuindo assim, variações de composição devido a origem, do processamento industrial, da incorporação de outros subprodutos, da inclusão maior ou menor de cascas em relação às sementes. Teixeira (1992) destacou que os subprodutos agroindustriais são caracterizados ainda por apresentarem em sua composição um elevado valor de compostos fenólicos que podem queda na digestão ou na utilização metabólica da proteína, além de reduzir ou cessar o consumo de alimentos.

Dados relativos à verificação do uso de subproduto de frutas tratados quimicamente sobre o consumo e digestibilidade dos nutrientes dietéticos são particularmente escassos ou praticamente inexistentes na literatura científica, necessitando assim, maiores estudos, como a utilização de tratamentos químicos ou físicos que visem melhorar o valor nutritivo destes subprodutos.

De acordo com Rodrigues (2005), os resíduos lignocelulósicos, como as palhadas e restos de culturas, apresentam elevado teor de parede celular, composta principalmente de celulose, hemicelulose e lignina. Embora a lignina não seja um carboidrato, ela está presente na fibra, formando complexo lignocelulósico, que dificulta a decomposição da celulose pelos microrganismos do rúmen. Por isso, o teor de lignina é um dos parâmetros mais importantes na determinação do valor nutritivo de alimentos, pois se constitui na fração indigestível dos componentes fibrosos. De acordo com Tonucci (2006) o tratamento químico com uréia como fonte de amônia proporciona aumento da digestibilidade de materiais fibrosos em virtude do acréscimo do teor de nitrogênio total do material, ao seu efeito na parede celular de romper as ligações ésteres entre os componentes da parede celular e os ácidos fenólicos e a despolimerização da lignina.

Ribeiro (2008) realizou um estudo com o objetivo de avaliar a influência da inclusão do subproduto do processamento de caju tratado ou quimicamente com uréia sobre a digestibilidade dos nutrientes dietéticos fornecido a ovinos em confinamento com peso vivo de 22,3 kg. A autora verificou que a utilização do subproduto de caju amonizado com uréia na dieta desses animais promoveu aumentos dos coeficientes de digestibilidade da FDN e FDA (49,39 e 41,17% respectivamente) em comparação a dieta em que não houve a utilização do tratamento com uréia (40,37 e 31,71% respectivamente).

EFEITO DO TRATAMENTO QUÍMICO SOBRE A DIGESTIBILIDADE DE VOLUMOSOS E SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS

Tonucci (2006) destacou que o tratamento químico com uréia como fonte de amônia proporciona aumento da digestibilidade de materiais fibrosos em virtude do acréscimo do teor de nitrogênio total do material, ao seu efeito na parede celular de romper as ligações ésteres entre os componentes da parede celular e os ácidos fenólicos e à despolimerização da lignina. Deve-se considerar ainda que a amonização promove uma elevação no conteúdo de carboidratos fermentáveis, o que resulta em acréscimo na digestibilidade de materiais fibrosos tratados, todavia, neste estudo a autora destaca que esse comportamento não foi observado em virtude do efeito negativo exercido pela lignina sobre a digestibilidade da fração fibrosa dos alimentos.

Ao avaliar a digestibilidade *in vitro* da cana-de-açúcar hidrolisada com três níveis de óxido de cálcio (0; 0,5 e 1,0%) in natura e ensilada para bovinos, Oliveira et al. (2006) verificaram que houve efeito dos níveis de CaO sobre a digestibilidade *in vitro* da FDN, sendo observado para o nível com 1,0% de CaO menores valores para a digestibilidade *in vitro* possivelmente em função do efeito alcalinizante da cal sobre a solubilização da fração fibrosa. Pontes (2007) avaliando o efeito da adição de óxido de cálcio nos níveis (0; 0,5 e 1,0%) sobre a digestibilidade dos nutrientes dietéticos da cana de açúcar no momento do corte ou 24 horas após o corte verificaram que os níveis de inclusão de CaO não influenciaram a digestibilidade da FDN dentro de cada um dos tempos de armazenameno (após o corte e 24 após o corte). No entanto, quando realizou-se a avaliação dos tempos de armazenamento, os níveis de cal melhoraram a digestibilidade da FDN com a adição de 1% de cal na cana armazenada por 24 horas com acréscimo de 18,02%. Os valores para a digestibilidade da FDN foram de (50,35; 40,95 e 36,97% no momento do corte e 42,45; 46,12 e 54,99% 24 horas após o corte). Balieiro Neto et al. (2006) destacam que a utilização de 1,0% de cal na cana in natura foi eficiente para a melhoria na degradabilidade da fibra. Já Cavali (2007) avaliando a inclusão de níveis crescentes de cal na ensilagem da cana (0; 0,5; 1,0; 1,4 e 2,0%) destacam que houve incremento na degradabilidade da FDN até o nível com 1,5% de adição de cálcio.

Gonçalves et al., (2004) avaliaram o valor nutritivo de silagens de capim elefante com o subproduto de acerola em níveis crescentes (0, 5, 10, 15 e 20%) e após 40 dias da ensilagem, os silos (tubos de PVC de 100 mm de diâmetro por 340 mm de comprimento) foram abertos e coletadas amostras para determinação dos teores de Matéria Seca (MS), Proteína Bruta (PB), Fibra em Detergente Neutro (FDN), Fibra em Detergente Ácido (FDA), Hemicelulose (HC) e valores de pH das silagens. No nível de adição de 15% de subproduto da acerola e subproduto da goiaba as silagens alcançaram a faixa ideal

de MS (30 e 35%) indicada para a ocorrência de um bom processo fermentativo.

Saliba et al. (2004) avaliando a digestibilidade aparente e os consumos de matéria seca, proteína bruta e energia do bagaço de cana-de-açúcar tratado com níveis crescentes de amônia anidra, fornecido a ovinos, não encontraram influência da amonização do bagaço de cana sobre esses parâmetros. Pires et al. (2004), por sua vez, verificaram que a degradabilidade potencial da matéria seca do bagaço de cana-de-açúcar tratado com amônia anidra incubado ruminalmente em novilhos holandeses, após período de 96 horas, foi maior (65,5%) do que aquela encontrada para o bagaço não tratado (38,3%), principalmente em virtude do aumento da degradabilidade da FDA.

Silva et al. (2007) realizaram um estudo para avaliar o efeito da amonização do capim-elefante e da substituição parcial do concentrado (milho e farelo de soja) pelo farelo de cacau ou torta de dendê sobre o desempenho de ovinos da raça Santa Inês com peso vivo de 22,6kg. Os autores verificaram que não houve melhorias na digestibilidade da FDN e FDA com a amonização. Todavia, os autores destacam que a semelhança entre os coeficientes de digestibilidade nas silagens amonizada e sem amonização podem estar relacionada ao método empregado e às condições ambientais, que influenciam as reações químicas entre a amônia e o material tratado. A silagem não foi colocada sobre lona, o que possivelmente, pode ter influenciado perdas consideráveis de amônia para o solo, reduzindo a eficiência da amonização.

A adição de uréia (0 e 4% da matéria seca) e a cobertura com lona plástica preta (presença ou ausência) sobre a conservação, composição química e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) da palha de arroz foram avaliados por Fischer et al. (1996). Segundo esses autores, a adição de 4% de uréia modificou favoravelmente a composição química e a digestibilidade da palha de arroz, sendo que a presença de lona evitou a formação de camada externa deteriorada, mas não apresentou efeito sobre a composição química, pH e digestibilidade da palha de arroz. Hill et al. (1986), em adição, quando avaliaram a digestibilidade de dietas contendo cascas de amendoim amonizadas fornecidas para bovinos, verificaram que o processo de amonização reduziu os níveis de taninos nesse co-produto.

Grossi et al. (1993), por sua vez, verificaram que o tratamento do feno de *Coast cross* e da palha de arroz com uréia elevou também os teores de proteína bruta dos mesmos, já que a uréia incorpora nitrogênio ao material tratado. De acordo com Rodríguez (1986), essa incorporação pode inclusive contribuir com incrementos na síntese protéica microbiana.

EFEITO DO TRATAMENTO QUÍMICO SOBRE A DIGESTIBILIDADE DE VOLUMOSOS E SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS

No estudo realizado por Gomes (2009) para avaliar o efeito da amonização com diferentes níveis de uréia (0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10%) e do uso de grãos de soja (0 e 20%) como fonte de urease, na melhoria da composição químico-bromatológica do resíduo agroindustrial da carnaúba (*Copernicia prunifera*) fornecido em dietas de ovinos em níveis crescentes de substituição do feno de capim Tifton 85 (*Cynodon spp.*) (100% FT; 25% BC e 75% FT; 50% BC e 50% FT; 75% BC e 25% FT; 100% BC), os autores constataram aumentos nos teores de fibra em detergente neutro e celulose, além da redução da digestibilidade do resíduo de carnaúba. No caso específico da bagana de carnaúba, observa-se grande quantidade de taninos e lignina em seus tecidos e o aumento observado nos componentes da fibra está relacionado a ligação do nitrogênio proveniente da amonização a esses compostos, bem como a complexa estrutura da parede celular que dificulta o ataque por parte dos microorganismos do rúmen, comprometendo a digestibilidade.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A alimentação inadequada dos rebanhos é um dos fatores que mais favorecem os baixos índices produtivos dos rebanhos, em virtude de limitações quanto a utilização de fontes de volumosos de adequado valor nutritivas em épocas de estacionalidade de produção forrageira.

A existência de componentes antinutricionais presentes em subproduto agroindustriais de baixo valor nutritivo, tornam-se responsáveis pela redução na digestibilidade dos nutrientes dietéticos.

A utilização de tratamentos químicos em forragens e resíduos agroindustriais, de baixo valor nutritivo, surge como alternativa para melhor disponibilizar os nutrientes contidos nesses alimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CÂNDIDO, M.J.D.; NEIVA, J.N.M.; PIMENTEL, J.C.M.; VASCONCELOS, V.R.; SAMPAIO, E.M.; MENDES NETO, J. Avaliação do valor nutritivo do bagaço de cana-de-açúcar amonizado com uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, p.928-935, 1999.

CARVALHO, G.G. de; PIRES, A.J.V.; VELOSO, C.M.; MAGALHÃES, A.F.; FREIRE, M.A.L.; SILVA, F.F. da; SILVA, R.R.; CARVALHO, B.M.A. de. Valor nutritivo do bagaço de cana-de-açúcar amonizado com quatro doses de uréia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.125-132, 2006.

DOLBERG, F. Progressos na utilização de resíduos de culturas tratados com uréia-amônia: implicações

nutricionais e aplicações de tecnologia em pequenas propriedades. In: Simpósio Internacional de Ruminantes, Lavras, **Anais...** Lavras: SBZ, p.322-337, 1992

EUCLIDES FILHO, K. Retrospectiva e desafios da produção de ruminantes no Brasil. UFERSA. Disponível em:

<<http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/183/arquivos/RETROSPECTIVA%20E%20PERSPECTIVAS%20DE%20CRUZAMENTOS%20NO%20BRASIL.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2010.

EZEQUIEL, J. M.B.; QUEIROZ, M.A.A.; GALATI, R.R. et al. Processamento da cana-de-açúcar: efeito sobre a digestibilidade, o consumo e a taxa de passagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1702-1710, 2005.

FERNANDES, L.O.; REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A.; LEDIC, I. L.; MANZAN, R. J. Qualidade do feno de *Brachiaria decumbens* Stapf. submetido ao tratamento com amônia anidra ou uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1325-1332, 2002.

GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; GRACEZ NETO, A. F.; PEREIRA, O. G.; BERNARDINO, F. S.; ROCHA, F. C. composição química e digestibilidade *in vitro* do feno de *brachiaria decumbens* stapf. tratado com uréia. **Revista brasileira de Zootecnia**,v.34, n.3, p720-725, 2005.

GONÇALVES, J. S.; NEIVA, J. N. M.; VIEIRA, N. F.; OLIVEIRA FILHO, G. S.; LOBO, R. N. B. Valor nutritivo de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum*) com adição de diferentes níveis do subproduto do processamento da acerola (*Maliphigia glabra* L.) e da goiaba (*Psidium guajava* L.). **Revista Ciencia Agronômica**, v. 35, p. 131-137, 2004.

GROSSI, S. F.; REIS, R. A.; EZEQUIEL, J. M. B.; RODRIGUES L. R. de A. Tratamento de volumosos com amônia anidra ou com uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.22, n.4, p.651-660, 1993.

HILL, G.M., UTLEY, P.R. Comparative nutritional value of Beagle 82 triticale for finishing steers. **Nutrition Reports. International**, v.34, p.831-840, 1986.

PIRES, A.J.V.; GARCIA, R.; VALADARES FILHO, S. C.; PEREIRA O. G.; CECON P. R.; SILVAIVA F. F. da.; SILVA P. A.; VELOSO C. M. Novilhas alimentadas com bagaço de cana-de-açúcar tratado com amônia anidra e, ou, sulfeto de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.1078-1085, 2004.

PIRES, Aureliano José Vieira. **Bagaço de cana-de-açúcar tratado com amônia anidra e, ou, sulfeto de**

EFEITO DO TRATAMENTO QUÍMICO SOBRE A DIGESTIBILIDADE DE VOLUMOSOS E SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS

- sódio para novilhas em crescimento.** Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 65p, 2000.
- REIS, R.A.; BERCHIELLI, T.T.; ANDRADE, P.; MOREIRA, A.L.; SILVA, E.A. Valor nutritivo do feno de capim coast-cross (*Cynodon dactylon* L. pers) submetido à amonização. **Ars Veterinaria**, Jaboticabal, SP, Vol. 19, nº 2, 143-149, 2003.
- PONTES, R. A. M. **Cana de açúcar in natura ou ensilada com óxido de cálcio ou uréia em dietas de ovinos.** 2007. 60p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. 2007.
- RODRIGUEZ, N. M. Importância da degradabilidade da proteína no rúmen para a formulação de rações para ruminantes. **Cadernos Técnicos da Escola de Veterinária. UFMG**, n.1, p.27-45, 1986.
- ROSA, B.; FADEL, R. Uso de amônia anidra e de uréia para melhorar o valor alimentício de forragens conservadas. In: **SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS**, 1., 2001, Maringá. Maringá: UEM, 2001. p.41-63
- SALIBA, E.O.S.; SANTANA, A.A.C.; GRAÇA, D.S.; RODRIGUEZ, N.M.; GANÇALVES, L.C.; BORGES, I. Digestibilidade aparente e consumo da matéria seca, proteína bruta e energia do bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum Officinarum* L.) tratado com amônia anidra.. In: 41ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2004, Campo Grande - MS. **Anais da 41ª Reunião Anual da SBZ**. Campo Grande - MS: SBZ, 2004, v.1, p. 1-4.
- SARMENTO, P.; GARCIA, R.; PIRES, A. J. V. P.; NASCIMENTO, A. S. Grãos de soja como fonte de urease na amonização do bagaço de cana-de-açúcar com uréia. **Scientia Agricola**, v.58, n.2, p.223-227, abr./jun. 2001.
- SARMENTO, P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V.; NASCIMENTO, A.S. Tratamento do bagaço de cana-de-açúcar com uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, p.1203-1208, 1999.
- SCHMIDT, P.; WECHSLER, F. S.; VARGAS JÚNIOR, F. M.; ROSSI, P. Valor nutritivo do feno de braquiária amonizado com uréia ou inoculado com *Pleurotus ostreatus*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.2, p.2040-2049, 2003.
- SILVA, H. G. O.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; VELOSO, C. M.; SILVA, F. F. capim-elefante amonizado e farelo de cacau ou torta de dendê em dietas para ovinos em crescimento. **Revista brasileira de zootecnia.**, v.37, n.4, p.734-742, 2008
- SILVA, H. G. O.; PIRES, A. J. V.; CUNHA NETO, P. A.; CARVALHO, G. G. P.; VELOSO C. M.; SILVA, F. F. Digestibilidade de dietas contendo silagem de capim-elefante amonizado e farelo de cacau ou torta de dendê em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.36, n.2, p.499-506, 2007.
- 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, p. 3562-3577, 1992.
- SOUZA, O., SANTOS, I.E. Aproveitamento de subprodutos e subprodutos agropecuários pelos ruminantes – Artigos Técnicos da EMBRAPA Tabuleiros Costeiros. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/index.php?idpagina=artigos&artigo=914>. Acesso em: 20 dez. 2005.
- SOUZA, O.; SANTOS, I.E. **Aproveitamento de resíduos agropecuários tratados com uréia pelos ruminantes.** Boletim Agropecuário, São Paulo, 2002. Artigos Técnicos, p. 1-5.
- SOUZA, A. L.; GARCIA, R.; PEREIRA, O. G.; CECON, P. R.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, M. F. Composição Químico-Bromatológica da Casca de Café Tratada com Amônia Anidra e Sulfeto de Sódio. **Revista brasileira de Zootecnia.** 30(3):983-991, 2001.
- TEIXEIRA, J.C. **Nutrição de ruminantes.** Lavras, MG: FAEPE, 1992. 239p.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2.ed. Ithaca, New York (USA): Cornell University Press, 476p. 1994.
- VAN SOEST, P. J.; MASON, V. C. The influence of Maillard reaction upon the nutritive value of fibrous feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.32, n.1/3, p.45-53, 1991.
- ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M.; FERREIRA, D. J.; PEREIRA, O. G. Efeito de níveis de uréia sobre o valor nutricional do feno de capim-Tanzânia. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 2, p. 333-340, abr./jun. 2007.