



URÉIA NA ALIMENTAÇÃO DA VACA LEITEIRA

Roberto Guimarães Júnior
Médico Veterinário, Dr. Pesquisador da Embrapa Cerrados,
e-mail: guimaraes@cpap.embrapa.br

Luiz Gustavo Ribeiro Pereira
Pesquisador da Embrapa Semi-árido

Lúcio Carlos Gonçalves
Professor Associado da Escola de Veterinária da UFMG

Thierry Ribeiro Tomich
Pesquisador da Embrapa Pantanal

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos tem-se observado uma exigência crescente pelo aumento da eficiência no processo produtivo da pecuária. Esta pressão tem sido exercida, principalmente, pelo avanço da agricultura, levando a maior valorização da terra e redução da área para outras atividades. Este acontecimento vem obrigando, cada vez mais, o pecuarista a otimizar os recursos disponíveis na fazenda para manutenção da atividade rentável e competitiva.

As despesas com a alimentação contribuem de forma significativa nos custos de produção da atividade leiteira. Dentre os itens que compõem a dieta de bovinos leiteiros, os suplementos protéicos são, geralmente, os componentes mais caros. Desta forma, a utilização de alimentos alternativos que substituem as fontes de proteína comumente utilizadas na alimentação de ruminantes é de grande interesse para a atividade pecuária. A uréia é um composto nitrogenado não protéico (NNP) que pode ser utilizado para esta finalidade, uma vez que comparada com outras fontes de nitrogênio é economicamente mais barata e se utilizada de forma adequada, tem condições de manter bons níveis de produção.

Descoberta por Hilaire Rouelle em 1773, a uréia só foi sintetizada artificialmente em 1828, por Friedrich Wohler (Loosli e McDonald, 1968), derrubando a teoria de que os compostos orgânicos só poderiam ser sintetizados pelos organismos vivos (teoria da força vital). A sua produção em escala industrial iniciou-se em 1870, quando Bassarow conseguiu sintetizá-la a partir dos gás carbônico e da amônia, porém, a sua utilização na alimentação de ruminantes só teve início em meados de 1914. Neste período, a escassez de alimentos ocasionada pela primeira guerra mundial levou a Alemanha a intensificar a produção de uréia, visando reduzir os custos de produção de carne e leite. A uréia tem sido utilizada na dieta de bovinos leiteiros por dois motivos básicos. Do ponto de vista nutricional, ela é usada para adequar a ração em proteína degradável no rúmen (PDR). Do ponto de vista econômico, ela é usada com o objetivo de baixar o custo com a suplementação protéica (Santos, 2006).

O objetivo desta palestra é discutir sobre as potencialidades e limitações da utilização da uréia na alimentação de vacas leiteiras.

2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

A uréia é um composto orgânico cristalino, de cor branca, solúvel em água e álcool. Quimicamente é classificada como amida e por isso é considerada um composto nitrogenado não protéico (NNP), a sua fórmula química é $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Embora exista uma variedade de compostos nitrogenados não protéicos (purinas, pirimidinas, aminoácidos, peptídeos, etc) a uréia não pode ser considerada proteína, porque não apresenta em sua estrutura aminoácidos reunidos por ligações peptídicas. Possui características específicas, uma vez que é deficiente em todos os



minerais, não possui valor energético próprio e é rapidamente convertida em amônia no rúmen (Maynard et al., 1984).

A sua fabricação industrial é obtida pela síntese da amônia com o gás carbônico, em um reator, sob condições de elevada temperatura e pressão. A amônia em presença de CO_2 do ar origina o carbamato de amônia e esse produto sob determinada pressão e temperatura é decomposto em uréia e água. A partir daí, ocorre o processo de purificação, pois permanecem no reator a uréia, o carbamato de amônia, água e excesso de amônia. A mistura passa através de torres separadoras de alta e baixa pressão, a vácuo, onde se obtém uma solução água-uréia. Os gases NH_3 , CO_2 e a água que saem da seção de purificação são absorvidos na seção de recuperação, retornando para o reator como solução de reciclo (Pentreath, 2005). Na Tabela 1 verifica-se a composição química da uréia brasileira. Vale ressaltar que a pequena quantidade de ferro e chumbo encontrados em sua composição não é considerada tóxica para os animais.

Tabela 1. Composição química da uréia encontrada no Brasil

<i>Compostos</i>	<i>Concentração (%)</i>
Nitrogênio	46,4
Biureto	0,55
Água	0,25
Amônio livre	0,008
Cinzas	0,003
Ferros e chumbo	0,003

Fonte: Santos et al (2001)

Teoricamente, o fornecimento de 100 gramas de uréia na dieta do ruminante resultaria em produção de cerca de 260 gramas de proteína bruta de origem microbiana. Isto ocorre devido à alta percentagem de nitrogênio na composição da uréia pecuária - uréia destinada ao consumo animal - e ao emprego do fator 6,25 para cálculo do conteúdo de proteína bruta. Este fator foi obtido partindo do pressuposto que, em média, as proteínas possuem 16% de nitrogênio. Assim, a divisão de 100 por esta média (16%) resultou em 6,25. Desta maneira, a utilização deste fator multiplicando o conteúdo de nitrogênio da uréia pecuária (de 42,0 a 46,7%) resulta em valores variando de 262,5 a 291,9% em equivalente protéico.

3. METABOLISMO DA URÉIA

A degradação dos compostos nitrogenados é um processo múltiplo, envolvendo solubilização, hidrólise extracelular, transporte para o interior da célula, deaminação e formação de produtos finais, como amônia, AGV , CO_2 e metano (Owens e Zinn, 1988; Russel et al., 1991). Os principais microrganismos responsáveis pela degradação dos compostos nitrogenados no rúmen são as bactérias, embora os protozoários também atuem neste processo por um mecanismo de ação diferenciado (pela ingestão de pequenas partículas alimentares e bactérias). Apesar de também deaminarem aminoácidos (AA), os protozoários não são capazes de utilizar a amônia para a síntese protéica. E em virtude da pequena taxa de passagem desses microrganismos, eles contribuem pouco para o fluxo de proteína microbiana para o intestino (Santos, 2006).

Ao chegar ao rúmen, a uréia é rapidamente desdobrada em amônia e CO_2 , pela ação da urease microbiana. A amônia pertence à classe de substâncias denominadas eletrólitos fracos e, em solução, suas formas ionizada (NH_4) e não ionizada (NH_3) estão em equilíbrio. No entanto, as suas respectivas concentrações dependem do pH e da temperatura (Visek, 1968). Na Tabela 2 pode-se verificar que pequenos aumentos de pH acima de 7 provocam grandes aumentos na proporção de amônia na forma não ionizada. O pH parece ser o fator mais importante na determinação da quantidade de amônia absorvida, uma vez que a absorção do NH_3 é passiva, através de membranas celulares, no sentido de uma concentração fisiológica menor. Embora a concentração de amônia na forma não ionizada no rúmen seja pequena (0,38 a 2,5% para valores



de pH de 6,62 a 7,42), a mesma é rapidamente reposta quando sai do meio, pois o equilíbrio $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{NH}_4^+$ é estabelecido com rapidez (Visek, 1984). Assim, a concentração de amônia é dependente do equilíbrio entre as taxas de produção e absorção, que depende da concentração da sua forma não ionizada no fluido ruminal, determinada pelo pH do meio (Nolan, 1993). Uma vez que a concentração de amônia na circulação periférica é mantida a baixos níveis devido à conversão da amônia em uréia no fígado, existe um gradiente de concentração permanente que permite a absorção da amônia ruminal que excede a capacidade de utilização pelos microrganismos. Este mecanismo torna-se fundamental quando os animais são alimentados com dietas de baixo valor nutricional, favorecendo uma melhor utilização da proteína (Van Soest, 1994).

Tabela 2. Relação entre o pH e as proporções entre as formas não ionizada e ionizada no plasma a 37° C ($\text{pK}'a = 9,02$)

pH	% NH_3	% NH_4
9,02	50,00	50,00
8,72	33,38	66,62
8,42	20,07	79,93
8,12	11,18	88,82
7,82	5,93	94,07
7,52	3,06	96,94
7,22	1,56	98,44
6,92	0,75	99,25
6,62	0,38	99,62

Fonte: Visek (1968)

Os microrganismos ruminais que utilizam nitrogênio são divididos em dois grupos: aqueles que fermentam a celulose e hemicelulose, apresentam crescimento lento e utilizam a amônia como fonte de N para síntese de proteína microbiana; e os microrganismos que fermentam amido, pectina e açúcares, crescem mais rapidamente que os anteriores e são capazes de utilizar tanto amônia quanto aminoácidos como fonte de nitrogênio, numa proporção média de 66% de aminoácidos e 34% de nitrogênio amoniacal (Russel et al., 1992). Portanto, dietas suplementadas com uréia, mas que fornecem também peptídeos e aminoácidos pré-formados, favorecem o crescimento microbiano, uma vez que todas as exigências quanto às diferentes fontes de nitrogênio para os microrganismos serão atendidas.

A fixação da amônia ruminal aos aminoácidos pelas bactérias é realizada mediante a ação de enzimas específicas, a glutamina sintetase (GS) e a glutamato desidrogenase (GDH). A concentração de GS é maior quando o nitrogênio amoniacal extracelular está baixo, enquanto que a GDH não varia em sua concentração. Quando a concentração de amônia está alta, a captação de N é feita principalmente via GDH, mas quando os níveis de amônia estão baixos, a principal enzima utilizada é a GS, uma vez que esta possui maior afinidade pelo nitrogênio amoniacal. Em contrapartida, a fixação de N por esta via metabólica envolve o gasto de um mol de ATP para cada mol de íon amônio fixado, enquanto que nenhum ATP é gasto pela ação da GDH. Portanto, quando a concentração ruminal de nitrogênio amoniacal está baixa, a eficiência de crescimento microbiano é reduzida, porque o ATP utilizado para crescimento é desviado para captação de nitrogênio (Owens e Zinn, 1988). A amônia fixada é transferida para os precursores de outros aminoácidos por meio de reações de transaminação. Os aminoácidos formados são então conjugados para formar a proteína microbiana.

Quando a produção de amônia no rúmen, seja pela degradação da uréia quanto de outros compostos nitrogenados, excede a capacidade de utilização pelos microrganismos, ocorre um acúmulo desta fonte de nitrogênio (N) no rúmen. A amônia em excesso é removida, principalmente por difusão passiva através do epitélio ruminal e imediatamente transportada pelo



sistema porta ao fígado, onde é metabolizada, pois a sua forma livre é tóxica para o animal. As moléculas de amônia são então utilizadas para formação de uréia, na via metabólica conhecida como ciclo da uréia. Para a formação de uma molécula de uréia são necessárias três moléculas de ATP, implicando em gasto energético pelo animal (Santos et al., 2001). Durante este ciclo, há formação de uma molécula de fumarato, que pode ser incorporada ao ciclo do ácido cítrico e gerar duas moléculas de ATP. Sendo assim, a reciclagem da amônia tem um custo energético de um ATP por molécula de uréia formada. A uréia formada pode retornar ao rúmen e servir novamente como fonte de N para produção de proteína microbiana ou ser eliminada pela urina.

As etapas de degradação e utilização da proteína e da uréia (NNP) no ruminante são resumidas na Figura 1.

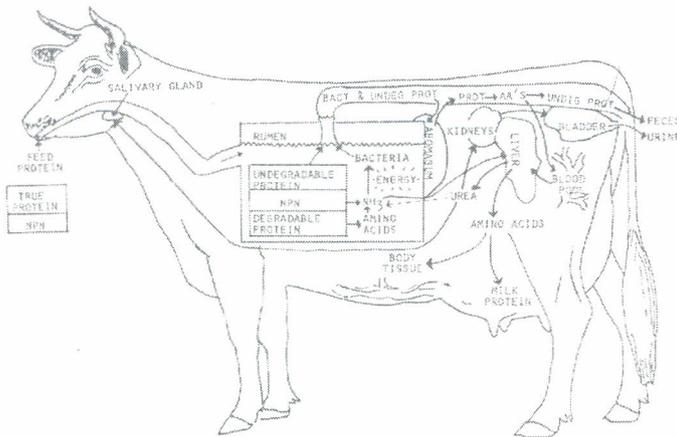


Figura 1. Metabolismo proteico da vaca em lactação.
Fonte: Owens e Zinn (1988)

4. EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE COMPOSTOS NITROGENADOS E PRODUÇÃO DE PROTEÍNA MICROBIANA

Diversos são os fatores que interferem na eficiência de utilização da proteína dietética e de compostos nitrogenados não proteicos pelos ruminantes. De modo geral, o crescimento microbiano ocorre até que as exigências N dos microrganismos sejam atingidas, o que é determinado pela presença de carboidratos fermentáveis no rúmen, produção de ATP e eficiência de conversão para células microbianas.

Os principais modificadores químicos e fisiológicos da fermentação ruminal são o pH e o "turnover", sendo que ambos são afetados pela dieta e outras características relacionadas, como nível de ingestão, estratégias de alimentação, qualidade e tamanho de partícula da forragem e as relações entre volumosos e concentrados. Durante o processo de produção de proteína microbiana, ocorre a fixação do N amoniacal a uma molécula que possui carbono em sua composição, envolvendo gasto energético. Portanto, fica evidente a dependência de fontes energéticas no rúmen para que a produção de proteína microbiana seja realizada. Levando-se em consideração a elevada taxa de degradação da uréia, fontes de energia com alta degradabilidade ruminal favorecem a utilização da amônia e conseqüentemente diminuem as perdas de energia decorrentes da reciclagem do nitrogênio em excesso. Baseado em dados de estudos *in vitro* e *in*



vivo, existe um consenso geral de que a taxa de digestão dos carboidratos é o principal fator controlador da energia disponível para o crescimento microbiano e a taxa de digestão dos carboidratos totais está diretamente relacionada às concentrações de amido, pectinas e açúcares (Hoover e Stokes, 1991).

Em animais suplementados com farelados protéicos as maiores concentrações de amônia ocorrem, normalmente de 3 – 5 horas após a alimentação. Já em dietas com uréia, o pico na concentração de amônia é observado cerca de 1 - 2 horas após o fornecimento da dieta. A maior eficiência de produção de proteína microbiana em dietas suplementadas com uréia é alcançada quando as elevações na concentração de amônia estão sincronizadas com uma alta disponibilidade de energia ruminal. O NNP é degradado rapidamente e assume-se que essa fração é 100% degradada no rúmen. Logo, proporções adequadas de carboidratos de fermentação rápida e média maximizam a utilização da uréia, o que por sua vez, aumenta a digestibilidade da fibra da dieta, por aumento da população de microrganismos ruminais. Conseqüentemente ocorre um aumento na taxa de passagem dos alimentos, favorecendo o consumo de matéria seca, porque o rúmen se esvazia mais rapidamente. Os diferentes carboidratos que podem estar associados a dietas com a uréia apresentam as seguintes características:

Carboidratos rapidamente fermentáveis (açúcares solúveis) – fornecem a energia inicial e são encontrados principalmente nas forragens novas e tenras. Por serem muito solúveis, são também rapidamente degradados (> 300%/h). O Melaço é um exemplo de suplemento dessa natureza.

Carboidratos com fermentação intermediária (amido e pectina) – acredita-se serem os mais efetivos. O amido é encontrado em grande quantidade nas sementes de cereais, como milho e trigo. A pectina está presente principalmente, em subprodutos da agroindústria, como polpa cítrica, polpa de beterraba e de outros tubérculos e a polpa de maçã. A taxa de fermentação destes carboidratos varia de 10-50%/h.

Carboidratos lentamente fermentáveis (< 10%/h) como a fibra ou parede celular – quando presentes em grande quantidade, limitam a síntese de proteína microbiana e diminuem a utilização da uréia. Quanto mais velha a forrageira, maior a quantidade de fibra pouco utilizável. Dietas com baixos teores de carboidratos solúveis e altas concentrações de parede celular de plantas maduras (como palhas) limitam a utilização do NNP em função da baixa disponibilidade de energia e da baixa taxa de digestão dos carboidratos disponíveis. Nestes casos, a uréia é pouco utilizada porque o pico na produção de amônia acontece bem antes da fermentação máxima destes carboidratos de baixa qualidade (Van Soest, 1994).

Quantidades adequadas de energia e proteína degradáveis no rúmen, resultarão na obtenção da produtividade animal desejada, com menor quantidade de proteína dietética. O NRC (2001) adotou uma exigência de PDR igual a 1,18 a quantidade de proteína microbiana sintetizada no rúmen, a qual é calculada como 13% dos nutrientes digestíveis totais (NDT) ou 130 g de PDR por kg de NDT. Quanto aos níveis de amônia encontrados previamente no rúmen Satter e Roffler (1975) estimaram que o nível ótimo para alcançar a máxima eficiência de síntese microbiana seria em torno de 5 mg/dl, com uma dieta com cerca de 13,4% de proteína bruta na matéria seca. Entretanto, concentrações superiores de nitrogênio (23,5 mg/dl) maximizam a fermentação ruminal, promovendo maior fermentação do substrato (Song e Kennely, 1990). De acordo com Broderick (2006) mesmo depois de muita pesquisa nos últimos 20 anos, a questão relacionada à concentração ruminal ideal de amônia exigida permanece sem resposta.

A uréia não possui nenhum mineral em sua composição. Dietas com uréia devem ser suplementadas com mistura mineral de qualidade e atenção especial deve ser dada ao enxofre, uma vez que este mineral é utilizado para síntese microbiana de aminoácidos sulfurados (metionina, cisteína e cistina). Normalmente, o teor de enxofre é baixo em rações com níveis elevados de nitrogênio não protéico, especialmente nas dietas com altas proporções de grãos, ou baseadas em silagens de plantas produtoras de grãos. Por isso, a suplementação com enxofre



em dietas com altos níveis de nitrogênio não protéico é necessária. A relação ótima entre nitrogênio/enxofre para bovinos é de 10 a 15 partes de nitrogênio para uma parte de enxofre. São indicados como fonte suplementar de enxofre o sulfato de amônio e o sulfato de cálcio (Petrobrás/Embrapa, 1997).

Uma ferramenta útil para avaliação do metabolismo dos compostos nitrogenados no rúmen são as dosagens de uréia no leite ou no sangue. As concentrações de uréia no leite representam, em média, 85% das encontradas no sangue (Harris Jr., 1997). Em rebanhos pequenos aconselha-se a amostragem de todos os animais, mas quando o número de vacas é maior, uma amostragem ao acaso de 10 a 15% dos animais de cada lote de produção é suficiente. Os valores de uréia no leite devem situar entre 12 a 20 mg/dl. Concentrações acima deste limite podem representar níveis excessivos de proteína na dieta, uma baixa quantidade ou qualidade de carboidratos fermentáveis no rúmen ou uma falha na sincronização na degradação destas fontes, indicando que existe uma ineficiência na suplementação protéica no rebanho.

5. FORMAS DE UTILIZAÇÃO NA DIETA E DESEMPENHO ANIMAL

A síntese microbiana fornece a maior parte da proteína utilizada pelo ruminante lactante para manutenção e produção de leite, portanto, o maior objetivo da nutrição protéica deve ser maximizar a produção da proteína microbiana (Broderick, 2006). Na dieta de vacas leiteiras, a uréia é principalmente utilizada misturada ao concentrado, em volumosos ou na dieta completa.

Quando administrada via concentrado, a quantidade de uréia a ser fornecida pode ser facilmente controlada, aliada ao fato de as concentrações energética e mineral serem conhecidas, torna este método de fornecimento seguro e prático, criando condições adequadas para utilização do NNP (Haddad, 1984). Na substituição de um farelo protéico, considera-se que a uréia não possui energia, devendo ser incluída na mistura pela adição de um concentrado energético. Faria (1984) demonstrou de modo prático o efeito da inclusão de diferentes níveis de uréia em um concentrado a base de milho e farelo de soja (Tabela 3).

Tabela 3. Efeito da adição de uréia sobre as proporções de milho e soja no concentrado

<i>% uréia</i>	<i>Unidades percentuais de milho a serem adicionadas</i>	<i>Unidades percentuais de soja a serem retiradas</i>
0,8	5,6	6,4
1,0	7,0	8,0
1,2	8,4	9,6
1,4	9,8	11,2
1,6	11,2	1,28
1,8	12,6	14,4
2,0	14,0	16,0

Fonte: Adaptado de Faria (1984)

Como exemplo, se em uma mistura composta por 70% de milho e 30% de farelo de soja optássemos por incluir 1,0% de uréia, a formulação passaria a ter 77% de milho e 22% de farelo de soja. Por meio desta tabela e com base nos custos dos ingredientes pode-se avaliar o impacto da inclusão da uréia numa mistura concentrada. No entanto, quando da inclusão da uréia, atenção deve ser dada ao balanceamento completo da dieta, de acordo com as exigências nutricionais dos animais. Holter et al (1968) verificaram que a uréia fornecida até o nível de 2,5% em misturas de concentrados não apresentou efeitos prejudiciais significativos no consumo de alimento, em sua digestibilidade ou na produção de leite. Contudo, Wilson et al (1975) observaram decréscimo no consumo de MS de uma ração completa contendo 2,3% de uréia (425 a 450 g/dia), quando a uréia foi administrada oralmente ou por intermédio da fístula ruminal. Van Horn et al (1968) advertem que a mistura máxima de uréia em concentrados não deve exceder 2%, mesmo



considerando animais fisiologicamente adaptados a tolerar maiores quantidades, devido à possibilidade de existência de problemas relacionados à palatabilidade.

O fornecimento da uréia misturada a volumosos com baixa concentração de proteína bruta tem sido uma estratégia bastante utilizada. Dixon (1999) relatou aumentos na degradabilidade *in situ* da matéria seca variando de 24-87% para 16 diferentes tipos de forrageiras, após a adição da uréia em dietas com baixa proteína. O uso de 0,5% de uréia como aditivo na silagem de milho foi capaz de aumentar o seu teor de proteína bruta em cerca de 50% em trabalho de Rojas et al (1880), elevar de 5,0 para 8,3 em estudo de Vilela et al (1986) e praticamente dobrar este conteúdo em avaliação de Gonçalves et al (1998). Também na ensilagem do sorgo, a uréia tem sido adicionada com o objetivo principal de aumentar a percentagem de proteína bruta, apesar de sua aplicação ter promovido melhor estabilização da massa ensilada após abertura, na silagem de milho (Vilela et al, 1986) e de capim-elefante (Vilela, 1989). A adição de uréia ao milho, no momento da ensilagem, pode melhorar a relação energia-proteína com reflexo positivo sobre a digestibilidade da matéria seca (Vilela et al., 1986) e sobre a digestibilidade da proteína bruta da silagem, melhorando os consumos de matéria seca e de proteína digestíveis (Gonçalves et al., 1998) e de energia bruta e digestível (Borges et al., 1998). A cana-de-açúcar é um volumoso que apresenta baixa concentração protéica, em torno de 2,74% (Valadares Filho et al., 2006) e por isso frequentemente é fornecida associada à uréia. A recomendação é de que após um período de adaptação de dez dias usando-se 0,5% de uréia na cana picada, deve-se utilizar 1% de uréia em relação ao peso da cana picada. Além disso, deve ser adicionada uma fonte de enxofre, como o sulfato de amônio, para que se mantenha uma relação N : S de 14:1. A fórmula final é, portanto, de 0,5 kg da mistura uréia + sulfato de amônio (na proporção 9 : 1, ou seja, 450 g de uréia e 50 g de sulfato de amônio) para 100 kg de cana picada durante o período de adaptação. Em seguida, utiliza-se 1 kg da mistura uréia + sulfato de amônio (na proporção 9:1, ou seja, 900 g de uréia e 100 g de sulfato de amônio) para 100 kg de cana picada. Para aplicar a mistura ao volumoso, devemos misturá-la em 3 a 4 litros de água e, com o auxílio de um regador, espalhá-la sobre a cana picada distribuída nos cochos. Finalmente, devemos revolver o material 2 ou 3 vezes para homogeneização. Adotando-se esse procedimento, o déficit protéico fica praticamente suprido. Para alcançar as exigências de manutenção ou ganhos pouco acima da manutenção a tecnologia cana + uréia e sulfato de amônio é suficiente para atender as necessidades nutricionais dos microrganismos do rúmen, resultando em melhor consumo e utilização de nutrientes. Rangel et al. (2005) avaliaram o desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com quatro tratamentos isoprotéicos que utilizaram como volumoso cana-de-açúcar adicionado de farelo de soja ou 0,4; 0,8; 1,2% de mistura uréia e sulfato de amônia (9:1). Não houve diferença para a produção de leite, que foi em torno de 20 kg por animal, quando se comparou farelo de soja com a uréia nos diferentes níveis, no entanto ocorreu efeito linear crescente para o aumento dos níveis de uréia.

Carmo (2001) concluiu que a substituição parcial do farelo de soja por uréia no teor de 2% da matéria seca da dieta é uma alternativa viável para vacas leiteiras no terço final (produção média de 20 kg/dia) e após a lactação. Neste experimento, as dietas com uréia não afetaram o consumo de matéria seca, produção de leite e produção de leite corrigido para gordura, teor e a produção de proteína e lactose do leite, produção de sólidos totais, concentração de nitrogênio uréico e glicose no plasma. Santos et al (2001) avaliando vacas no terço médio de lactação, com produção média 32 kg de leite/dia observaram redução no consumo com a inclusão de 1% de uréia na MS da dieta em substituição ao farelo de soja. Em experimento realizado com vacas leiteiras no mesmo estágio de lactação (produção média de 30 kg leite/dia), Cameron et al (1991) suplementaram uréia na proporção de 0,75% da matéria seca da dieta. A uréia supriu 12,5% do nitrogênio total da dieta e os animais consumiram em média de 157 a 172 g de uréia por animal por dia. Os autores não verificaram diferenças significativas no consumo de MS, digestibilidades ruminal, pós-ruminais e no trato total da MS entre os tratamentos e obtiveram ganhos em produção de leite ($p < 0,08$) nas dietas que continham uréia. Santos et al. (2006) analisaram o efeito da inclusão de níveis crescentes de uréia na dieta de vacas leiteiras do 2º ao 7º mês de lactação, com produção média de leite no período de 22,7 kg/dia. Os níveis de inclusão foram de 0, 0,75 e 1,5% de uréia na MS



da dieta, cuja base volumosa era cana-de-açúcar. Nos tratamentos com 0,75 e 1,5% de uréia, o consumo médio da mesma foi, respectivamente, de 125 g e 243 g por dia. Não foram observadas diferenças entre os tratamentos quanto ao consumo de matéria seca, produção de leite, produção de leite corrigida para gordura e composição do leite. De acordo com os autores, estes resultados sugerem que o uso de até 1,5% de uréia na matéria seca da dieta não interfere na produtividade e composição físico-química do leite. A adição de níveis crescentes de NNP (0, 0,7; 1,4 e 2,1% de uréia, correspondentes aos teores de 2,08; 4,01; 5,76 e 8,07%) reduziu o consumo de nutrientes, porém não foi observado efeito sobre as digestibilidades da MS, matéria orgânica, fibra em detergente neutro (FDN), proteína bruta e carboidratos para vacas no início da lactação, produzindo em torno de 20 kg de leite/dia (Silva et al, 2001). O menor consumo de MS foi atribuído aos prováveis efeitos metabólicos da uréia e ou à pouca palatabilidade do alimento, à medida que se elevou o teor de uréia na ração. Neste experimento, a produção máxima de leite por dia, estimada por meio de equação de regressão, foi obtida com o teor de 4,79% de NNP ou 0,7% de uréia na MS total das rações.

Santos et al (1998) em trabalho de revisão de literatura analisaram vinte e três comparações, a partir de doze trabalhos em que a uréia substituiu de forma parcial ou total diversos suplementos protéicos em dietas de vacas leiteiras de alta produção (30 a 40 kg/leite por dia). A inclusão da uréia na matéria seca (MS) da dieta variou entre 0,4 a 1,8%. O consumo de MS não foi afetado em 17 comparações, diminuiu em 4 e aumentou em 2, enquanto que a produção de leite permaneceu inalterada em 20 e diminuiu em 3 comparações, com a inclusão da uréia na dieta. O teor de proteína do leite não foi afetado em 17 comparações e aumentou em 5. A produção média de leite foi de 32,7 kg/dia para vacas suplementadas com uréia e de 33,3 kg/dia para vacas suplementadas exclusivamente com fontes de proteína verdadeira. Estes resultados mostram viabilidade de utilização da uréia mesmo em dietas de vacas leiteiras de alta produção.

Os resultados de experimentos avaliando diferentes níveis de inclusão de uréia em dietas de vacas em lactação são variados. Há de se ressaltar que parte dessa variabilidade pode ser atribuída aos alimentos utilizados nas formulações da dieta total, níveis de produção, estágios de lactação e os níveis de uréia empregados. Para vacas em início de lactação, independente no nível de produção, parece prudente utilizar menores concentrações de uréia, em função da queda no consumo de MS verificada neste período. Nos demais estágios da lactação, consumos de uréia próximos a 200g/animal por dia podem ser interessantes, uma vez que a vantagem ou não da inclusão da uréia na alimentação destes animais estará diretamente relacionada ao balanceamento adequado da dieta e ao custo dos insumos.

Para animais de menor exigência, como em vacas no período seco, a suplementação de uréia em misturas múltiplas tem se mostrado uma opção interessante. A diferença principal entre a mistura múltipla da seca e a mistura múltipla das águas também chamada comercialmente de "sal energético", reside no fato de que na maior parte da estação chuvosa, o teor de proteína das forrageiras geralmente pode ser considerado satisfatório e por isso a concentração de uréia é menor. O consumo da mistura múltipla de seca é bastante variável, dependendo da qualidade e da oferta de pastagem, situando-se numa faixa de 200 a 300 gramas por animal/dia. A frequência de reposição da mistura múltipla nos cochos não deve exceder três dias, já que a mistura em contato com a saliva do animal tem uma tendência a empedrar. O ganho de peso dos bovinos em pastagens suplementados com a mistura múltipla na época da seca tem variado de 100 a 300 gramas por cabeça/dia. É importante salientar que para obter melhores resultados é essencial a existência de uma boa oferta de pastagem (Lopes et al., 1998) A composição de fórmulas de mistura múltipla para a época da seca e das águas desenvolvidas pela Embrapa Cerrados é mostrada na Tabela 4.



Tabela 4. Composição das misturas múltiplas desenvolvidas pela Embrapa Cerrados

Ingredientes	Época das secas	Época das águas
	Quantidade	Quantidade
Milho desintegrado (quirera grossa)	27,0 Kg	52,0 Kg
Farelo de algodão	15,0 kg	-
Fonte de Fósforo	16,0 kg	16,0 kg
Uréia Pecuária	10,0 kg	5,0 kg
Enxofre em pó	1,3 kg	1,3 kg
Sulfato de zinco	600 g	600 g
Sulfato de cobre	80 g	80 g
Sulfato de cobalto	20 g	20 g
Sal comum	30,0 kg	25,0 kg
Total	100,0 kg	100,0 kg

Fonte: Lopes et al. (1998)

6. TOXICIDADE

O consumo de grandes quantidades de uréia, durante um período curto, pode ser fatal para animais não adaptados. A rápida liberação de amônia a partir da hidrólise da uréia contribui para uma elevação no pH. Em condições de alcalose ruminal a absorção de amônia aumenta significativamente via parede ruminal. A amônia em excesso é convertida no fígado em uréia, no entanto, quando a capacidade de conversão do fígado chega a seu limite, as concentrações de amônia no sangue aumentam (Essig et al., 1988). A neurotoxicidade da amônia é o principal responsável pelos sinais de intoxicação. A hiperamonemia altera as propriedades fisiológicas da barreira hematoencefálica, ocasionando um desequilíbrio dos aminoácidos no cérebro. Os aminoácidos ramificados diminuem no soro e no cérebro, enquanto os aromáticos se elevam. Como estes últimos são os precursores da maioria dos neurotransmissores, ocorre um excesso dessas substâncias no cérebro, advindo distúrbios na condução neural (Cooper e Plum, 1987). Bartley et al. (1976) observaram quadro de tetania muscular em média, 53 minutos após a administração da dose tóxica de uréia diretamente no rúmen, via fístula e verificaram que o pH ruminal e as concentrações de amônia no sangue estavam estreitamente correlacionados com a toxidez. Desta forma, a adaptação de ruminantes a dietas suplementadas com uréia é necessária. Durante o processo de adaptação, a retenção de nitrogênio tende a crescer após o início do fornecimento de NNP até que se atinja o equilíbrio. A adaptação à uréia correspondente aos limites máximos recomendados, pode ocorrer no prazo de duas semanas, mas esse processo deve ser reiniciado, caso haja uma interrupção no fornecimento de NNP por período superior a dois dias. O estímulo do ciclo de síntese de uréia no fígado (ciclo da uréia), aumenta a conversão de amônia em uréia e parece ter papel importante durante a adaptação dos animais.

O tratamento nos casos de intoxicação pela uréia tem como objetivo reduzir o pH no ambiente ruminal e impedir a absorção excessiva da amônia liberada. Para tal finalidade, utiliza-se o fornecimento, via oral, de 4 a 6 litros de solução de ácido acético ou de vinagre a 5%. Dependendo da sintomatologia apresentada, este procedimento deve ser repetido 6 horas após a primeira administração. Em situações em que estes produtos não estejam disponíveis, deve-se fornecer de 20 a 30 litros de água fria, para dificultar a absorção, bem como diluir a amônia presente no rúmen. Animais em casos mais graves de intoxicação apresentam-se prostrados, com quadros de tetania ou convulsão e raramente respondem ao tratamento. Nestes casos a morte pode ocorrer rapidamente. Word et al. (1969) recomendam fornecer aos animais solução de ácido acético a 5-10% tão logo a toxidez se manifeste, seguindo-se uma segunda ingestão 2 a 3 horas mais tarde. Estes autores observaram também que o rápido esvaziamento do conteúdo ruminal foi eficiente em evitar a morte dos animais por intoxicação.



7. CONCLUSÕES

A uréia é um composto nitrogenado não protéico que pode ser utilizado para reduzir custos com a suplementação protéica em dietas de bovinos leiteiros;

A eficiência de sua utilização pelos animais depende do balanceamento adequado da dieta, de modo a permitir uma sincronização entre a disponibilidade de carboidratos fermentáveis e nitrogênio no rúmen. Além disso, atenção deve ser dada à concentração de minerais, bem como o período de adaptação à dieta pelos animais;

Para vacas no terço médio e final de lactação, a ingestão de uréia pode chegar a valores próximos a 200g por animal por dia, no entanto, para animais no início de lactação aconselha-se o fornecimento de doses inferiores a esta;

A adaptação à ingestão da uréia por meio do fornecimento de quantidades gradativamente crescentes é condição fundamental para se evitar intoxicação.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARTLEY, E.E.; DAVIDOVICH, A.; BARR, G.W. et al. Ammonia toxicity in cattle. 1. Rumen and blood change associated with toxicity and treatment methods. *Journal of animal Science*, v.43, p. 835, 1976.
- BRODERICK, G.A. *Improving nitrogen utilization in the rumen of the lactating dairy cow*. In: ANNUAL FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 17, 2006. Gainesville: University of Florida, 2006. Disponível em: <http://dairy.ifas.ufl.edu/rns.html>. Acesso em janeiro de 2007.
- BORGES, A.L.C.C., RODRIGUEZ, N.M., GONÇALVES, L.C., PIZARRO, E.A. Valor nutritivo de silagem de milho, adicionada de uréia e carbonato de cálcio, e do rolão de milho. II - Consumo e digestibilidade de energia. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.50, n.3, p.317-320, 1998.
- CAMERON, M.R.; KLUSMEYER, T.H.; LYNCH, G.L. et al. Effects of urea and starch on rumen fermentation, nutrient passage to the duodenum, and performance of cows. *Journal of Animal Science*, v.74, p.1321-1336, 1991.
- CARMO, C.A. *Substituição do farelo de soja por uréia ou amiréia em dietas para vacas leiteiras em final de lactação*. Piracicaba:ESALQ, 2001. 74p. Dissertação (Mestrado em Agronomia).
- COOPER, A.J.L.; PLUM, F. Biochemistry and physiology of brain ammonia. *Physiological Reviews*, v.67, n.2, p.440-519, 1987.
- DIXON, R.M. Effects of addition of urea to a low nitrogen diet on the rumen digestion of a range of roughages. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.50, p.1091-1097, 1999.
- ESSIG, H.W.; HUNTINGTON, G.B.; EMERICK, R.J.; et al. Nutritional problems related to the gastro-intestinal tract. In: Church, D.C. (ed.). *The ruminant animal digestive physiology and nutrition*. New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1988. p.468-492.
- FARIA, V.P. Modalidade de utilização de uréia para bovinos. Piracicaba:ESALQ, 21p,1984.
- GONÇALVES, L.C., BORGES, A.L.C.C., RODRIGUEZ, N.M., et al. Valor nutritivo da silagem de milho adicionada de uréia e carbonato de cálcio e do rolão de milho. I - Consumo e digestibilidade aparente da matéria seca e a da proteína bruta e balanço de nitrogênio. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.50, n.3, p.309-315, 1998.
- HADDAD, C.M. Uréia em suplementos alimentares. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS - URÉIA PARA RUMINANTES, 2, 1984, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ. 1984. p.119-141.
- HARRIS JR, B. Usando os valores de nitrogênio uréico no leite (MUN) e nitrogênio uréico sanguíneo (BUN). *Infomilk*, v.1, n.1, p.1-4-, 1997.



- HOLTER, J.B., COLOVOS, N.F., DAVIS, H.A. et al. Urea for lactating dairy cattle. III. Nutritive value of rations of corn silage plus concentrate containing various levels of urea. *Journal of Dairy Science*, v.51, n.8, p.1243-1248, 1968.
- 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.
- LOOSLI, J.K.; McDONALD, I.W. *Nonprotein nitrogen in the nutrition of ruminants*. FAO Agricultural Studies, N° 73. Roma:FAO, 1968. 94p. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/004/AC149E/AC149E00.HTM> . Acesso em: novembro de 2006.
- LOPES, H.O.S., PEREIRA, E.A., NUNES, I.J. et al. Suplementação de baixo custo para bovinos: mineral e alimentar. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1998. 107p.
- MAYNARD, L.A.; LOOSLI, J.K.; HINTZ, H.F.; et al. *Animal Nutrition*. Trad. FIGUEIREDO, F. A.B.N. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984. 726p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). *Nutrients requirements of dairy cattle*. Washington, DC: Natl. Acad. Sc., 7a rev. ed., 2001. 408 p.
- NOLAN, J.V. Nitrogen kinetics. In: Forbes, F.M., France, F. *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. CAB International, 1993. 1ª ed, p. 123-145.
- OWENS, F.N.; ZINN, R. Protein metabolism of ruminant animals. In: Church, D.C. (ed.). *The ruminant animal digestive physiology and nutrition*. New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1988. p. 227-249.
- PENTREATH, M. *Uso da uréia agrícola ou pecuária como fonte de nitrogênio para ruminantes*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2005. 111p. Tese (Doutorado em Ciência Animal).
- PETROBRAS/EMBRAPA – Gado de Leite. *Uréia pecuária*. Informações técnicas. Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite – Juiz de Fora, MG. 1997, 15p.
- RANGEL, A. H. N.; CAMPOS, J. M. S.; VALADARES FILHO, S .C. et al. Desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar corrigida com farelo de soja e diferentes níveis de uréia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, Goiânia. *Anais...* Goiânia: UFG, 2005. CD-ROM
- ROJAS, S.A.S., RODRIGUEZ, N.M., PIZARRO, E.A. Efeito da uréia e do carbonato de cálcio na fermentação da silagem de milho. *Arquivos da Escola de Veterinária da UFMG*, v.32, n.3, p.407-414, 1980.
- RUSSEL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX,D.G.; et al. Net Carbohydrate and Protein System for evaluating cattle diets. I. Ruminant fermentation. *Journal of Animal Science*, v.70, p.3551-3561, 1992.
- RUSSEL, J.B.; ONODERA, R.; HINO,T. Ruminant protein fermentation: News perspectives on previous contradictions. In: TSUDA,T.; SASAKI,Y.; KAWASHIMA, R. (Ed.) *Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants*. New York: Academic Press, 1991. p.681-697.
- SANTOS, F.A.P. Metabolismo de proteínas. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G (Eds.). *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: Fundep, 2006. p.255-286.
- SANTOS, F.A.P.; SANTOS, J.E.P.; THEURER, C.B. et al. Effects of rumen-undegradable protein on dairy cow performance: A 12-year literature review. *Journal of Dairy Science*, v.81, p.3182-3213, 1998.
- SANTOS, F.A.P.; JUCHEM, S.O.; IMAIZUMI, H.; et al. Suplementação de fontes de proteína e de amido com diferentes degradabilidades ruminais para vacas em lactação. In: REUNIÃO



- ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, Piracicaba, 2001. *Anais...*Piracicaba:FEALQ, 2001. CD-ROM.
- SANTOS, G.T.; CAVALIERI, F.L.B.; MODESTO, E.C. *Recentes avanços em nitrogênio não protéico na nutrição de vacas leiteiras*. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOCULTURA DE LEITE: NOVOS CONCEITOS EM NUTRIÇÃO, 2, 2001. Lavras:UFLA, 2001. p.199-228.
- SANTOS, M.V.; AQUINO, A.A.; REAL, Y.L.V. et al. Efeito de níveis crescentes de uréia na dieta de vacas em lactação, sobre o consumo, produção e composição do leite. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, João Pessoa, 2006. *Anais...*João Pessoa:SBZ, 2006. CD-ROM.
- SATTER, L.D.; ROFFLER, R.E. Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v.58, n.8, p.1219-1237, 1975.
- SILVA, R.M.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Ureia para vacas em lactação. 1.Consumo, diestabilidade, produção e composição de leite. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.5, p.1639-1649, 2001.
- SONG, M.K.; KENNELY, J.J. Ruminal fermentation pattern, bacterial population and ruminal degradation of feed ingredients as influenced by ruminal ammonia concentration. *Journal of Dairy Science*, v.68, n.4, p.1110-1120, 1990.
- VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; et al. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. CQBAL 2.0. 2.ed Viçosa: UFV, 2006. 329p.
- VAN HORN, H.F.; FOREMAN, CF.; RODRIGUEZ, J.E. Effect of high supplementation on feed intake and milk production of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.50, p.709, 1968.
- VAN SOEST, P. J. *Nutritional ecology of the ruminants*. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VILELA, D. *Avaliação nutricional da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) submetido a emurhecimento e adição de uréia na ensilagem*. Viçosa: UFV, 1989. 186p. Tese (Doutorado)
- VILELA, D., MELLO, R.P., VILLAÇA, H.A. et al. Efeito da cama de aviário e da uréia na ensilagem do milho sobre o desempenho de vacas em lactação. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v.15, n.1, p.57-68, 1986.
- WISEK, W.J. Some aspects of ammonia toxicity in animal cells. *Journal of Dairy Science*, v.51, n.2, p.286-295, 1968.
- WISEK, W.J. Ammonia: Its effects on biological systems. Metabolic hormones and reproduction. *Journal of Dairy Science*, v.67, n.3, p.481-498, 1984.
- WILSON, G., MARTZ, F.A., CAMPBELL, J.R. et al. Evaluation of factors responsible for reduced voluntary intake of urea for ruminants. *Journal of Anim. Science*, v.41, n.5, p.1431-1437, 1975.
- WORD, J.D.; MARTIN, D.L. WILLIAMS, E.I. et al. Urea toxicity studies in the bovine. *Journal of Animal Science*, v.29, p.786, 1969.