

## FRACIONAMENTO DE CARBOIDRATO E PROTEÍNA SEGUNDO O SISTEMA CNCPS\*

*Simone Pedro da Silva<sup>1</sup>, Márcia Maria Cândido da Silva<sup>2</sup>*

### RESUMO

Objetivou-se com esse estudo descrever o sistema nutricional CNCPS bem como discutir sobre como ocorre a degradação ruminal das frações de proteína e carboidratos e como se dá o crescimento microbiano em função da disponibilidade desses nutrientes. O The Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) foi criado na Universidade de Cornell, nos EUA. Nesse sistema é possível simular os efeitos de ingestão do alimento, fermentação ruminal, digestão intestinal, absorção e metabolismo sobre a utilização do nutriente, e subsequente o desempenho animal. De acordo esse sistema, a proteína e os carboidratos utilizados na alimentação dos ruminantes são fracionados em relação à sua composição química, características físicas, degradação ruminal e digestibilidade intestinal. Com a estimativa dos parâmetros cinéticos dessas frações no trato gastrintestinal, é possível adequar o fornecimento de rações, visando à máxima eficiência de síntese de proteína microbiana. Ademais, é possível reduzir perdas energéticas e nitrogenadas decorrentes da fermentação ruminal pela melhor formulação de dietas visando maximizar a sincronização da degradação entre nitrogênio e carboidratos no rúmen.

**Palavras-chaves:** crescimento microbiano, disponibilidade, forrageiras

tropicais, ruminantes, taxa de degradação

### INTRODUÇÃO

A nutrição e a alimentação de ruminantes são áreas do conhecimento que necessitam de diferentes informações científicas para o desenvolvimento de técnicas a fim de nutrir adequadamente os animais de interesse zootécnico. Nesse sentido, recorrer aos estudos de bromatologia zootécnica é de extrema importância para conhecer a quantidade de nutrientes que o alimento é capaz de oferecer para satisfazer às necessidades do animal.

Os sistemas de avaliação de alimentos para ruminantes estão em contínua construção ao longo dos anos, passando a se intercalar cada vez mais com outras ciências, como a física, matemática e estatística, o que torna esses sistemas mais complexos. Considerando a evolução do conhecimento sobre esses sistemas, atenção especial tem sido dada ao The Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS). Nesse sistema é possível realizar simulações da resposta animal sob várias condições de produção, detalhando-se com maior acuidade os alimentos, animais, manejo e as condições ambientais, de maneira a capacitar o zootecnista a identificar fontes que podem exercer maiores variações no desempenho animal.

\* Artigo recebido em: 21/07/2013

Aceito para publicação em: 19/12/2013

<sup>1</sup> Zootecnista, Doutora, Bolsista de pós doutorado do CNPQ na Universidade Federal de Uberlândia. Faculdade de Medicina Veterinária – FAMEV. Campus Umuarama - Bloco 2T. Av. Pará, 1720 - Bairro Umuarama. Uberlândia - MG - CEP 38400-902. Email: simone.psilva@hotmail.com

<sup>2</sup> Engenheira Agrônoma e Zootecnista, Doutora em Zootecnia, Bolsista de pós doutorado na Universidade Federal de Viçosa

De acordo com o sistema CNCPS, a proteína e os carboidratos utilizados na alimentação dos ruminantes são fracionados em relação à sua composição química, características físicas, degradação ruminal e digestibilidade intestinal. Com a estimativa dos parâmetros cinéticos dessas frações no trato gastrintestinal, é possível adequar o fornecimento de rações, visando à máxima eficiência de síntese de proteína microbiana. Ademais, é possível reduzir perdas energéticas e nitrogenadas decorrentes da fermentação ruminal pela melhor formulação de dietas visando maximizar a sincronização da degradação entre nitrogênio e carboidratos no rúmen.

Nos sistemas de produção de ruminantes, a alimentação representa a maior parcela dos gastos, variando de 50 a 75% dos custos totais. A formulação de dietas balanceadas, com objetivo de atender exigências nutricionais dos animais com baixo custo, é de extrema importância para aqueles que lidam com a criação de ruminantes. De fato, o desempenho produtivo do animal está intrinsecamente relacionado à sua alimentação, e o seu custo influencia no orçamento final, estando diretamente ligado ao lucro da empresa, com grande impacto sobre a rentabilidade da criação de ruminantes.

Nesse sentido, objetivou-se com esse estudo descrever o sistema nutricional CNCPS bem como discutir sobre como ocorre a degradação ruminal das frações de proteína e carboidratos e como se dá o crescimento microbiano em função da disponibilidade desses nutrientes.

### **O CORNELL NET CARBOHYDRATE AND PROTEIN SYSTEM (CNCPS)**

O sistema Weende para análise proximal é utilizado para medir componentes como fibra bruta, extrato etéreo, matéria seca e nitrogênio total, sendo o extrato não-nitrogenado (ENN) calculado por diferença. Entretanto, este sistema não pode ser usado para

predizer de forma mecanicista o crescimento microbiano, porque a fibra bruta não representa toda a fibra dietética, o extrato não nitrogenado (ENN) não representa acuradamente os carboidratos não-fibrosos e a proteína precisa ser descrita por frações relacionadas com as suas características de degradação ruminal. (FOX, 2003). Este sistema foi amplamente utilizado, por mais de um século, na quantificação da proteína e energia sem levar em consideração as diferentes frações disponíveis nos alimentos.

O The Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) foi criado na Universidade de Cornell, Ithaca, NY nos EUA, a quase 30 anos atrás, por uma equipe liderada por pesquisadores do departamento de Zootecnia daquela instituição. As versões prévias do CNCPS são: Versão 1.0 de 1991, Versão 2.0 de 1993, Versão 3.0 de 1994, Versão 4.0 de 2000, Versão 5.0 de 2003, Versão 6.0 de 2007 e a última Versão 6.1 de 2008 e atualmente disponível para utilização. Cada nova versão contém alterações que melhoram a precisão do modelo CNCPS e facilidade de utilização do software de computador.

Nesse sistema é possível simular os efeitos de ingestão do alimento, fermentação ruminal, digestão intestinal, absorção e metabolismo sobre a utilização do nutriente, e subsequente o desempenho animal. Trata-se de um modelo com base mecanicista, ou seja, baseado em teorias ou princípios biológicos, químicos e físicos conhecidos, com o objetivo de melhorar os modelos de predição da resposta animal, bem como otimizar o uso de recursos disponíveis nas propriedades e reduzir o impacto ao meio ambiente, tais como excesso de nutrientes no solo e sobre a qualidade da água. Difere de modelos empíricos, que são baseados em relacionamentos derivados diretamente de observações sobre o sistema, neste caso o organismo dos animais.

Desde 1980, submodelos separados, que podem ser

classificados pela função fisiológica tem sido desenvolvidos e refinados no CNCPS: (1) Consumo e composição dos alimentos, (2) fermentação ruminal, (3) digestão intestinal, (4) metabolismo, (5) manutenção, (6) crescimento, (7) gestação, (8) lactação, (9) reservas e (10) excreção de nutrientes. Informações novas têm sido periodicamente incorporadas a estes modelos.

O CNCPS assume que os alimentos são compostos por proteína, carboidratos, gorduras, minerais, vitaminas e água. Carboidratos e proteínas são subdivididos pela composição química, características físicas, por suas taxas de degradação e características de digestibilidade pós-ruminal, de modo a poder predizer valores de energia líquida e de proteína metabolizável para cada alimento, com base nas interações entre essas variáveis.

As frações de carboidratos e proteínas bem como suas taxas de degradação são utilizadas para computar a quantidade de nutrientes disponíveis para dar suporte à fermentação ruminal para cada um dos grupos de microrganismos, conforme descrito por Russel et al. (1992).

## PROTEÍNA

A proteína contida nos alimentos dos ruminantes é composta por uma fração degradável no rúmen (PDR) e uma fração que escapa da degradação ruminal (PNDR). A degradação de proteínas no rúmen ocorre por meio da ação de enzimas secretadas pelos microrganismos ruminais (ØRSKOV & McDONALD, 1979).

As exigências em proteína metabolizável dos ruminantes são atendidas pela proteína microbiana sintetizada no rúmen e pela proteína dietética que escapa à fermentação ruminal, o que torna a nutrição proteica dos ruminantes bastante complexa.

As gramíneas de clima tropical possuem teores de proteína bruta (PB) inferiores ao das espécies de clima

temperado. Grande parte dessas gramíneas apresenta teores de PB inferiores a 100 g/kg de MS, que pode ser insatisfatório para o atendimento de exigências para alguns níveis de crescimento e produção de leite. Esse baixo teor de PB é devido à presença da via fotossintética C<sub>4</sub>. As plantas C<sub>4</sub> têm maior eficiência na retirada de CO<sub>2</sub> do meio, e com isso possuem menores proporções da enzima Rubisco que as C<sub>3</sub>, apresentando assim menores concentrações de nitrogênio em seus tecidos fotossinteticamente ativos. Além disso, apresentam uma maior densidade de feixes vasculares em relação às C<sub>3</sub>. Esses feixes vasculares são circundados por células da bainha parenquimática, ou seja, apresentam uma maior proporção de carboidratos fibrosos.

As leguminosas com anatomia foliar típica de espécies C<sub>3</sub> apresentam teores proteicos mais elevados (166 g/kg de MS) e suas folhas possuem os feixes vasculares circundados por uma bainha de parede espessa na face interna e uma bainha de parede mais delgada externamente. Seus feixes vasculares são separados por um mesofilo com células esparsamente arranjadas. Nas gramíneas C<sub>4</sub>, existe uma bainha de células grandes e com parede celular até cinco vezes mais espessa do que as células do mesofilo, em torno do feixe vascular.

O teor de proteína nas espécies forrageiras é maior nos estádios vegetativos iniciais da planta e diminuem à medida que as mesmas atingem a maturidade. Os maiores teores de proteína ocorrem nas folhas, que possuem alto valor biológico, com composição aminoacídica de alta qualidade.

O modelo denominado CNCPS apresenta um procedimento mais complexo para determinar a PDR e PNDR dos alimentos. Esse modelo utiliza reagentes químicos para determinar as frações proteicas que são divididas em cinco: A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> e C. A fração A representa os componentes nitrogenados de natureza

não proteica (NNP) que é instantaneamente solubilizada e sua taxa de degradação tende ao infinito, sua determinação química é realizada como a proporção da proteína solúvel em solução de tampão borato-fosfato que não precipita em ácido tricloroacético (TCA). A fração C representa a proteína que está ligada a FDA e não é degradada no rúmen, contém proteínas associadas à lignina, taninos e produtos da reação de Maillard, sendo conhecida como proteína insolúvel em detergente ácido, ou PIDA. A fração B representa a fração potencialmente degradável e é dividida em três frações de acordo com suas taxas de degradação, sujeitas aos efeitos de passagem. A fração B<sub>1</sub> representa a fração da proteína solúvel em tampão borato-fosfato, mas que precipita em TCA (rapidamente degradada no rúmen). A fração B<sub>3</sub> é calculada como a diferença entre a fração da proteína recuperada no resíduo insolúvel em detergente neutro (FDN) e a recuperada no resíduo insolúvel em detergente ácido (FDA). Essa fração representa a proteína potencialmente degradável existente na parede celular das plantas, sendo lentamente degradada no rúmen. A fração B<sub>2</sub> representa a fração de proteína insolúvel em tampão-borato presente no conteúdo celular, sendo obtida pela diferença entre o valor total da proteína do alimento e a soma das frações A, B<sub>1</sub>, B<sub>3</sub> e C e apresenta taxa de degradação intermediária (LICITRA et al., 1996).

Porém, em alguns trabalhos, tem-se utilizado somente quatro frações protéicas (A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e C) em vez de cinco (A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> e C), devido às frações B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> encontrarem-se no conteúdo celular e se comportarem de forma nutricionalmente uniforme. (VAN SOEST, 1994; BRODERICK, 1995; FAVORETO et al., 2008 ). Além disso, as técnicas laboratoriais utilizadas nesse fracionamento são mais simples, tornado tais procedimentos mais acessíveis às análises de rotinas nos laboratórios.

Malafaia et al.(1997) encontraram

para o capim tifton-85 com 60 dias de rebrotação os teores das frações protéicas A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> e C de 17,38; 2,54; 36,18; 26,95 e 16,95% respectivamente. Cabral et al. (1999a) verificaram com a mesma gramínea, colhida com 30 cm (14,7% PB) e 50 cm (9,9% PB) as proporções das frações protéicas A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> e C de 12,4 e 26,8; 9,2 e 4,0; e 29,4 e 23,5; 40,8 e 34,2; e 8,3 e 11,4% da PB, respectivamente.

Ribeiro et al. (2001) avaliaram fenos de capim-tifton 85 sob idades de rebrotação (28, 35, 42 e 56 dias) e verificaram que os valores das frações protéicas A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> e C, expressos como percentagem da PB, variaram entre 22,10 a 35,53%; 0,24 a 4,55%; 30,37 a 31,34%; 26,55 a 36,62%; e 5,75 a 6,76%, respectivamente, nos fenos com idades de 28 a 56 dias. Neste trabalho, a proporção de proteína com taxa de degradação intermediária (B<sub>2</sub>) foi semelhante entre as idades, enquanto que a fração B<sub>3</sub> foi similar entre os fenos mais jovens. Os autores sugeriram que, quanto maior os valores das frações A e B<sub>1</sub>, maior é a necessidade de suprimento de carboidratos de rápida degradação para adequado sincronismo de fermentação de proteína e carboidratos no rúmen.

Felisberto (2007) fracionou a proteína do feno de capim-tifton 85 colhido com 30 dias, 15,7% PB e 76,94% FDN, e verificou que as frações A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> e C, foram, respectivamente, 20,57; 2,94; 34,71; 35,99 e 5,78% PB. Em trabalhos com a mesma planta forrageira avaliadas nas idades de 28, 42, 63 e 84 dias, Gonçalves et al. (2003) encontraram os valores de 23,0; 4,4; 31,3; 25 e 17,4% das respectivas frações A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> e C para a idade de 28 dias, bem como 19,8; 0,4; 31,4; 26,2 e 22,8% em plantas com 84 dias. Estes autores observaram redução na qualidade do feno com o aumento da idade, na medida em que as frações A+B<sub>1</sub> decresceram linearmente e a fração C aumentou.

Os teores de nitrogênio ligados

aos compostos da parede celular tendem a aumentar com a idade fisiológica da planta, principalmente, aquela fração ligada a FDA. Lima et al. (1999) encontraram redução linear na fração da proteína de lenta degradação (fração B<sub>3</sub>) e aumento da fração C com a maturidade de plantas de tifton- 85 (*Cynodon dactylon*), bahia (*Paspalum notatum*) e floralta (*Hemarthria altissima*) (BALSALOBRE, 2002).

## CARBOIDRATOS

Os carboidratos são os principais constituintes das plantas forrageiras, correspondendo de 50 a 80% da MS das forrageiras e cereais. As características nutritivas dos carboidratos das forrageiras dependem dos açúcares que os compõem, das ligações entre eles estabelecidas e de outros fatores de natureza físico-química (VAN SOEST, 1994). A fermentação de carboidratos no rúmen leva à produção de ácidos graxos voláteis, que são as principais fontes de energia para os ruminantes. A composição química, características físicas e cinéticas de digestão são características dos carboidratos que influenciam o consumo de matéria seca, digestão e utilização da ração total (MERTENS, 1992)

Os carboidratos são classificados em estruturais, presentes na parede celular, e não estruturais presentes no conteúdo celular (SNIFFEN et al., 1992). Porém, a pectina trata-se de um carboidrato estrutural presente na parede celular, mas que possui taxa de degradação similar ao dos constituintes do conteúdo celular. Dessa forma, a classificação proposta por Sniffen et al. (1992) refere-se às características estruturais que os carboidratos apresentam na planta e não às características nutricionais.

Em termos nutricionais, a classificação dos carboidratos em fibrosos (CF) e não-fibrosos (CNF) tem por base as características nutritivas e não a função estrutural exercida na planta. Nessa classificação, os CNF

representam as frações degradadas mais rapidamente e incluem os açúcares, amido e a pectina. Os carboidratos fibrosos (CF) estão presentes na parede celular e incluem a celulose e a hemicelulose, os quais são lentamente degradados e ocupam espaço no trato gastrointestinal (TGI).

Associados à parede celular podem ser encontrados componentes químicos de natureza diversa, como a lignina. Esta tem a natureza de um polímero fenólico que se associa aos carboidratos fibrosos, celulose e hemicelulose, durante o processo de formação da parede celular e está correlacionada à indigestibilidade dos nutrientes.

A planta forrageira de clima tropical, em relação àquela de clima temperado, é caracterizada por baixos teores de carboidratos não fibrosos e pela elevada proporção de carboidratos fibrosos. Esta característica é de natureza anatômica e ocorre devido à alta proporção de tecidos vasculares, comuns nas plantas C<sub>4</sub> (VAN SOEST, 1994).

Os níveis de carboidratos fibrosos são bem mais elevados em gramíneas que em leguminosas, e nos caules em relação às folhas. Com o avançar da maturidade, verificam-se aumentos nos teores de carboidratos fibrosos e redução nos carboidratos não fibrosos. Isso influencia a digestibilidade da forragem, que declina mais drasticamente para as gramíneas que para as leguminosas.

Segundo o sistema CNCPS os carboidratos totais são classificados em quatro frações, de acordo com suas taxas de degradação no rúmen:

Fração A - açúcares solúveis prontamente degradados e que apresentam taxa de digestão de 250 a 500%/h;

Fração B<sub>1</sub> - compreende os carboidratos não-fibrosos (amido e pectina) com fermentação intermediária de 30 a 70%/h;

Fração B<sub>2</sub> - compreende os carboidratos fibrosos, celulose e hemicelulose, com lenta taxa de



degradação (3 a 20%/h);

Fração C - parte indegradável dos componentes fibrosos presentes na parede celular, composta principalmente pela lignina (NRC, 1996).

O modelo CNCPS considera como carboidratos fibrosos as frações B<sub>2</sub> e C, que representam, respectivamente, a fibra potencialmente digestível e a indisponível, ambas presentes na parede celular. Os carboidratos não-fibrosos são representados pelas frações A e B<sub>1</sub>, que correspondem aos açúcares, amido e pectina. Esta última, apesar de estar presente na parede celular das plantas, apresenta degradação ruminal próxima aos constituintes do conteúdo celular.

Segundo o sistema CNCPS, os carboidratos não-fibrosos (açúcares, amido e pectinas) são computados como 100 - (PB + FDN<sub>cp</sub> + EE + MN), em que PB, FDN<sub>cp</sub>, EE e MN correspondem, respectivamente, à proteína bruta, fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, extrato etéreo e minerais. Para análise de açúcares (fração A), utiliza-se tanto a reação fenol/ácido sulfúrico ou a reação de antrona. O método para determinação do amido consiste no AOAC 996.11 (AOAC, 1995). Pectinas e outros carboidratos solúveis são determinados indiretamente, pela diferença entre a fibra dietética total (FDT) e a fibra em detergente neutro, corrigindo ambas para cinzas e nitrogênio. A fração B<sub>1</sub> é obtida pela soma do amido e pectinas. A fração C é estimada pela multiplicação da concentração de lignina pelo fator 2,4. O ensaio recomendado para lignina é a hidrólise dos resíduos do procedimento de fibra em detergente ácido, em ácido sulfúrico 72% (VAN SOEST et al., 1991). A fibra disponível (fração B<sub>2</sub>) é obtida como FDN<sub>p</sub> - Fração C. O CNCPS não disponibiliza procedimentos laboratoriais de como obter taxas de degradações dos carboidratos.

Alguns trabalhos foram conduzidos no Brasil para avaliar as

frações de carboidratos em forrageiras tropicais. Nesse sentido, Cabral et al. (1999b) avaliaram o capim tifton-85 sob duas alturas de corte (30 e 50 cm) e verificaram que, para a altura de 30 cm, os valores das frações A + B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e C foram, respectivamente, 14,67; 68,72 e 16,60%; já para a altura de 50 cm, os valores corresponderam à 11,87; 68,76 e 19,37%, respectivamente. Com o acréscimo da altura da planta, ocorreu aumento da fração C em 17%, redução dos carboidratos não fibrosos em 19%, e pouca variação nos teores da fração B<sub>2</sub>. O aumento da fração C pode ser em parte, atribuída ao aumento da concentração de lignina na FDN em 23%. Neste trabalho, foi observado que, a grande totalidade dos carboidratos correspondeu à fração B<sub>2</sub>. Realmente, alimentos volumosos com altos teores de FDN possuem maior proporção da fração B<sub>2</sub>, ou seja, fibra potencialmente digestível. Dessa forma, dietas à base desses volumosos suportam melhor o crescimento de microrganismos que utilizam carboidratos fibrosos. Portanto, a utilização de nitrogênio não-protéico (NNP) ou de fontes protéicas de lenta degradação no rúmen é desejável (Cabral, 1999b), haja vista que os microrganismos que degradam a fibra utilizam, como única fonte de nitrogênio, a amônia, oriunda da degradação de fontes de NNP. Além disso, como a fibra é lentamente degradável, o uso de fontes protéicas de baixa degradação no rúmen é apropriado, pois permite melhor sincronismo de degradação entre carboidratos e proteínas.

Em outro experimento, o capim-tifton 85 foi avaliado aos 60 dias por Malafaia et al.(1997), que encontraram valores de 5,45; 74,38 e 20,17%, respectivamente, para as frações A + B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e C. O incremento da fração C e a redução das frações A + B<sub>1</sub> implica em redução na disponibilidade de energia para os microrganismos que fermentam carboidratos fibrosos e não-fibrosos, o que poderia influir na eficiência de síntese de proteína microbiana e, ainda, conduzir à perdas

de N no rúmen, se por ventura forem utilizados suplementos protéicos de média ou rápida degradação.

Nos trabalhos anteriormente citados, o fracionamento dos carboidratos foi realizado da seguinte maneira: carboidratos totais foram calculados pela fórmula  $CHOT = 100 - (\%PB + \%EE + \%Cinzas)$ ; fração C foi obtida a partir do resíduo indigerível após 72 horas de incubação com líquido de rúmen (MERTENS, 1987) ou pela multiplicação do resíduo de lignina pela constante 2,4; fração B<sub>2</sub> foi determinada a partir da subtração da FDNp pela fração C; e os carboidratos não-fibrosos (CNF) foram quantificados pela fórmula:  $CNF = 100 - (\%PB + \%FDNcp + \%EE + \%Cinzas)$  de acordo com Sniffen et al. (1992). Dessa forma, observa-se que não foi realizado o fracionamento dos CNF em açúcares, amido e pectina, o que possivelmente se deve à dificuldade em analisar esses constituintes isoladamente no laboratório, de maneira a facilitar a formulação das dietas para ruminantes.

Ribeiro et al. (2001) avaliaram fenos de capim-tifton 85 colhidos em várias idades e encontraram valores das frações de carboidratos A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e C de 5,44; 2,35; 78,62 e 13,59%, respectivamente, para o feno com 28 dias. Essas mesmas frações foram, respectivamente, de 3,51; 2,03; 80,59 e 13,87% para o feno com 35 dias; 3,17; 2,09, 79,12 e 15,62% para o feno com 42 dias, e 2,73; 1,91; 77,49; 17,87% para o feno com 56 dias.

As frações A e B<sub>1</sub> dos carboidratos obtidas no trabalho anterior foram calculadas segundo equações propostas por Sniffen et al. (1992):

Fração B<sub>1</sub>(%CHOS) =  $\text{Amido} (\%CNE) \cdot (100 - B_2 (\%CHOS) - C(\%CHOS)) / 100$ ; Fração A (%CHOS) =  $(100 - \text{Amido} (\%CNE)) \cdot (100 - B_2 (\%CHOS) - C(\%CHOS)) / 100$ , em que %CNF = valor na base da MS. Os teores de açúcares totais e de amido foram determinados por reação com antrona, conforme metodologia descritas, respectivamente, por Hodge

& Hofreiter (1962) e por McCready et al. (1950), modificado por Patel (1970). Apesar de terem sido realizadas as separações das frações A e B<sub>1</sub>, verifica-se que a fração B<sub>1</sub> é constituída apenas de amido e não de pectina, como descrito no sistema CNCPS. Além disso, a obtenção das estimativas das taxas de degradação dessas frações foi realizada para as duas frações em conjunto (A+B<sub>1</sub>). Possivelmente, tais procedimentos foram adotados pela dificuldade em separar as degradações dessas frações através de modelos matemáticos.

Dessa forma, o que se observa é que, apesar de, em vários trabalhos, os autores terem realizado o fracionamento de carboidratos, poucos realmente utilizaram os procedimentos recomendados pelo CNCPS para a separação das frações. Isso, possivelmente, é devido às dificuldades de execução das análises laboratoriais proposta pelo sistema CNCPS.

## DEGRADAÇÃO RUMINAL DAS FRAÇÕES DOS CARBOIDRATOS E COMPOSTOS NITROGENADOS

O CNCPS por meio de trabalhos realizados por Sniffen et al. (1992) e Russell et al. (1992), enfatiza a necessidade da sincronização na degradação de compostos nitrogenados e carboidratos no rúmen, para que se obtenha a máxima eficiência de síntese de proteína microbiana, bem como redução nas perdas energéticas e nitrogenadas decorrentes da fermentação ruminal. Através de modelos mecanicistas é possível estimar a quantidade de proteína microbiana sintetizada, escape ruminal de nutrientes e proteína metabolizável, a partir dos dados relativos às frações de carboidratos e proteínas e suas respectivas taxas de degradação ruminal.

O conhecimento da cinética da degradação ruminal da proteína dos alimentos é fundamental para formular dietas com quantidades adequadas de

proteína degradável no rúmen, a fim de suprir as necessidades dos microrganismos ruminais e adequadas quantidades de proteína não degradável no rúmen.

As frações de carboidratos bem como suas taxas de degradação são utilizadas para computar a quantidade de nutrientes disponíveis para dar suporte à fermentação ruminal para cada grupo de microrganismo. Segundo Nocek & Russell (1988), a taxa de digestão do alimento no rúmen e, particularmente, o sincronismo entre a taxa de digestão das proteínas e dos carboidratos podem ter importante efeito sobre os produtos finais da fermentação e, conseqüentemente, sobre a produção animal.

Alimentos com altas proporções das frações proteicas A e B<sub>1</sub>, e com as respectivas taxas de digestão elevadas, podem ocasionar grandes perdas de amônia, quando não suplementados com fontes de carboidratos de rápida degradação ruminal. Nesse sentido, para que ocorra eficiente síntese microbiana no rúmen, torna-se necessário bom sincronismo na fermentação de proteínas e carboidratos, com o objetivo de se obter melhorias no desempenho animal (NOCEK & RUSSELL, 1988).

As estimativas das taxas de digestão das frações nitrogenadas têm sido obtidas por intermédio de diferentes métodos, sendo o método *in vitro* com proteases oriundas de *Streptomyces griseus* o mais utilizado (KRISHNAMOORTHY et al., 1983). A ação dessas proteases apresenta atividade máxima em pH 8, daí decorrem as críticas ao uso dessas enzimas para obtenção das taxas de degradação (BRODERICK, 1995). Entretanto, Cone et al. (1996) compararam o escape de proteína predito pelo método *in vitro*, usando proteases originárias do *S. griseus*, com o escape de proteína predito a partir do método *in situ*, e concluíram que o uso das proteases permitia obter, de forma rápida, o percentual de escape da proteína dietética. Dessa

forma, a obtenção de estimativas das taxas de degradação das frações proteicas utilizando proteases oriundas de *Streptomyces griseus* (KRISHNAMOORTHY et al., 1983), são válidas e recomendadas pelo sistema CNCPS. Além disso, sua utilização é menos laboriosa quando comparada ao isolamento das proteases do rúmen.

A utilização de enzimas proteolíticas isoladas do rúmen (KOHN & ALLEN, 1995; MALAFAIA & VIEIRA, 1997; MALAFAIA et al., 1997) trata-se de uma alternativa ao uso de protease comercial devido ao alto custo elevado desta última. Contudo, as predições com base neste método devem ser verificadas por meio da comparação com os valores obtidos *in vivo* (VIEIRA et al., 2000a).

As técnicas de avaliação dos parâmetros cinéticos da degradação ruminal dos alimentos compreendem estudos sobre o desaparecimento da massa de amostra incubada ao longo do tempo de incubação, denominada técnica gravimétrica, ou a quantificação da produção cumulativa de gases CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>, oriunda da atividade microbiana ruminal a partir da fermentação de uma amostra em líquido ruminal tamponado, durante o período de incubação, conhecida como técnica metabólica (MENKE et al., 1979; PELL & SCHOFIELD, 1993; THEODOROU et al., 1994).

Determinadas frações dos alimentos apresentam um período de latência em que não se verifica a degradação do substrato. Durante esse período, pode ocorrer hidratação das partículas do alimento, remoção de substâncias inibidoras, eventos ligados à adesão e efetiva colonização das partículas do alimento pelos microrganismos ruminais, de modo que, antes do término desta fase, o alimento permanece inalterado no rúmen, a não ser por ação mecânica. Os processos envolvidos durante o período de latência inicial são dependentes do tempo, pois são realizados gradualmente ao longo do tempo. Essa dependência do tempo, possivelmente explica a curvatura



inicial presente em gráficos de degradação *in vitro* ou *in situ* (VIEIRA et al., 2008). Desse modo, é justificável a utilização de modelos que determinam a contribuição do período de latência como tempo-dependente sobre a cinética de degradação ruminal (MERTENS, 1977; McDONALD, 1981; PEREIRA, 1992; VIEIRA et al., 2008).

Malafaia et al. (1997) avaliaram a cinética ruminal das frações proteicas de algumas gramíneas tropicais, como o capim tifton-85, capim-elefante, *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens*, e encontraram para a fração B<sub>1</sub> da proteína taxas de degradações que variaram de 1,913 à 0,697 e 1,322 à 0,783 h<sup>-1</sup>, respectivamente. Para essas mesmas plantas as frações B<sub>2</sub> e B<sub>3</sub> variaram de 0,013 e 0,001; 0,017 e 0,0006; 0,011 e 0,002; 0,011 e 0,009 h<sup>-1</sup>, respectivamente. As taxas de degradações das frações proteicas foram realizadas utilizando proteases extraídas do líquido ruminal, segundo técnica proposta por Kohn & Allen (1995).

Cabral et al. (1999a) ao medirem as taxas de digestão das frações nitrogenadas em proteases extraídas do rúmen, obtiveram para o capim-tifton 85 com 30 e 50 cm de altura, respectivamente, taxas de degradação de 0,615 e 1,220 h<sup>-1</sup> para a fração B<sub>1</sub>. Para as frações B<sub>2</sub> e B<sub>3</sub> foram encontrados valores de 0,016; 0,033 e 0,049; 0,087 h<sup>-1</sup>, respectivamente. As taxas de degradações dos carboidratos encontradas na fração solúvel em detergente neutro e B<sub>2</sub> foram de 0,222; 0,039 e 0,227; 0,049 h<sup>-1</sup>, para as plantas colhidas com 30 e 50 cm de altura, respectivamente.

Ribeiro et al. (2001), ao avaliarem o feno de capim-tifton 85, encontraram valores para as taxas de degradação das frações proteicas entre 0,319 e 1,324; 0,072 e 0,094; e 0,008 e 0,012 h<sup>-1</sup>, respectivamente, para as frações proteicas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e B<sub>3</sub>, nos fenos entre 28 e 56 dias de idade. As taxas de digestão das frações A+B<sub>1</sub> de

carboidratos, pouco variaram entre os fenos de diferentes idades, apresentando valores entre 0,181 e 0,200 h<sup>-1</sup>. Para a fração B<sub>2</sub> dos carboidratos a variação da taxa de degradação foi de 4,00 a 4,66 %/h, sendo os menores valores para plantas de maior idade fisiológica. Segundo esses autores alimentos com altas proporções das frações proteicas A e B<sub>1</sub>, com as respectivas taxas de digestão elevadas, podem ocasionar maiores perdas de amônia, quando não suplementados com fontes de carboidratos de rápida degradação ruminal. Necessita-se, assim, de bom sincronismo na fermentação de proteínas e carboidratos, para eficiente síntese microbiana no rúmen e consequente melhoria no desempenho animal.

Vieira et al. (2000b) avaliaram as taxas de degradações das frações de carboidratos nas amostras de extrusa em pastagens nativas coletadas em duas épocas do ano (período das águas e período da seca). Verificaram redução significativa da taxa de degradação da fração potencialmente degradável dos carboidratos fibrosos. Na estação do período das águas, a fração B<sub>2</sub> foi degradada mais rapidamente pelos microrganismos (0,090 h<sup>-1</sup>); logo, conclui-se que a taxa de degradação diminuiu no material consumido pelos animais durante a estação seca (0,062 h<sup>-1</sup>).

## FERMENTAÇÃO RUMINAL E CRESCIMENTO MICROBIANO

O submodelo do rúmen, que prediz a fermentação e a digestão dos alimentos, é de grande importância ao CNCPS. A quantidade e a qualidade dos produtos da fermentação são dependentes dos tipos e atividades dos microrganismos, sendo o ecossistema ruminal bastante diverso (SNIFFEN et al., 1992).

A fermentação ruminal, por apresentar inúmeras inter-relações entre os diversos microrganismos, tem confundido as previsões do

desempenho animal a partir dos ingredientes dietéticos. Dessa forma, muitos pesquisadores da área pressupõem que o ecossistema ruminal é tão complexo que não pode ser entendido ou descrito em termos quantitativos (RUSSELL et al., 1992).

O CNCPS, descrito por Russell et al. (1992) e Sniffen et al. (1992) propõe a divisão do ecossistema ruminal em dois grupos microbianos. Os microrganismos que fermentam carboidratos fibrosos (CF) e microrganismos que fermentam carboidratos não-fibrosos (CNF). Geralmente, os microrganismos que fermentam carboidratos fibrosos (celulose e hemicelulose) crescem mais lentamente, e utilizam amônia como preferencial fonte de nitrogênio para síntese de proteína microbiana. Em contraste, os microrganismos que fermentam carboidratos não-fibrosos (amido, pectina e açúcares) crescem mais rapidamente e podem utilizar amônia e aminoácidos como fontes de nitrogênio. Os microrganismos fermentadores de CF e CNF têm diferentes requerimentos de manutenção e o CNCPS estima 0,05 e 0,15 g de carboidratos por g de microrganismo por hora, respectivamente, e a eficiência de crescimento das bactérias que digerem CNF é otimizada na presença de 14% de peptídeos como porcentagem de CNF. Assim, o requerimento de proteína degradável é para suportar a ótima utilização de CNF e CF para atender aos respectivos requerimentos de crescimento microbiano (FOX, 2003).

A taxa de crescimento microbiano de cada categoria é diretamente proporcional à taxa de digestão de carboidratos, desde que uma adequada fonte de nitrogênio esteja disponível. Uma deficiência de nitrogênio no rúmen reduz o crescimento microbiano e a digestão da fibra. Baseado no modelo publicado por Tedeschi et al. (2000) e Fox et al. (2004) o submodelo do rúmen do CNCPS é sensível aos efeitos de uma deficiência de nitrogênio ruminal sobre as taxas de digestão da forragem. Com uso desse modelo, é

possível quantificar redução na quantidade de bactérias que utilizam carboidratos fibrosos e dessa forma contabilizar a queda na fermentação desses, ocasionados por deficiência de nitrogênio no rúmen.

De fato, alguns estudos (SILVA et al., 2010; SILVA et al., 2013;) já foram realizados para verificar quais nutrientes são limitantes para o desempenho animal. De acordo com Silva et al. (2013) foi possível através do fracionamento de proteína e carboidratos das forrageiras leucena, amoreira e capim tifton-85 verificar quais nutrientes foram limitantes para máxima síntese de proteína microbiana e desempenho animal, o que evidencia a importância do uso do modelo Cornell em propiciar maior eficiência na utilização dos nutrientes pelos ruminantes.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em vários trabalhos o que se observa é que, apesar de, os autores realizarem o fracionamento de carboidratos e proteína, poucos realmente utilizam os procedimentos recomendados pelo CNCPS para a separação das frações. Isso, possivelmente, é devido às dificuldades de execução das análises laboratoriais proposta pelo sistema CNCPS, sendo essa a principal limitação ao uso do modelo na avaliação nutricional de forrageiras, uma vez que são técnicas laboriosas e onerosas.

No entanto, a utilização do modelo CNCPS permite realizar simulações de consumo e desempenho animal o que possibilita identificar quais nutrientes estão sendo limitantes ao máximo desempenho. Além de que, tal ferramenta de simulação é de grande importância nos sistemas de produção para realização de planejamento no campo.

## FRACTIONATION OF CARBOHYDRATE AND PROTEIN BY CNCPS SYSTEM

**ABSTRACT**

The aim of this study was to describe the CNCPS nutritional system and discuss about how the ruminal degradation of fractions of protein and carbohydrates occurs and how is the microbial growth due to their availability of these nutrients. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) was created at Cornell University, USA. In this system is possible to simulate the effects of feed intake, ruminal fermentation, intestinal digestion, absorption and metabolism, and subsequent animal performance. At the CNCPS protein and carbohydrates used in ruminant feed is fractionated using relation to their chemical composition, physical characteristics, ruminal degradation and intestinal digestibility. With estimates of the kinetic parameters of these fractions in the gastrointestinal tract, it is possible to adjust the supply of feeds aiming at maximum efficiency of microbial protein synthesis. Moreover, it is possible to reduce energy losses and nitrogen resulting from ruminal fermentation by best diet formulation in order to maximize the synchronization between nitrogen and carbohydrate degradation in the rumen.

**Key-words:** availability, degradation rate, microbial growth, ruminants

**REFERÊNCIAS**

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC International**. 16. ed., Washington: AOAC, 1995. 1018p.

BALSALOBRE, M.A.A. **Valor alimentar do capim Tanzânia irrigado**, 2002, 113p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

BRODERICK, G.A. Methodology for the determining ruminal degradability of

feed proteins In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, Viçosa, 1995. **Anais...** Viçosa: DZO, 1995, p.139-176.

CABRAL, L.S., VALADARES FILHO, S.C., MALAFAIA, P.A.M. et al. Frações protéicas de alimentos tropicais e suas taxas de digestão estimadas através da incubação com proteases oriundas da microbiota ruminal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999. Porto Alegre, 1999. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999a.

CABRAL, L.S., VALADARES FILHO, S.C., MALAFAIA, P.A.M., et al. Frações de carboidratos de volumosos tropicais e suas taxas de degradação estimadas através da técnica de produção de gases. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, Porto Alegre, 1999. **Anais...**Porto Alegre: SBZ, 1999b.

CONE, J.W., VAN GELDER, A.H., STEG, A. et al. Prediction of in situ rumen escape protein from in vitro incubation with protease from *Streptomyces griseus*. **Journal of the Science Food and Agriculture**,v.72, p.120-126, 1996.

FAVORETO, M.G.; DERESZ, F.; FERNANDES, A.M. et al. Avaliação nutricional da grama-estrela cv. Africana para vacas leiteiras em condições de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p. 319-327, 2008.

FELISBERTO, N.R.O.; **Digestibilidade total e parcial e fluxo de nutrientes em cabras leiteiras alimentadas com diferentes fontes protéicas**. 2007, 83p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

FOX, D. G., Sistema de carboidratos e proteínas 'líquidos' para avaliação da nutrição de rebanhos e excreção de

nutrientes (CNCPS Versão 5.0): documentação do Modelo CNCPS/ Danny Gene Fox ... [et al.]; **Tradução de Fernando César Ferraz Lopes** ... [et al.] - Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2003. 202p.

FOX, D. G.; TEDESCHI, L. O.; TYLUTKI, T. P. et al. The Cornell net carbohydrate an protein model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 112, n. 1/4, p. 29-78, 2004.

GONÇALVEZ, G.D; SANTOS, G.T.; JOBIM, C.C. Determinação do consumo, digestibilidade e frações protéicas e de carboidratos do feno de tifton 85 em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p. 804-813, 2003.

HODGE, J.E., HOFREITER, B.T. Determination of reducing sugars and carbohydrates. In: WHISTLER, R.L., WOLFROM, M.L. (Eds.) **Methods in carbohydrates chemistry**. New York: Academic Press. p.380-394, 1962.

KOHN, R.A., ALLEN, M.S. 1995. *In vitro* protein degradation of feeds using concentrated enzymes extracted from rumen contents. **Animal Feed Science and Technology**, v.52, p.15-28, 1995.

KRISHNAMOORTHY, U., SNIFFEN, C.J., STERN, M.D. et al. Evaluation of a mathematical model of rumen digestion and an *in vitro* simulation of rumen proteolysis to estimate the rumen-undegraded nitrogen content of feedstuffs. **British Journal of Nutrition**, v.50, n.2, p.555-568, 1983.

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

LIMA, G.F.C.; SOLLENBERGER, L.E.; MOORE, J.E. et al. Concentração e fracionamento do nitrogênio em

gramíneas forrageiras tropicais e subtropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre:SBZ, [1999]. (CD-ROM).

MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S.C.; VIEIRA, R.A.M. et al. Determinação da cinética ruminal das frações protéicas de alguns alimentos para ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p.1243-1251, 1997.

MALAFAIA, P.A.M., VIEIRA, R.A.M. Técnicas de determinação e avaliação dos compostos nitrogenados em alimentos para ruminantes In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE DIGESTIBILIDADE EM RUMINANTES, Lavras, 1997. **Anais...** Lavras: FAEPE, 1997. p.29-54.

McCREADY, R.M., GUGGOLZ, J., SILVIERA, V. et al. Determination of starch and amylose in vegetables: application to peas. **Analytical Chemistry**, v.22, p.1156-1158, 1950.

McDONALD, E.I. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. **The Journal of Agricultural Science**, v.96, n.1, p.251-252, 1981.

MENKE, K.H.; RAAB, L.; SALEWSKI, A.; STEINGASS. et al. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they incubated with liquor *in vitro*. **Journal of Agricultural Science**, v.93, p.217-222, 1979.

MERTENS, D.R. Dietary fiber components: relationship to the rate and extent of ruminal digestion. **Federation Proceedings**, v.36, n.2, p.487-192, 1977.

MERTENS, D.R. Predicting in intake and digestibility using mathematical models of ruminal functions. **Journal of Animal Science**, v.64, n.5, p.1548-

1558, 1987.

MERTENS, D.R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulações de rações. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1992. p.188-211.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: 1996. 244p.

NOCEK, J., RUSSELL, J. B.. Protein and carbohydrate as an integrated system. Relationship of ruminal availability to microbial contribution and milk production. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.8, p.2070-2107, 1988.

ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements of feed weighted according to rate passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, p.499-503, 1979.

PATEL, R.Z. A note on the seasonal variations in starch content of different parts of arabica coffee trees. **East African Agricultural and Forestry**.v.36, p.1-6, 1970.

PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.1063-1073, 1993.

PEREIRA, J.C. **Degradación ruminal de diversos subproductos agroindustriales**. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, 1992. 223p. Doutorado - Universidad Politécnica de Madrid, 1992.

RIBEIRO, G.K.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Caracterização das frações que constituem as proteínas e os carboidratos, e respectivas taxas de digestão, do feno de Capim-Tifton 85

de diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.589-595, 2001.

RUSSEL, J.B., O'CONNOR, J.D., FOX, D.G. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Rumen fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3551-3561, 1992.

LIMA, G.F.C.; SOLLENBERGER, L.E.; MOORE, J.E. et al. Concentração e fracionamento do nitrogênio em gramíneas forrageiras tropicais e subtropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre:SBZ, [1999]. (CD-ROM).

SILVA, S.P. Cinética de degradação das frações de proteína e carboidrato em forrageiras tropicais e simulação do desempenho de caprinos. 2010, 103p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

SILVA, S.P.; RODRIGUES M. T.; VIEIRA, R. A. M.; SILVA, M. M. C. *In vitro* degradation kinetics of protein and carbohydrate fractions of selected tropical forages. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, p. 1300-1310, 2013.

SNNIFEN, 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.

TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. Accounting for the effects of a ruminal nitrogen deficiency within the structure of the Cornell net Carbohydrate and protein system. **Journal of Animal Science**,v.78, p.1648-1658, 2000.

THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA. et al. J.A simple gas production method using a pressure



transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.48, p.185-197, 1994.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. Ithaca, New York: *Cornell*, 1994. 476p.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A.; Methods for dietary fiber, neutral fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991

VIEIRA, R.A.M.; PEREIRA, J.C.; MALAFAIA, P.A.M. et al. Fracionamento e cinética de degradação *in vitro* dos compostos nitrogenados da extrusa de bovinos a

pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.880 – 888, 2000a.

VIEIRA, R.A.M. PEREIRA, J.C.; MALAFAIA, P.A.M. et al. Fracionamento dos carboidratos e Cinética de degradação *in vitro* da fibra em detergente neutro da extrusa de bovinos a Pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.889 – 897, 2000b.

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.345-356. 2008.