

## Cinética de Degradação Ruminal do Bagaço de Cevada Submetido a Diferentes Temperaturas de Secagem

José Carlos Pereira<sup>1</sup>, Javier González<sup>2</sup>, Ronaldo Lopes Oliveira<sup>3</sup>, Augusto César de Queiroz<sup>1</sup>

**RESUMO** - O objetivo deste experimento foi avaliar os efeitos de diferentes temperaturas de secagem do bagaço de cevada sobre a composição química e a degradabilidade ruminal da matéria seca e da proteína bruta. As amostras do bagaço de cevada foram secas em estufa a temperatura médias de 50,2 (BC50), 100,5 (BC100), 134,1 (BC135) e 173,7°C (BC174), e um tratamento controle, cuja amostra foi seca a frio, pelo processo de liofilização (BCL). As cinéticas de degradação ruminal foram estimadas pela técnica *in situ*, com amostras em sacos de náilon incubadas no rúmen de carneiros. O aquecimento influenciou a fração fibrosa, sendo observado aumento nos teores de fibra em detergente neutro (FDN), lignina em detergente ácido (LDA) e proteína bruta associada à FDN (PBFDN) e à fibra em detergente ácido (PBFDA). A degradação efetiva da matéria seca e da proteína bruta diminuiu com o aumento da temperatura de secagem. As equações de predição mostraram que as frações de nitrogênio ligadas à FDN e FDA foram os principais fatores para explicar a degradação efetiva da matéria seca e da proteína bruta.

Palavras-chave: bagaço-de-cevada, degradabilidade ruminal, temperatura de secagem

## Ruminal Degradation Kinetics of Brewers Grain Submitted to Different Dehydration Temperatures

**ABSTRACT** - The objective of this experiment was to evaluate the effects of difference dehydration temperatures of the brewer grain on chemical composition and ruminal degradation of dry matter and crude protein. The samples of the brewer grain were oven dried at the temperature of 50.2 (BC50), 100.5 (BC100), 134.1 (BC135) and 173.7°C (BC174), and a control treatment, with the sample cold dehydrated, by a liophylization process (BCL). The ruminal degradation kinetics was estimated by the *in situ* technique with samples in nylon bags incubating in the rumen of sheep. Heating affected the fiber fraction and the increase in the hydration temperature resulted in higher neutral detergent fiber (NDF), acid detergent lignin (LIG) and crude protein associated to NDF (NDIP) and acid detergent fiber (ADIP) contents. The effective dry matter and crude protein degradation decreased with the dehydration temperature. The prediction equations showed that the nitrogen fraction associated to the neutral and acid detergent fiber were the principal factors to explain the effective dry matter and crude protein degradation.

Key Words: brewers grain, ruminal degradability, dehydration temperature

### Introdução

O incremento da produção e industrialização agrícola gera diversos subprodutos, que não podem ser usados diretamente para o consumo humano, mas podem formar parte da dieta de animais, principalmente ruminantes, os quais, devido ao seu sistema digestivo peculiar, podem transformá-los em alimentos de alta qualidade (leite e carne).

Entretanto, para utilizar determinado subproduto, deve-se obter informações sobre sua composição química e seu valor nutritivo, além de considerar até que nível pode ser incorporado à ração, assim como possíveis problemas relacionados à sua manipulação,

ao transporte e ao armazenamento.

A extensão com que a proteína do alimento é degradada constitui importante parâmetro para determinar o suprimento de nitrogênio aos microrganismos no rúmen e a quantidade de aminoácidos que pode ser absorvida no intestino.

A digestão ruminal é um processo dinâmico, resultante da interação de fatores que dependem do animal, da dieta e do ecossistema ruminal, não podendo, dessa forma, ser considerada como atributo do alimento. Dentro deste enfoque, a degradabilidade não é uma característica positiva ou negativa do alimento, pois, em determinada situação, alta degradabilidade é necessária, e em outra não é dese-

<sup>1</sup> Professor Titular do Departamento de Zootecnia Universidade Federal de Viçosa. Bolsista do CNPq.

<sup>2</sup> Professor da ETSIA - Universidad Politécnica - Madri - Espanha.

<sup>3</sup> Estudante de Doutorado do Departamento de Zootecnia Universidade Federal de Viçosa. Bolsista do CNPq.

jada, dependendo do tipo de alimento disponível e do nível de produção do animal.

O processo de fabricação da cerveja gera diversos subprodutos que podem ser usados na alimentação animal. O passo inicial envolve a obtenção do malte, ou seja, os grãos de cevada são imersos em água morna por algum tempo, retirando-se em seguida a água: ocorre a germinação dos grãos e a hidrólise do amido em dextrina e maltose.

Posteriormente, os grãos germinados são desidratados por aquecimento (50 a 80°C), interrompendo a atividade enzimática, e separados em três partes: malte, gérmen e raiz de malte. Neste ponto, o grão maltado é prensado e embebido em água, formando o mosto de cerveja como produto final. A parte sólida é separada, constituindo a polpa úmida de cervejaria ou bagaço de cevada, que é comercializada, dessa forma, ou pode ser desidratada para formar a polpa seca de cervejaria. Assim, basicamente o bagaço compõe-se das glumas do malte prensado e de compostos que não chegaram a solubilizar-se durante o processo de fabricação da cerveja (quantidades variáveis de amido, pentosanas e proteínas que não coagularam durante a cocção), além de raízes de malte em quantidades variadas que são posteriormente adicionadas. A etapa seguinte do processo de fabricação consiste em adicionar o lúpulo e o fermento, obtendo-se outros subprodutos.

O bagaço desidratado constitui excelente fonte de proteína para vacas leiteiras (POLAN et al., 1985), e a proteína é resistente à degradação ruminal (MERCHEN et al., 1979, ARMENTANO et al., 1983).

Com relação à degradabilidade ruminal da proteína, valores de 42 e 73,0% são mencionados por ARMENTANO et al. (1986) para este subproduto desidratado e úmido, respectivamente. O National Research Council - NRC (1985) menciona valores de 34 a 73,0%.

Apesar de suas qualidades nutricionais, o bagaço de cevada apresenta problemas relacionados ao seu alto conteúdo em umidade, o que influi negativamente no transporte e armazenamento; portanto, as alternativas para a sua conservação seriam a ensilagem e a secagem, conforme mencionado por POLAN et al. (1985).

O aquecimento reduz a degradação da proteína no rúmen, incrementando, assim, as quantidades disponíveis no intestino; vários processos têm sido utilizados com sucesso (STERN et al., 1985; MOSTAGHNI e INGALS, 1992; BRODERICK et al., 1993; e KIBELOULAU et al., 1993).

O objetivo deste trabalho foi verificar os efeitos

de diferentes temperaturas de secagem do bagaço de cevada sobre a composição química e degradação ruminal da matéria seca e da proteína bruta.

## Material e Métodos

As amostras do bagaço de cevada foram espalhadas em bandejas – quatro por tratamento – e colocadas em estufa com circulação de ar forçada. As temperaturas foram anotadas a intervalos de 15 minutos, calculando-se posteriormente a média ponderada. O tempo de secagem foi determinado por observação das amostras, considerando-se finalizado ao perceber que estavam suficientemente secas. Além disso, uma amostra controle foi submetida à secagem pelo processo de liofilização (BCL). Os tempos e as respectivas temperaturas médias de secagem constam da Tabela 1.

Neste trabalho, posteriormente, foram estudadas duas amostras do bagaço de cevada de diferentes procedências, as quais foram secas a 50°C, em condições semelhantes às descritas anteriormente.

As técnicas analíticas empregadas para determinação da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e cinzas (CIN) são as descritas no Association of Official Analytical Chemists - AOAC (1990).

As análises de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG) foram realizadas de acordo com o procedimento de GOERING e VAN SOEST e ROBERTSON e VAN SOEST (1981), sendo as análises realizadas de forma seqüencial.

A proteína bruta ligada à fibra em detergente neutro (PBFND) e à fibra em detergente ácido (PBFDA) foi determinada analisando-se o nitrogênio contido nos resíduos provenientes da determinação direta da FDN e FDA, fazendo a conversão para proteína pelo fator 6,25.

A solubilidade da proteína bruta foi estimada mediante incubação da amostra em saliva artificial de Mc'Dougall, durante 6 horas, a 39°C com agitação contínua (WHOLT et al., 1973; WALDO e GOERING, 1979).

A degradação ruminal da matéria seca e da proteína bruta foi estimada utilizando-se a metodologia *in situ*, conforme procedimentos de VAN KEUREN e HEINEMANN (1962) e ORSKOV e McDONALD (1979). As amostras foram colocadas em bolsas de náilon, com tamanho de poro de 46 µm, e incubadas no rúmen de três carneiros adultos. Os animais receberam, durante o período preliminar de 14 dias, uma dieta constituída por feno (alfafa + azevém) e concentrado na proporção de 2:1 com base na matéria seca e,

Tabela 1 - Tempo e temperatura média de secagem do bagaço de cevada

Table 1 - Time and average dehydration temperature of the brewers grain

Tratamento <i>Treatment</i>	Tempo <i>Time</i>	Temperatura (°C) <i>Temperature</i>
BC50	11:00	50,2
BC100	4:35	100,5
BC135	2:08	134,1
BC174	1:55	173,7

durante a fase de incubação das amostras, foram oferecidos 40 g de MS por kg de peso metabólico.

Foram realizadas duas séries de incubação para cada amostra e animal, de forma seqüencial, totalizando assim seis bolsas por amostra e por tempo de incubação.

As bolsas foram incubadas nos tempos de 2, 4, 8, 16, 24 e 48 horas, retirando-se duas bolsas por animal em cada tempo de incubação e os valores de MS e PB desaparecidas das bolsas foram expressos como porcentagem dos respectivos teores das amostras incubadas.

A evolução no tempo do desaparecimento da MS e PB foi ajustado, para cada amostra e animal, ao modelo proposto por ORSKOV e McDONALD (1979).

O itérbio (Yb) foi usado como marcador, fixado ao bagaço de cevada, para determinar a taxa de passagem, conforme ELLIS e BEEVER (1984). Dessa forma, a amostra marcada foi oferecida a cada animal, pela manhã, na quantidade de 65 g, antes de fornecer a ração. Em seguida, foram iniciadas as coletas de amostras fecais, diretamente do reto assim distribuídas: a primeira, 24 horas após o fornecimento do marcador, seguida de 10 amostragens com intervalos de 4 horas; logo, três amostras a intervalos de 8 horas, três a 12 horas, uma a 10 horas e a última com intervalo de 14 horas.

A taxa de passagem foi determinada ajustando as curvas de excreção fecal do itérbio ao modelo matemático proposto por GROVUM e WILLIAMS (1973).

As modelizações das cinéticas de degradação e da taxa de passagem foram realizadas por regressão não linear, de acordo com o algoritmo de Marquardt, no programa estatístico SAS.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, em delineamento inteiramente casualizado, e as médias comparadas pelo teste Tukey, a 5%.

## Resultados e Discussão

### Composição química e solubilidade

O aquecimento influenciou, em diferentes intensidades, alguns parâmetros da composição química,

principalmente a fração fibrosa do bagaço de cevada (Tabela 2).

Com o aumento do impacto térmico, o conteúdo de FDN apresentou incremento a partir do tratamento BC135.

O efeito dos tratamentos sobre as frações LIG, PBFDN e PBFDA foi bastante acentuado, principalmente a partir de 100°C. De acordo com VAN SOEST (1965), o aumento observado nas frações de PBFDN e PBFDA indica a existência de reações de Maillard que conduzem à formação de lignina artificial. Assim, no método seqüencial, o resíduo final de determinação da lignina está formado basicamente pela lignina e pelos produtos de Maillard, justificando-se o aumento observado nesta fração com o aumento da temperatura.

O teor de proteína bruta de FDA e FDN pode ser indicativo da intensidade do impacto térmico, incluindo no primeiro o nitrogênio lignificado e produtos de Maillard, que não estão disponíveis para as ações de degradação ruminal e no segundo, o nitrogênio associado à parede celular (CHESSON et al., 1978; KRISHNAMOORTHY et al., 1982; JUNG e FAHEY JR., 1983; e VAN SOEST, 1994).

Os incrementos observados para ambas as frações com a elevação da temperatura de secagem concordam com as observações de LINDBERG et al. (1982) e indicam que a temperatura é fator mais crítico que o tempo.

Os efeitos das temperaturas de secagem sobre a solubilidade da proteína bruta não foram consistentes. Esperava-se diminuição gradativa com o aumento das temperaturas, como consequência das alterações causadas nas moléculas protéicas pela ação do calor, que rompe as ligações de hidrogênio, alterando a estrutura secundária da proteína.

Cabe mencionar que, no processo de fermentação, os grãos de cevada são imersos em água aquecida, de forma que a solubilidade, por ser baixa, não responde a tratamentos térmicos adicionais. Os valores obtidos foram inferiores aos 4,10% determinados, em tampão-bicarbonato-fosfato, por KRISHNAMOORTHY et al. (1982) e 3,30% citado pelo INRA (1978); porém foram bastante inferiores ao valor de 11,0% citado por MADSEN e HVELPLUND (1985).

Estas diferenças podem estar relacionadas ao processo industrial que gera o bagaço de cevada, já que as frações de proteína presentes em cada alimento são importantes fatores que influenciam a solubilidade, e o processamento pode influir em suas concentrações. Além disso, uma vez obtido o bagaço, pode-se adicionar levedura ou raiz de malte (BOUCQUÉ e FIEMS, 1988), que apresentam alta solubilidade.

*Cinética de degradação ruminal*

Para o cálculo da degradabilidade efetiva, devido às diferenças observadas entre animais, as estimativas foram obtidas considerando-se as taxas de passagem ruminal específicas de cada carneiro. Assim, os valores obtidos para cada animal foram de 1,92; 3,74; e 1,76%/hora.

Os valores relativos à cinética de degradação ruminal da MS e PB encontram-se na Tabela 3.

A fração de MS solúvel (a) apresentou valores decrescentes, quando a temperatura de secagem aumentou, mas sem diferenças entre os tratamentos BC100 e BC135 e BC135 e BC174. Por outro lado, o conteúdo em MS indegradável (IND) aumentou

( $P < 0,01$ ) com o incremento da temperatura, não havendo diferença entre o controle (BCL) e o tratamento BC50, e entre este e BC100.

A degradabilidade efetiva (DE) da matéria seca foi reduzida ( $P < 0,05$ ) pelo tratamento térmico, sem, contudo, haver diferença entre os tratamentos controle (BCL) e BC50 e BC100.

As frações de proteína solúvel apresentaram evolução em relação à observada para a matéria seca, apesar de que, neste caso, não foram observados efeitos entre os tratamentos controle (BCL) e BC50.

Ao contrário do ocorrido para MS, como consequência das mudanças nas frações solúvel e indegradável,

Tabela 2 - Composição química (%MS) e solubilidade da proteína bruta do bagaço de cevada submetido a diferentes temperaturas de secagem

Table 2 - Chemical composition (%DM) and crude protein solubility of brewers grain submitted to different dehydration temperatures

Treatments	PB	EE	CIN	FDN	FDA	LIG	PBFDN <sup>2</sup>	PBFDA <sup>2</sup>	SOL <sup>3</sup>
Treatment	CP		ASH	NDF	ADF		NDIP	ADIP	
BCL	25,42	7,31	3,85	62,47 <sup>a</sup>	21,27 <sup>a</sup>	4,00 <sup>a</sup>	25,06 <sup>a</sup>	13,71 <sup>a</sup>	1,57
BC50	25,73	7,63	3,86	60,49 <sup>a</sup>	21,45 <sup>a</sup>	4,25 <sup>a</sup>	20,84 <sup>a</sup>	17,33 <sup>a</sup>	2,03
BC100	25,13	7,02	4,06	64,72 <sup>a</sup>	22,46 <sup>a</sup>	7,65 <sup>a</sup>	30,11 <sup>a</sup>	18,00 <sup>a</sup>	1,09
BC135	25,83	7,32	3,82	72,40 <sup>b</sup>	29,34 <sup>b</sup>	12,37 <sup>b</sup>	51,08 <sup>b</sup>	28,13 <sup>b</sup>	1,06
BC174	26,35	5,37	4,10	75,35 <sup>b</sup>	31,40 <sup>b</sup>	14,58 <sup>b</sup>	79,27 <sup>c</sup>	54,05 <sup>c</sup>	2,24

<sup>1</sup> Médias, na coluna, seguidas de letras diferentes são diferentes ( $P < 0,05$ ).

<sup>2</sup> Proteína insolúvel em detergente neutro e ácido (PBFDN e PBFDA).

<sup>3</sup> Solubilidade expressa como porcentagem da proteína bruta.

<sup>1</sup> Means, within a column, followed by different letters are different ( $P < 0,05$ ).

<sup>2</sup> Neutral detergent insoluble protein (NDIP) and acid detergent insoluble protein (ADIP).

<sup>3</sup> Solubility expressed in % of crude protein.

Tabela 3 - Frações médias da cinética de degradação ruminal (matéria seca e proteína bruta) do bagaço de cevada (BC) submetido a diferentes temperaturas de secagem

Table 3 - Average fractions of the ruminal degradation kinetics (dry matter and crude protein) of brewers grain (BG) submitted to different dehydration temperature

Item	Treatments				
	BCL	BC50	BC100	BC135	BC174
	Matéria seca				
	Dry matter				
a <sup>1</sup>	27,22 <sup>a</sup>	18,00 <sup>b</sup>	15,20 <sup>b</sup>	5,50 <sup>c</sup>	4,40 <sup>c</sup>
b <sup>2</sup>	46,40 <sup>ab</sup>	51,23 <sup>a</sup>	49,80 <sup>a</sup>	45,84 <sup>ab</sup>	38,90 <sup>b</sup>
c <sup>1</sup>	4,00 <sup>a</sup>	4,66 <sup>a</sup>	5,00 <sup>ab</sup>	6,00 <sup>b</sup>	3,66 <sup>a</sup>
IND <sup>1</sup>	26,38 <sup>a</sup>	30,76 <sup>ab</sup>	35,00 <sup>b</sup>	48,66 <sup>c</sup>	56,70 <sup>d</sup>
DE <sup>2</sup>	57,04 <sup>a</sup>	51,50 <sup>a</sup>	48,87 <sup>a</sup>	38,20 <sup>b</sup>	27,12 <sup>e</sup>
	Proteína bruta				
	Crude protein				
a (%)	32,77 <sup>a</sup>	29,74 <sup>a</sup>	9,94 <sup>b</sup>	5,00 <sup>b</sup>	9,54 <sup>b</sup>
B (%)	55,85 <sup>bc</sup>	61,83 <sup>b</sup>	71,40 <sup>a</sup>	47,23 <sup>c</sup>	26,63 <sup>d</sup>
c (%/h)	11,00 <sup>a</sup>	5,33 <sup>bc</sup>	6,33 <sup>bc</sup>	8,00 <sup>a</sup>	4,00 <sup>c</sup>
IND <sup>1</sup>	11,38 <sup>d</sup>	8,42 <sup>d</sup>	18,66 <sup>c</sup>	47,77 <sup>b</sup>	61,83 <sup>a</sup>
DE <sup>2</sup>	77,43 <sup>a</sup>	71,72 <sup>a</sup>	61,04 <sup>b</sup>	41,02 <sup>c</sup>	27,80 <sup>d</sup>

Médias, na linha, seguidas de letras diferentes são diferentes ( $P < 0,05$ ).

Means, within a row, followed by different letters are different ( $P < 0,05$ ).

<sup>1</sup> IND = Fração indegradável (Indegradable fraction).

<sup>2</sup> DE = Degradabilidade efetiva (Effective degradability).

a fração "b" apresentou aumento ( $P < 0,05$ ) até o tratamento BC50, decrescendo em seguida.

A DE da proteína apresentou efeito decrescente com o aumento da temperatura, não havendo diferença entre os tratamentos controle (BCL) e BC50.

A diminuição da degradabilidade da proteína, com o aumento da temperatura de secagem, é concordante com os resultados obtidos por ARMENTANO et al. (1986), ao secarem o bagaço de cevada à temperatura de 50 e 150°C, obtendo valores de 73 e 42%, respectivamente.

O conteúdo em PBFDA é relacionado com o valor da fração de proteína indegradável (PICHARD e VAN SOEST, 1977), o que está de acordo com os dados deste trabalho, ao se constatar que o aumento nos teores de PBFDN e PBFDA foi acompanhado também pela fração indegradável.

DARRAH et al. (1977) relacionaram o aquecimento excessivo com o incremento de PBFDA, que

resultou em redução na digestibilidade da proteína. Entretanto, ARMENTANO et al. (1986) verificaram que o aumento da PBFDN do bagaço de cevada foi relacionado com a degradabilidade no rúmen, porém não influenciou a digestibilidade intestinal.

Nas amostras do bagaço de cevada de outras procedências (BC1 e BC2), foram determinadas a composição química e as cinéticas de degradação ruminal da MS e PB, cujos resultados se encontram nas Tabelas 4 e 5, respectivamente, além dos valores obtidos para o tratamento BC50.

Houve diferenças ( $P < 0,05$ ) entre as amostras com relação à fração solúvel da MS, que foi maior na amostra BC1 (23,64%), e à fração indegradável, com maior valor na amostra BC2 (35,20%). Estas diferenças ocasionaram variação na degradabilidade efetiva de 49,3 a 57,0%, porém sem diferença significativa.

Com relação à PB, o maior valor observado para a fração indegradável foi na amostra BC1 (20,01%)

Tabela 4 - Composição química (% na MS) e solubilidade de proteína bruta do bagaço de cevada (BC) proveniente de diferentes cervejarias

Table 4 - Chemical composition (%DM) and crude protein solubility of brewers grain (BG) from different breweries

Item	PB CP	EE	CIN ASH	FDN NDF	FDA ADF	LIG	PBFDN <sup>1</sup> NDIP	PBFDA <sup>1</sup> ADIP	SOL <sup>1</sup>
BC50	25,73	7,63	3,86	60,49	21,45	4,25	20,84	17,33	2,04
BC1	29,00	13,84	4,86	58,48	17,95	9,98	22,68	12,33	2,25
BC2	27,22	9,57	4,73	59,28	18,37	5,52	25,01	17,67	1,72

<sup>1</sup> Solubilidade expressa como porcentagem da proteína bruta.

<sup>1</sup> Solubility expressed in % of crude protein.

Tabela 5 - Frações da cinética de degradação ruminal (matéria seca e proteína bruta) do bagaço de cevada (BC) proveniente de diferentes cervejarias

Table 5 - Fractions of the ruminal degradation kinetics (dry matter and crude protein) of brewers grain (BG) from different breweries

Treatment	a	b	c	IND <sup>1</sup>	DE <sup>2</sup>
	Matéria seca Dry matter				
BC50	18,01 <sup>ab</sup>	51,23	4,72	30,76 <sup>ab</sup>	51,50
BC1	23,64 <sup>a</sup>	48,58	5,22	27,78 <sup>a</sup>	57,00
BC2	16,62 <sup>b</sup>	48,18	5,10	35,20 <sup>b</sup>	49,25
	Proteína bruta Crude protein				
BC50	29,74 <sup>a</sup>	61,83	5,29	8,42 <sup>b</sup>	71,72 <sup>a</sup>
BC1	18,52 <sup>b</sup>	70,41	5,22	11,06 <sup>b</sup>	66,52 <sup>a</sup>
BC2	12,29 <sup>c</sup>	67,70	4,24	20,00 <sup>a</sup>	55,72 <sup>b</sup>

Médias, na linha, seguidas de letras diferentes são diferentes ( $P < 0,05$ ).

Means, within a row, followed by different letters are different ( $P < 0,05$ ).

<sup>1</sup> IND = Fração indegradável (Indegradable fraction).

<sup>2</sup> DE = Degradabilidade efetiva (Effective degradability).

e, como consequência, as degradabilidades mostraram variabilidade importante.

Considerando que as condições de secagem das amostras foram iguais, estes resultados podem indicar que a cevada utilizada como matéria prima ou o processo industrial pode exercer efeito importante sobre a degradabilidade ruminal, principalmente no caso da PB.

A variação na degradabilidade efetiva de PB, considerando conjuntamente os valores obtidos, está de acordo com a literatura. Assim, o NRC (1985), citando vários autores, indica variação de 34 a 73,0%, ao passo que MADSEN e HVELPLUND (1985), SUSMEL et al. (1989) e VERITÉ et al. (1987) mencionaram valores de 49,0; 43,4; e 21,0%, respectivamente.

Reunindo todos os dados obtidos, foi efetuado um estudo de correlação entre os parâmetros que caracterizam a degradação ruminal, a composição química e a solubilidade (Tabela 6).

Os parâmetros descritivos da cinética de degradação da MS e PB apresentaram correlação com os componentes de fração fibrosa do bagaço de cevada.

Independente do nutriente analisado, MS ou PB, as correlações observadas para a DE, assim como para a fração “a” e “b”, foram negativas e logicamente positivas ao considerar a fração indegradável.

A taxa de degradação (c) da MS apresentou

correlação negativa com o conteúdo em FDA, o que pode ser considerado normal, pois esta oferece resistência aos processos de degradação. Do mesmo modo, OHLDE e BECKER (1982) e SAUVANT et al. (1985), analisando diversos subprodutos, encontraram relações negativas entre os teores de parede celular e lignocelulose com a degradação da MS.

As equações de predição dos parâmetros integrantes das cinéticas de degradação e da DE da MS e PB, a partir da composição química, encontram-se na Tabela 7.

Com relação ao teor de MS, a proporção de PBFNDN apresentou a melhor predição para as frações “b” e “IND”, ao passo que a DE foi melhor estimada pelo conteúdo em PBFDA. Quando se considera a degradação da PB, o principal fator de predição foi a PBFNDN.

Tentando verificar as possíveis relações entre as cinéticas de degradação da MS e PB, os diferentes parâmetros foram correlacionados entre si, resultando nos seguintes coeficientes de correlação: a = 0,78 (P<0,05), b = 0,90 (P<0,001), IND = 0,98 (P<0,001) e DE = 0,96 (P<0,001). Consta-se que, à exceção da taxa de degradação, as frações de MS e PB estiveram altamente correlacionadas. Estes resultados concordam com o fato de que a degradação do alimento e de suas matérias nitrogenadas compartilham os mesmos fatores condicionantes de degradação.

Tabela 6 - Coeficientes de correlação entre as frações das cinéticas de degradação ruminal (matéria seca e proteína bruta) e dos componentes da parede celular do bagaço de cevada (BC)  
Table 6 - Correlation coefficients between the ruminal degradation kinetics (dry matter and crude protein) and cell wall components of the brewers grain (BG)

	Fração				
	Fraction				
	a	b	c	Ind <sup>1</sup>	DE <sup>2</sup>
Matéria seca					
<i>Dry matter</i>					
FDN (NDF)	-0,85*	-0,80*	-0,23	0,92**	-0,92**
FDA (ADF)	-0,54	-0,76*	-0,80*	0,67	-0,75
LIG	-0,76*	-0,73	-0,30	0,83*	-0,79*
PBFNDN (NDIP)	-0,83*	-0,91**	-0,40	0,95***	-0,96***
PBFDA (ADIP)	-0,82*	-0,89**	-0,50	0,93**	-0,96***
Proteína bruta					
<i>Crude protein</i>					
FDN (NDF)	-0,57	-0,87**	0,17	0,94**	-0,85*
FDA (ADF)	-0,16	-0,77*	-0,16	0,66	-0,60
LIG	-0,73	-0,65	0,16	0,86*	-0,87*
PBFNDN (NDIP)	-0,57	-0,91**	0,18	0,97***	-0,92**
PBFDA (ADIP)	-0,50	-0,90**	-0,16	0,92**	-0,89**

\* P<0,05, \*\* P<0,01, \*\*\* P<0,001.

<sup>1</sup> IND = Fração indegradável (*Indegradable fraction*).

<sup>2</sup> DE = Degradabilidade efetiva (*Effective degradability*).

Tabela 7 - Equações de predição das frações da cinética de degradação ruminal e da degradabilidade da matéria seca e da proteína bruta do bagaço de cevada (BC)

Table 7- Prediction equations of ruminal degradation kinetics and degradability of dry matter and crude protein of brewers grain (BG)

Matéria seca <i>Dry matter</i>	Proteína bruta <i>Crude protein</i>
$\hat{a} = 86,75 - 1,090 \text{ FDN} (r^2 = 0,89)$	$\hat{b} = 81,30 - 0,653 \text{ PBF DN} (r^2 = 0,83)$
$\hat{b} = 53,20 - 0,171 \text{ PBF DN} (r^2 = 0,84)$	
$\hat{c} = 4,2 + 0,08 \text{ FDN} - 0,220 \text{ FDA} (r^2 = 0,89)$	
$\hat{\text{IND}} = 19,03 + 0,500 \text{ PBF DN} (r^2 = 0,90)$	$\hat{\text{IND}} = 14,07 - 1,46 \text{ FDA} + 1,19 \text{ PBF DN} (r^2 = 0,98)$
$\hat{\text{DE}} = 63,40 - 0,711 \text{ PBF DA} (r^2 = 0,92)$	$\hat{\text{DE}} = 84,81 - 0,753 \text{ PBF DN} (r^2 = 0,85)$

FDN = Fibra em detergente neutro (*Neutral detergent fiber*).PBF DN = Proteína insolúvel em detergente neutro (*Neutral detergent insoluble protein*).PBF DA = Proteína insolúvel em detergente ácido (*Acid detergent insoluble protein*).IND = Fração indegradável (*Indegradable fraction*).DE = Degradabilidade efetiva (*Effective degradability*).

## Conclusões

A temperatura de secagem do bagaço de cevada exerceu efeito considerável sobre a degradabilidade ruminal, no sentido de reduzi-la, alterando os valores das frações constituintes da parede celular e da proteína associada, no sentido de aumentá-las.

As reduções na degradabilidade acarretaram incremento considerável da proporção de matéria seca ou proteína bruta indegradável no rúmen.

As proporções de proteína associada ao teor de FDN e FDA, ao refletir parte das variações na degradabilidade existente entre as amostras, parecem prever a degradabilidade ruminal com bastante precisão.

## Referências Bibliográficas

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. 1990. 15. ed., Washington, DC. 1117p.
- ARMENTANO, L.E., HERRINGTON, T.A., POZAN, C.E. 1986. et al. Ruminal degradation of dried brewers grains and soybean meal. *J. Dairy Sci.*, 69:2124-2133.
- ARMENTANO, L.E., HERRINGTON, T.A., POLAN, C.E. 1983. Ruminal degradation of dried brewers grains and soybean meal "in situ" and "in vitro". *J. Dairy Sci.*, 66:77 (Supp.).
- BOUCQUÉ, Ch. V., FIEMS, L.O. 1988. Vegetable by products of agroindustrial origin. *Lvstck. Prod. Sci.*, 19:97-135.
- BRODERICK, G.A., YANG, J.H., KAEGEL, R.G. 1993. Effect of steam heating alfalfa hay on utilization by lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 76:165-174.
- CHESSON, A.C., HANSON, J., KLOPFENSTEIN, T. 1978. Ruminal by-pass of brewers dried grains protein. *J. Anim. Sci.*, 49:192-198.
- DARRAH, C.E., VAN SOEST, J., FICK, G.W. 1977. Microwave treatment and heat damage artifacts in forages. *Agron. J.*, 69:120-121.
- GOERING, H.K., VAN JOEST, J. 1970. *Forage fiber analysis*, U.S.D.A., Agricultural Handbook, n.379, 20p.
- GROVUM, W.L., WILLIAMS, V.J. 1973. Rate of passage of digesta in sheep. 3. Differential rates of passage of water and dry matter from the reticulum-rumen, abomasum, caecum and proximal colon. *Br. J. Nut.*, 10:231-240.
- INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE - INRA. 1978. *Alimentation des ruminants*, INRA Pub., Versailles. 697p.
- JUNG, H.G., FAHEY JR., G.C. 1983. Interaction among phenolics monomers and "in vitro" fermentations. *J. Dairy Sci.*, 66:1255-1260.
- KIBELOULAD, R.A., VERNAY, M., BAYOURTHE, C. et al. 1993. Effect of extruding on ruminal disappearance and lower gastrointestinal tract digestion of white lupin seeds. *J. Anim. Sci.*, 73:571-579.
- KRISHNAMOORTHY, V., MUSCOT, T.V., SNIFFEN, C.J. et al. 1982. Nitrogen fractions in selected feedstuffs. *J. Dairy Sci.*, 65:217-235.
- LINDBERG, J.E., SOLIMAN, H.S., SANNE, S. 1982. A study of the rumen degradability of untreated and heat treated rapeseed meal and whole rape seed, including a comparison between two nylon bags techniques. *Swedish J. Agric. Res.*, 12:83-90.
- MADSEN, J., HVELPLUND, T. 1985. Protein degradation in the rumen. A comparison between "in vivo", nylon bag "in vitro" and buffer measurements. *Acta. Agric. Scand.*, 25:103-124. (Suppl.)
- MERCHEM, N., HANSON, T., KLOPFENSTEIN, T. 1979. Ruminal by-pass of brewers dried grain protein. *J. Anim. Sci.*, 49:192-198.
- MOSHTAGHINIA, S.A., INGALLS, J.R. 1992. Effect of heating on canola meal protein degradation in the rumen and digestion in the lower gastrointestinal tract of steers. *Can. J. Anim. Sci.*, 72:83-88.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 1985. *Nitrogen ruminant usage*. National Academic Press, Washington, D.C. 138p.
- OHLDE, D., BECKER, K. 1982. Suitability of cell-wall constituents as predictors of organic-matter degradability in some tropical by-products. *Anim. Feed. Sci. Tech.*, 7:191-199.
- ORSKOV, E.R., McDONALD, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J.*

- Agric. Sci.*, 92:499.
- PICHARD, G., VAN SOEST, J. 1977. Protein solubility of ruminant feeds. *Proc. Cornell Nutr. Conference*. p.91-96.
- POLAN, C.E., HERRINGTON, T.A., WARK, W.A. et al. 1985. Milk production response to diets supplemented with dried brewers grain or soybean meal. *J. Dairy Sci.*, 68:2016-2020.
- ROBERTSON, J.B., VAN SOEST, J. 1981. The detergent system of analysis and its application to human foods. In: JAMES, D.P.J., THAENDER, O. (Eds.) *The analysis of dietary fiber in food*, New York. p.12-11.
- SAUVANT, D., BERTRAND, D., GIGER, S. 1985. Variations and previsions of the "in-sacco" dry matter digestion of concentrate and by-products, *Anim. Feed. Sci. Tech.*, 13:7-23.
- SUSMEL, C., STEFANON, B., MILLS, C.R. et al. 1989. The evaluation of PDI concentrations in some ruminant feedstuffs: a comparison of the "in situ" and "in vitro" protein degradability. *Ann. Zootech*, 38:269-283.
- VAN KEUREN, R.W., HEINEMANN, W.W. 1962. Study of a nylon bag technique for "in vivo" estimation of forage digestibility. *J. Anim. Sci.*, 21:340-345.
- VAN SOEST, J. 1965. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. III. Study of the effects of heating and drying on yield of fibre and lignin forages. *J. Assoc. Agric. Chem.*, 48:785-790.
- VAN SOEST, P.J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2. ed. Ithaca: Cornell University. 476p.
- VERITÉ R., MICHALET - DOREAU, B., CHAPOUTOT et al. 1987. Revisión du systeme des protéines digestibles dans l'intestin (PDI), INRA-Theix, *Bull. Tech.*, 70:19-34.
- WALDO, D.R., GOERING, H.K. 1979. Insolubility of protein in ruminant feeds by four methods., *J. Anim. Sci.*, 49:1560-1568.
- WHOLT, J.E., SNIFEN, C.J., HOOVER, W.H. 1973. Measurement of protein solubility in common feedstuff., *J. Dairy. Sci.*, 56:1056-1057.

**Recebido em:** 14/10/97

**Aceito em:** 13/04/99