

# Sistema laboratorial de fracionamento de carboidratos de concentrados energéticos

Raquel Franco de Lima<sup>1\*</sup>, Maria Beatriz Fernandez Gonçalves<sup>2</sup>, Leila Picolli da Silva<sup>3</sup>, José Laerte Nörnberg<sup>4</sup> e Henrique Silla Lopes de Almeida<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Zootecnista, Mestre em Zootecnia, Rua São José, 3241, 96845-170, Santa Cruz do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

<sup>2</sup>Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

<sup>3</sup>Engenheira Agrônoma, Doutora em Zootecnia, Bolsista ProDoc/CAPEs, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

<sup>4</sup>Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria. <sup>5</sup>Médico Veterinário, Mestre em Zootecnia. \*Autor para correspondência. e-mail: raquelfranc@yahoo.com.br

**RESUMO.** O objetivo deste estudo foi avaliar um sistema laboratorial de fracionamento para carboidratos para identificar e quantificar as frações que compõem esse nutriente em grãos e subprodutos. Foram determinadas as frações: açúcares simples (AS) pelo método colorimétrico fenol-sulfúrico; amido disponível (AD) e amido resistente (AR) por digestões enzimáticas; fibra total (FT) pelo método enzimico-gravimétrico; fibra em detergente neutro (FDN) e fibra solúvel (FS), estimada pela diferença FT-FDN dos grãos de milho e sorgo, polpa de citrus, farelo de trigo, triguilho e farelo de arroz integral. Os coeficientes de variação para as frações AS, AD, AR, FT e FDN variaram de 4,81% a 19,17%; 4,58% a 15,03%; 2,42% a 9,91%; 1,23% a 8,23% e 1,16% a 8,42%, respectivamente, caracterizando uma boa repetibilidade das técnicas adotadas. O fracionamento identificou os principais grupos de carboidratos que compõem os alimentos e pode servir de referência para trabalhos futuros.

**Palavras-chave:** carboidratos, fracionamento, grãos, métodos, subprodutos.

**ABSTRACT.** *Laboratorial system of carbohydrate fractions of energetic concentrate.*

The aim of this work was to evaluate a laboratorial system of carbohydrate fractions to identify and quantify the fractions that compose this nutrient. The following fractions were determined: simple sugars (SS) using the colorimetric phenol-sulfuric method; digestible starch (DS) and resistant starch (RS) by enzymatic digestions; total fiber (TF) using the enzymic-gravimetric method; neutral detergent fiber (NDF) and soluble fiber (SF) estimated by difference TF - NDF, in grains of corn and sorghum, citric pulp, wheat middlings, wheat mills and rice bran. The coefficient of variation for fractions SS, DS, RS, TF and NDF varied from 4.81 to 19.17%; 4.58 to 15.03%; 2.42 to 9.91%; 1.23 to 8.23% and 1.16 to 8.42%; respectively. A good repeatability of the method used was observed. The fraction identified the main groups of carbohydrates composed on the food and it can be a reference to future works.

**Key words:** carbohydrates, fractionation, grains, methods, byproducts.

## Introdução

Os carboidratos são a principal fonte de energia na dieta dos animais e incluem uma grande variedade de compostos orgânicos que possuem perfis de fermentação e digestão diferentes, atuando de maneira distinta no organismo animal.

Os monossacarídeos são os carboidratos mais simples, representados pela glicose e frutose; os oligossacarídeos correspondem aos carboidratos de cadeia curta, cujo principal representante é a sacarose e a celobiose; e os polissacarídeos incluem carboidratos com cadeias superiores representados pelo amido e pelos polissacarídeos não amiláceos (PNA) (Evers *et al.*, 1999; Hall, 2000; Silva, 2002).

Esses tipos de carboidratos, segundo Silva (2002), compõem mais de 80% dos grãos de cereais, dos quais 70% a 80% são constituídos por amido, 10% a 30% são PNA e 1% a 3% são açúcares simples (mono e oligossacarídeos).

O amido é facilmente fermentável e frequentemente usado em dietas para monogástricos e na suplementação de ruminantes. No entanto, o fornecimento desse polissacarídeo em excesso pode acarretar distúrbios nutricionais nos ruminantes, tais como a acidose ruminal (Cullen *et al.*, 1986; Kolb e Gürtler, 1987). Os PNA constituem a fração fibra dos alimentos, a qual, dependendo de sua solubilidade, pode ser dividida em fibra insolúvel, composta por

celulose, hemiceluloses insolúveis, lignina, tanino e outros compostos minoritários e fibra solúvel constituída pelas hemiceluloses solúveis (arabanas e  $\beta$ -glucanas) e substâncias pécticas (Jeraci e Van Soest, 1990). Estas últimas possuem características energéticas de concentrado e fermentativas de volumoso, não sendo fermentadas a lactato, o que para os ruminantes representa uma fonte energética que não provoca redução na eficiência ruminal em virtude da acidose (Van Soest *et al.*, 1991). Em contrapartida, para animais não ruminantes a presença de PNA é considerada um fator antinutricional, pois esses componentes, quando dissolvidos em água, produzem soluções viscosas que influenciam a digestão e a absorção do amido, dos lipídios e da proteína no intestino delgado (Choct, 1997).

Tradicionalmente, para a avaliação de produtos destinados à alimentação animal, os carboidratos são determinados pelos métodos de Weende e Van Soest. Entretanto, devido à importância funcional que a fibra assumiu na alimentação humana e de monogástricos, surgiram métodos mais sofisticados e específicos para sua avaliação, incluindo o conteúdo de amido e PNA dos alimentos. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização de um sistema laboratorial de fracionamento de carboidratos que possibilite a caracterização e a quantificação dos carboidratos não fibrosos (açúcares simples e amido) e fibrosos (fibra total e suas frações solúvel e insolúvel) em grãos e subprodutos para maximizar o aproveitamento das distintas fontes energéticas vegetais.

## Material e métodos

O trabalho foi realizado no Núcleo Integrado de Desenvolvimento em Análises Laboratoriais (NIDAL) do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos e no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) do Departamento de Zootecnia, ambos da Universidade Federal de Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul. Foram avaliados seis concentrados energéticos: grão de milho (MIL), grão de sorgo (SOR), polpa de citrus (PC), trigoilho (TRIG), farelo de trigo proveniente de Vacaria (FT1) e Santa Rosa (FT2); e amostras de farelo de arroz integral proveniente de Cachoeira do Sul (FAI1), Pantano Grande (FAI2), Pelotas (FAI3), São Lourenço do Sul (FAI4) e São Borja (FAI5).

As amostras foram moídas em peneira com crivos de 1 mm e acondicionadas em recipientes hermeticamente fechados em ambiente seco com exceção dos farelos de arroz integral, que foram armazenados sob condições de congelamento até o momento da subamostragem, quando foram desengordurados por 12 horas em extração com éter de petróleo para as determinações das frações dos carboidratos (Proskey *et al.*, 1992).

Na análise bromatológica foram determinadas a matéria seca (MS) em estufa a 105°C; matéria mineral (MM) em mufla a 550°C; extrato etéreo (EE) em aparelho Soxhlet e proteína bruta (PB) através da determinação do nitrogênio total pelo método de Kjeldahl ( $PB=N \times 6,25$ ), de acordo com a AOAC (1997).

O fracionamento realizado teve por base o sistema dos carboidratos solúveis em detergente neutro (CSDN) proposto por Hall (2000), sendo feitas algumas alterações quanto às frações a serem determinadas e à metodologias adotadas para a quantificação das mesmas. Foram determinadas as frações açúcares simples (AS), amido disponível (AD) e amido resistente (AR), fibra total (FT), fibra insolúvel (FDN) e estimada a fibra solúvel (FS).

Os AS foram determinados pelo método colorimétrico fenol-sulfúrico conforme Hall (2000). As amostras foram submetidas à extração com etanol 80% durante 4 horas em agitação e temperatura de 17-22°C. A solução filtrada, após diluições, foi adicionado fenol 5% como reativo de cor e ácido sulfúrico concentrado para hidrolisar os açúcares. Os açúcares resultantes foram medidos em espectrofotômetro a  $\lambda = 490$  nm de absorbância.

As determinações de AD e AR foram realizadas usando o método proposto pela AOAC (1997) e modificado por Walter *et al.* (2003a). Essa determinação inclui digestões enzimáticas sequenciais com amilase (Termamyl 120L<sup>®</sup>), amiloglicosidase (AMG 300L<sup>®</sup>) e protease (Flavourzyme 500L<sup>®</sup>) para hidrólise do amido e da proteína. Os açúcares resultantes dessa digestão foram quantificados em espectrofotômetro a  $\lambda = 505$  nm de absorbância, utilizando o kit glicose oxidase-peroxidase (GOP) como reativo de cor. O teor de AD encontrado foi corrigido para o teor de açúcares simples, subtraindo-se estes do valor de AD obtido.

A determinação da FT foi realizada segundo o método enzimático-gravimétrico proposto por Proskey *et al.* (1992), que consta de sucessivas digestões com amilase (Termamyl 120 L<sup>®</sup>), amiloglicosidase (AMG 300 L<sup>®</sup>) e protease (Flavourzyme 500 L<sup>®</sup>) e posterior precipitação da fibra em solução de etanol 78%. A amostra foi filtrada utilizando lâ de vidro como auxiliar de filtração (Silva *et al.*, 2003) e os resíduos remanescentes foram lavados com etanol 92% e acetona, sendo secos a 105°C. A FDN foi determinada conforme Van Soest *et al.* (1991), com modificações propostas por Silva *et al.* (2003), que implicam na redução de amostra e solução detergente neutra, sendo utilizada na etapa de digestão 0,350 g de amostra e 35 mL de solução detergente neutra, e adicionada 40  $\mu$ L de enzima  $\alpha$ -amilase (Termamyl 120 L<sup>®</sup>). Após a filtração, feita também com auxílio de lâ de vidro, os resíduos foram lavados com água quente e acetona. Os

valores de FT e FDN foram corrigidos para o teor de cinzas e proteína insolúveis. O conteúdo de FS foi obtido por estimativa através da diferença entre os teores de fibra total e fibra insolúvel (Prosky *et al.*, 1992). Todas as enzimas utilizadas foram fornecidas pela Novozymes Latin Americam Limited e mantidas em ambiente refrigerado a 4°C, conforme recomendação do fabricante. Para caracterizar a repetibilidade das determinações, foram feitas 10 duplicatas por amostra analisada (AS, AD, AR, FT, FDN) determinando-se as médias, os intervalos de confiança (IC) e os coeficientes de variação (CV).

## Resultados e discussão

Os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) dos concentrados energéticos analisados encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE).  
**Table 1.** Teors of dry material (DM), organic material (OM), mineral material (MM), crude protein (CP) and ether extract (EE).

| Alimento<br>Feed | %MS<br>%DM | %MO*<br>%OM* | %MM*<br>%MM* | %PB*<br>%CP* | %EE*<br>%EE* |
|------------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| MIL<br>COR       | 87,26      | 98,80        | 1,20         | 7,10         | 5,81         |
| SOR<br>SOR       | 86,95      | 98,68        | 1,32         | 7,68         | 3,07         |
| PC<br>CP         | 87,17      | 95,89        | 4,11         | 7,54         | 3,46         |
| FT1<br>WM1       | 87,02      | 89,50        | 10,50        | 19,89        | 4,24         |
| FT2<br>WM2       | 86,96      | 96,18        | 3,82         | 18,23        | 1,65         |
| TRIG<br>MW       | 88,18      | 97,32        | 2,68         | 15,71        | 2,36         |
| FAI1<br>RB1      | 87,35      | 91,99        | 8,01         | 15,81        | 8,43         |
| FAI2<br>RB2      | 88,85      | 88,69        | 11,31        | 13,91        | 15,58        |
| FAI3<br>RB3      | 89,61      | 89,47        | 10,53        | 21,96        | 21,53        |
| FAI4<br>RB4      | 89,13      | 91,08        | 8,92         | 17,83        | 15,39        |
| FAI5<br>RB5      | 90,94      | 88,64        | 11,36        | 16,69        | 20,04        |

\* Dados expressos em % da matéria seca; MIL= grão de milho; SOR= grão de sorgo; PC= polpa de citrus; FT1 e FT2= farelo de trigo; TRIG= trigoilho; FAI1, FAI2, FAI3, FAI4, FAI5= farelo de arroz integral.

\* Values express in % dry material; COR= corn grain; SOR= sorghum grain; CP= citric pulp; WM1 and WM2= wheat mill; MW= middling wheat; RB1, RB2, RB3, RB4, RB5= rice bran.

Na Tabela 2 são apresentados os teores médios, intervalos de confiança e coeficientes de variação das frações açúcares simples, amido disponível e amido resistente.

Nos grãos maduros, os AS são de baixa

**Tabela 2.** Médias, intervalos de confiança (IC) e coeficientes de variação (CV) para os conteúdos de açúcares simples (AS), amido disponível (AD) e amido resistente (AR).

**Table 2.** Averages, confidence interval (CI) and variation coefficient (VC) to teors of sugars simple (SS), digestible starch (DS) and resistant starch (RS).

| Alimento<br>Feed | AS<br>SS           |              |          | AD<br>DS           |              |          | AR<br>RS           |              |          |
|------------------|--------------------|--------------|----------|--------------------|--------------|----------|--------------------|--------------|----------|
|                  | Média*<br>Average* | IC**<br>CI** | CV<br>VC | Média*<br>Average* | IC**<br>CI** | CV<br>VC | Média*<br>Average* | IC**<br>CI** | CV<br>VC |
| MIL<br>COR       | 4,57               | 6,33-2,82    | 19,17    | 68,90              | 81,56-56,24  | 9,10     | 3,78               | 4,28-3,28    | 6,66     |
| SOR<br>SOR       | 4,42               | 5,84-3,01    | 16,01    | 72,83              | 82,43-64,55  | 6,29     | 3,71               | 4,16-3,27    | 6,04     |
| PC               | 17,83              | 19,55-16,11  | 4,81     | 0,00               | -            | -        | 3,21               | 3,63-2,79    | 6,55     |

ocorrência na forma livre; no entanto, são de extrema importância na formação dos componentes estruturais e de reserva do grão (Evers *et al.*, 1999). Conforme Hall (2000), a polpa de citrus pode conter mais de 20% da sua MS composta por açúcares simples, sendo esse teor variável de acordo com a espécie e cultivar de citrus que a origina. Neste trabalho, o valor médio de AS registrado para a PC (Tabela 2) foi semelhante ao encontrado por Hall (2000) (18,4% de mono e oligossacarídeos). O elevado teor de açúcares simples da PC explica porque esse subproduto produz inicialmente maior produção de lactato no rúmen do que os grãos de sorgo e milho, como foi observado por Cullen *et al.* (1986). No caso da PC, o aumento na produção de ácido láctico em decorrência da rápida degradação desses açúcares não foi linear, ao contrário do que ocorreu com o milho e sorgo. Esse fato pode ser atribuído ao elevado teor de fibra solúvel da PC, composta principalmente por pectina, a qual não é fermentada a lactato (Van Soest *et al.*, 1991). Essa tendência em manter o pH ruminal elevado e aumentar a produção de ácido acético forma, mesmo com uma alta produção inicial de ácido láctico, a polpa de citrus apresenta em comparação aos alimentos energéticos tradicionais (Nogueira *et al.*, 2003).

O milho e o sorgo, apesar da menor capacidade em produzir inicialmente lactato ruminal devido ao baixo teor de mono e oligossacarídeos, apresentam elevadas quantidades de amido (Tabela 2), cuja alta fermentabilidade produz ácido láctico em níveis elevados que reduz o pH ruminal e favorece o desenvolvimento de desordens metabólicas como a acidose quando os valores de pH ruminal são inferiores a 5 (Kolb e Gürtler, 1987).

O amido é a principal fonte energética explorada na nutrição animal e a sua quantificação em grãos de cereais pode ser utilizada como indicativo indireto de valor nutricional (Silva, 2002). Para o milho, o valor de AD ficou entre os valores citados por Hall (2000) (64%) e por Rostagno *et al.* (2000) (71,52%). O teor de AD no farelo de trigo também foi semelhante aos encontrados por estes autores (33,78%), FT1 e FT2 obtiveram média de 33,89%, enquanto que para o sorgo o valor de AD foi inferior (66,13%) aos relatados. Wester *et al.* (1992) encontraram teores de AD que variaram de 64,3% a 70,3% em diferentes híbridos de sorgo.

|      |      |            |       |       |             |       |      |           |      |
|------|------|------------|-------|-------|-------------|-------|------|-----------|------|
| CP   |      |            |       |       |             |       |      |           |      |
| FT1  | 3,29 | 3,71-2,87  | 6,40  | 32,28 | 38,87-25,69 | 11,03 | 2,69 | 3,16-2,23 | 8,68 |
| WM1  |      |            |       |       |             |       |      |           |      |
| FT2  | 8,47 | 11,11-5,83 | 15,59 | 35,50 | 40,89-30,11 | 8,38  | 3,05 | 3,20-2,90 | 2,42 |
| WM2  |      |            |       |       |             |       |      |           |      |
| TRIG | 2,17 | 2,60-1,74  | 9,97  | 59,12 | 65,96-52,29 | 6,37  | 3,04 | 3,31-2,78 | 4,38 |
| MW   |      |            |       |       |             |       |      |           |      |
| FAI1 | 5,98 | 7,24-4,72  | 10,52 | 50,66 | 57,86-43,47 | 6,92  | 3,72 | 4,02-3,41 | 4,06 |
| RB1  |      |            |       |       |             |       |      |           |      |
| FAI2 | 4,30 | 5,16-3,43  | 10,06 | 33,49 | 39,09-27,88 | 10,18 | 2,86 | 3,43-2,29 | 9,91 |
| RB2  |      |            |       |       |             |       |      |           |      |
| FAI3 | 7,14 | 8,65-5,62  | 10,62 | 10,34 | 12,97-7,70  | 15,03 | 3,41 | 3,97-2,85 | 8,22 |
| RB3  |      |            |       |       |             |       |      |           |      |
| FAI4 | 4,38 | 5,42-3,34  | 11,91 | 34,55 | 37,49-31,60 | 4,58  | 2,93 | 3,16-2,70 | 3,95 |
| RB4  |      |            |       |       |             |       |      |           |      |
| FAI5 | 6,39 | 7,69-5,09  | 10,17 | 19,70 | 23,81-15,58 | 8,52  | 2,75 | 3,04-2,45 | 5,30 |
| RB5  |      |            |       |       |             |       |      |           |      |

\* Dados expressos em % da matéria seca; \*\* Intervalo de confiança de 95%; MIL= grão de milho; SOR= grão de sorgo; PC= polpa de citrus; FT1 e FT2= farelo de trigo; TRIG= trigo; FAI1, FAI2, FAI3, FAI4, FAI5= farelo de arroz integral.

\* Values express in % dry material; \*\* Confidence interval of the 95%; COR= corn grain; SOR= sorghum grain; CP= citric pulp; WM1 and WM2= wheat mill; MW= middling wheat; RB1, RB2, RB3, RB4, RB5= rice bran.

Segundo revisão feita por Huntington (1997), o conteúdo de amido do milho e sorgo é próximo a de 72%. Já Weiss *et al.* (1989) obtiveram 64,95% de amido no milho. Para o subproduto da laranja, o teor de AD na literatura consultada variou de 0,22% (Rostagno *et al.*, 2000) a 1,60% (Hall, 2000), os quais são superiores ao encontrado neste trabalho (Tabela 2). Os farelos de arroz apresentaram grande variação no conteúdo de amido, 10,34% (FAI3) a 50,66% (FAI1).

Deve-se salientar que os valores de AD determinados no presente trabalho foram corrigidos para a quantidade de açúcares das amostras (Hall, 2000). Esse procedimento foi adotado porque a maioria dos carboidratos digestíveis (monossacarídeos, oligossacarídeos e amido) presentes nos alimentos possuem a glicose como monômero básico, a qual é a unidade final usada nos métodos analíticos para quantificação dessas frações. Considerando que a técnica usada para determinação do amido tem como base a medição da glicose resultante da digestão da amostra integral, toda a glicose presente nesta, independente de sua origem, seria quantificada como amido, fornecendo valores errôneos desse componente. Sendo assim, do teor de amido disponível obtido foi subtraído o conteúdo de AS quantificado nas amostras, evitando essa possível superestimação. Nas amostras de polpa de citrus analisadas por Hall *et al.* (1997), o teor de amido encontrado foi 25,8%. Entretanto, quando os mono e oligossacarídeos foram pré-extraídos com etanol 80%, o conteúdo de amido para a mesma amostra de polpa analisada foi de 2%.

A fração AR, segundo Goñi *et al.* (1996), é definida como sendo “a soma de amidos e produtos de sua degradação, não absorvidos no intestino delgado de indivíduos saudáveis”. Nos cereais, essa quantidade de amido indigestível pode ser grânulos de amido naturalmente resistentes que dependem da proporção entre os polímeros amilose:amilopectina que formam o amido, da cristalinidade e do grau de gelatinização; ou grânulos de amido retrogradado, resultado dos tratamentos, principalmente os

térmicos, usados no processamento dos grãos (Sambucetti e Zuleta, 1996; Goñi *et al.*, 1996). Este último é o mais comumente encontrado, pois o processamento térmico causa modificações na estrutura e/ou rupturas nas moléculas de amilose (Walter *et al.*, 2003b). Os fragmentos que se originam dessa reação podem se combinar com outras moléculas, dando origem a um novo composto, resistente à digestão enzimática no trato gastrointestinal (Storck *et al.*, 2003). Considerando que os alimentos utilizados neste trabalho não foram submetidos a nenhum tipo de processamento intenso, acredita-se que os valores obtidos, tendo em vista também os baixos coeficientes de variação e os estreitos intervalos de confiança, sejam condizentes aos alimentos analisados.

Os coeficientes de variação para as determinações de AS e AD ficaram, na maioria das amostras, abaixo de 10% e para AR todos abaixo desse valor; percentual considerado bom segundo Goñi *et al.* (1996). Essa observação é importante, principalmente se for levada em consideração a quantidade de amostra e reagentes utilizados nas metodologias, cujo erro, determinado ou indeterminado, pode comprometer a confiabilidade dos resultados.

Na Tabela 3 encontram-se os valores médios, intervalo de confiança e coeficientes de variação para as frações de fibra quantificadas.

O conceito de fibra evoluiu muito ao longo dos anos, principalmente pelo interesse dos pesquisadores da área de nutrição humana e de não ruminantes, em função dos efeitos positivos e negativos associados a esse carboidrato no organismo dessas espécies. Atualmente, a fibra dietética ou alimentar é conceituada em função de um critério fisiológico representado pela resistência à hidrólise por enzimas de mamíferos, ao qual pode ser associado, ou não, um critério relativo à disponibilidade de método analítico (Picolli, 1997). Essa fração representa a soma dos PNA e outros compostos indigestíveis, como a lignina, os taninos, alguns compostos minoritários e amido resistente (Silva, 2002). Apesar da polêmica

em incluir o amido resistente na fração de fibra deve-se considerar que esse composto também é resistente à ação enzimática no intestino delgado e está sujeito à fermentação bacteriana no intestino grosso (com produção de ácidos graxos voláteis). Sendo assim, o mesmo assume propriedades fisiológicas de um polissacarídeo fibroso (Sambucetti e Zuleta, 1996).

Em trabalho realizado por Picolli (1997) foram registrados valores de FT para o milho e sorgo (13,14% e 11,47%, respectivamente) ligeiramente inferiores aos encontrados neste trabalho (Tabela 3). Os coeficientes de variação observados para a FT foram menores do que 10% em todas as amostras analisadas. Segundo Prosky *et al.* (1992), esse percentual para métodos enzimáticos pode ser considerado excelente. Os CV para determinação da fibra dietética total encontrados por Prosky *et al.* (1988) em um estudo interlaboratorial ficaram abaixo de 15%, com exceção de amostras que continham

pouca fibra total (ao redor de 1%). Nestas, os CV chegaram a 70%.

Conforme Theander *et al.* (1989), Englyst (1989) e Sambucetti e Zuleta (1996), os valores de fibra determinados pelo método inicialmente adotado pela AOAC podem estar superestimados pelo teor de lignina e amido resistente. Todavia, considerando que AR é conceituada como sendo aquela fração do amido não digerida pelas enzimas do organismo animal, ela assume característica de digestão semelhante aos polissacarídeos fibrosos, sendo utilizado como tal pelo organismo de não ruminantes.

Os dados de FDN encontrados neste trabalho variaram quando comparados aos valores mencionados em tabelas de composição de alimentos. Os valores de FDN citados pelo NRC (1996) para a PC, farelo de trigo, grãos de milho e sorgo foram de 23%; 35%; 9% e 13,30%, respectivamente.

**Tabela 3.** Médias, intervalos de confiança (IC) e coeficientes de variação (CV) para os conteúdos de fibra total (FT) e fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e médias estimadas de fibra solúvel (FS).

**Table 3.** Averages, confidence interval (CI) and variation coefficient (VC) to teors of total fiber (TF), neutrol detergent insoluble fiber (NDF) and soluble fiber (SF).

| Alimento<br>Feed | FT                 |             |          | FDN                |             |          | FS                 |
|------------------|--------------------|-------------|----------|--------------------|-------------|----------|--------------------|
|                  | Média*<br>Average* | IC<br>CI**  | CV<br>VC | Média*<br>Average* | IC<br>CI**  | CV<br>VC | Média*<br>Average* |
| MIL<br>COR       | 17,00              | 19,67-14,33 | 7,85     | 14,18              | 15,44-12,91 | 4,45     | 2,92               |
| SOR<br>SOR       | 14,76              | 16,76-12,77 | 6,76     | 11,49              | 13,42-9,55  | 8,42     | 3,14               |
| PC<br>CP         | 60,98              | 62,49-59,48 | 1,23     | 20,97              | 21,65-20,28 | 1,64     | 39,87              |
| FT1<br>WM1       | 39,55              | 42,52-36,58 | 3,76     | 31,42              | 32,15-30,69 | 1,16     | 7,85               |
| FT2<br>WM2       | 35,00              | 38,46-31,55 | 4,93     | 26,94              | 27,60-26,28 | 1,22     | 8,12               |
| TRIG<br>MW       | 20,90              | 22,59-19,22 | 4,03     | 17,30              | 18,10-16,49 | 2,33     | 3,72               |
| FAI1<br>RB1      | 23,18              | 27,00-19,37 | 8,23     | 15,09              | 17,62-12,56 | 8,39     | 8,00               |
| FAI2<br>RB2      | 37,77              | 42,92-32,62 | 6,82     | 29,74              | 30,64-28,84 | 1,51     | 8,76               |
| FAI3<br>RB3      | 37,93              | 42,62-33,25 | 6,17     | 28,28              | 29,29-27,28 | 1,78     | 9,73               |
| FAI4<br>RB4      | 30,30              | 33,44-27,16 | 5,18     | 22,45              | 23,91-21,00 | 3,24     | 7,94               |
| FAI5<br>RB5      | 37,95              | 42,33-33,57 | 5,77     | 27,44              | 28,59-26,28 | 2,10     | 10,70              |

\* Dados expressos em % da matéria seca; \*\* Intervalo de confiança de 95%; MIL= grão de milho; SOR= grão de sorgo; PC= polpa de citrú; FT1 e FT2= farelo de trigo; TRIG= trigo; FAI1, FAI2, FAI3, FAI4, FAI5= farelo de arroz integral.

\* Values express in % dry material; \*\* Confidence interval of the 95%; COR= corn grain; SOR= sorghum grain; CP= citric pulp; WM1 and WM2= wheat mill; MW= middling wheat; RB1, RB2, RB3, RB4, RB5= rice bran.

Roostagno *et al.* (2000) quantificaram para esses mesmos alimentos valores de 23,99%; 45,95%; 13,08% e 11,41% na ordem em que se encontram citados, observando, para o farelo de arroz integral e trigo, médias de 23,88% e 21,23%, respectivamente. Hall (2000) encontrou valores de 42,30%; 24,40% e 12,6% de FDN para o farelo de trigo, polpa de citrú e grão de milho. Quando se trata em composição bromatológica de grãos e, principalmente de subprodutos, muitos são os fatores que tornam ampla a variação; entre eles o tipo de cultivar, a região de origem, as condições climáticas e de plantio, as condições de armazenamento, a contaminação, o tipo e o grau de beneficiamento,

entre outros. Também variações interlaboratoriais, referentes à amostragem, tipo de moagem e tamanho de partícula, conservação, técnicas utilizadas, entre outras, podem contribuir para aumentar a variação. Isto evidencia a importância de se padronizarem os procedimentos laboratoriais a fim de que os resultados sejam passíveis de comparação, principalmente no que diz respeito aos carboidratos, visto que a especificidade das metodologias que vêm sendo desenvolvidas para a determinação dos seus constituintes, incluindo mais recentemente o conteúdo de amido e PNA dos alimentos, demonstra a importância nutricional dos carboidratos, não como uma entidade única, mas como frações distintas que

exercem efeitos diferenciados no organismo animal e na produção.

Em relação aos componentes solúveis da fibra, de acordo com Choct (1997), milho e sorgo são os grãos que apresentam os menores teores entre os cereais. Picolli (1997) obteve 0,49% e 1,26% de FS para o sorgo e milho de diferentes variedades, respectivamente. Nos dados encontrados por Hall (2000), o valor de FS para o milho foi superior (8,1%) e para farelo de trigo e polpa de citrus foram ligeiramente inferiores (3,4% e 34,5%). Dados sobre farelo de arroz integral não foram encontrados. Neste trabalho, a PC obteve os 39,87% de FS (Tabela 3), justificado pelo seu alto teor de FT e intermediário de FDN. Para animais ruminantes, essa estimativa é bastante válida, pois esses PNA solúveis (pectinas, arabinas e  $\beta$ -glucanas), apesar de facilmente fermentáveis, não produzem lactato (Strobel e Russel, 1986). Por conseguinte, alimentos ricos em fibra solúvel, como a polpa de citrus, são excelentes fontes energéticas, uma vez que não provocam desordens metabólicas relacionadas com a acidose láctica.

Embora existam poucas informações sobre a composição dos componentes da fração energética dos alimentos destinados à alimentação animal, sua avaliação é de extrema importância, em especial considerando a possibilidade de se estabelecerem relações entre os teores de fibra com diferenciados efeitos fisiológicos que, em última instância, se refletirão diretamente sobre o desempenho animal (Jeraci e Van Soest, 1990).

Na literatura consultada, os estudos em torno de açúcares simples, amido resistente, fibra total e fibra solúvel são recentes e aplicados principalmente à nutrição humana, sendo escassas as informações para alimentos destinados à dieta animal, o que gera dificuldades no momento de validar os resultados obtidos neste trabalho através da comparação com os já existentes. A repetibilidade intralaboratorial das determinações, contudo, considerando o intervalo de confiança e os coeficientes de variação dos dados observados, servem como indicativos de que os valores encontrados para essas frações nos diferentes alimentos analisados estão concomitantes com a realidade dos mesmos e, portanto, podem servir de referência para trabalhos futuros.

## Conclusão

A boa repetibilidade das metodologias adotadas para o fracionamento dos carboidratos, considerando a estatística descritiva, permitiu a utilização das mesmas para melhor identificar os principais grupos de carboidratos que compõem os alimentos estudados, contribuindo para o melhor entendimento e aproveitamento energético desses ingredientes na alimentação animal.

## Referências

- AOAC-ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 16. ed. Washington, D.C.: AOAC, 1997.
- CHOCT, M. Feed non-starch polysaccharides: chemical structures and nutritional significance. *Feed Milling International*, p. 13-26, 1997.
- CULLEN, A.J. et al. *In vitro* fermentation of sugars, grains, and by-product feeds in relation to initiation of ruminal lactate production. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 69, n. 10, p. 2617-2621, 1986.
- ENGLYST, H. Classification and measurement of plant polysaccharides. *Anim. Feed Sci. Technol.*, Amsterdam, v. 23, n. 2, p. 27-42, 1989.
- EVERS, A.D. et al. Cereal structure and composition. *Aust. J. Agric. Res.*, v. 50, n. 5, p. 629-650, 1999.
- GOÑI, I. et al. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. *Food Chem.*, Exeter, v. 56, n. 4, p. 445-449, 1996.
- HALL, M.B. et al. A simple method for estimation of neutral detergent-soluble fiber. *J. Sci. Food Agr.*, v. 74, p. 441-449, 1997.
- HALL, M.B. *Neutral detergent-soluble carbohydrates nutritional relevance and analysis*. Institute of Food and Agricultural Sciences: University of Florida, 2000.
- HUNTINGTON, G.B. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 75, p. 852-867, 1997.
- JERACI, J.L.; VAN SOEST, P.J. Improved methods for analysis and biological characterization of fiber. *Adv. Exp. Med. Biol.*, New York, v. 270, n. 2, p. 245-263, 1990.
- KOLB, E.; GÜRTLER, H. *Fisiologia veterinária*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1987.
- NOGUEIRA, K.A. et al. Efeito da substituição do milho por polpa de citros sobre a produção de ácidos graxos voláteis no rúmen de bovinos alimentados com dietas com alto concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003. Santa Maria. *Anais...* Santa Maria: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003. 1CD-ROM.
- NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrients requirements of beef cattle*. 7. ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1996.
- PICOLLI, L. *Determinação de fibra total, insolúvel e solúvel em grãos de cereais*. 1997. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.
- PROSKY, L. et al. Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products: Interlaboratory study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, Galthersburg, v. 71, n. 5, p. 1017-1023, 1988.
- PROSKY, L. et al. Determination of insoluble and soluble dietary fiber in foods and food products: Collaborative study. *J. AOAC Int.*, Galthersburg, v. 75, n. 2, p. 360-367, 1992.
- ROSTAGNO, H.S. et al. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. Viçosa: UFV, 2000.

- SAMBUCETTI, M.E.; ZULETA, A. Resistant starch in fiber values measured by the AOAC method in different cereals. *Cereal Chem.*, St Paul, v. 73, n. 6, p. 759-761, 1996.
- SILVA, L.P. *Composição química de trigo e de aveia e efeito dos teores e proporções de fibra alimentar sobre a resposta biológica de frangos de corte e ratos*. 2002. Tese (Doutorado em Zootecnia)–Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- SILVA, L.P. *et al.* Mudanças de protocolo na metodologia de análise da fibra em detergente neutro. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECHNIA, 40., 2003. Santa Maria. *Anais...* Santa Maria: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003. 1CD-ROM.
- STORCK, C. R. *et al.* Influência do beneficiamento e do genótipo no teor de fibra alimentar do arroz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO 3., REUNIÃO DA CULTURA DE ARROZ, 25., 2003. Balneário Camboriú. *Anais...* Itajaí: Epagri, 2003. p. 617-619.
- STROBEL, H.J.; RUSSELL, J.B. Effect of pH and energy spilling on bacterial protein synthesis by carbohydrate-limited cultures of mixed rumen bacteria. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 69, p. 2941-2956, 1986.
- THEANDER, O. *et al.* Plant cell walls and monogastric diets. *Anim. Feed Sci. Technol.*, Amsterdam, v. 23, n. 2, p. 205-225, 1989.
- VAN SOEST, P.J. *et al.* Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.
- WALTER, M. *et al.* Comparação de metodologias para determinação de amido resistente. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 5., 2003a. Campinas. *Anais...* Campinas: 2003a. 1CD-ROM.
- WALTER, M. *et al.* Teor de amilose, retrogradação e formação de amido resistente em cultivares de arroz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO 3. REUNIÃO DA CULTURA DE ARROZ, 25., 2003b. Balneário Camboriú. *Anais...* Itajaí: Epagri, 2003b. p. 647-649.
- WEISS, W.P. *et al.* Effect of source of neutral detergent fiber and starch on nutrient utilization by dairy cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 72, n. 9, p. 2308-2315, 1989.
- WESTER, T.J. *et al.* Effect of grain sorghum hybrid on in vitro rate of starch disappearance and finishing performance of ruminants. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 70, p. 2866-2876, 1992.

Received on August 08, 2005.

Accepted on March 30, 2006.