

POLISSACARÍDEOS NÃO AMILÁCEOS NA NUTRIÇÃO DE MONOGÁSTRICOS – REVISÃO

[Polysaccharides not amylaceous in the monogastric nutrition – revision]

Mariany Souza de Brito^{1*}, Cleber Franklin Santos de Oliveira, Taisa Rocha Gomes da Silva, Rodrigo Barbosa de Lima, Sérgio Normando Morais, José Humberto Vilar da Silva²

¹Pós-Graduando(a) em Zootecnia, Campus II/CCA/UFPB, Areia, PB, CEP 58397-000.

²Professor do DAP/CCT/UFPB, Campus III s/n, Bananeiras, PB, CEP 58220-000.

RESUMO - Os polissacarídeos não amiláceos compreendem uma ampla classes de polissacarídeos como celulose, hemicelulose, quitina e pectinas que estão presentes na parede celular das células de alimentos de origem vegetal. As enzimas endógenas dos não ruminantes não degradam ou o fazem com baixa eficiência. Estes elementos modificam a digestibilidade, o tempo de permanência e a viscosidade no trato digestivo. O maior problema apresentando por esses componentes é a variabilidade de sua concentração nas mesmas cultivares de uma safra para outra sendo necessário um monitoramento constante. O uso de enzimas exógenas e o processamento dos alimentos podem reduzir os efeitos negativos causados pelos polissacarídeos não amiláceos.

Palavras-Chave: Beta-glucanas, celulose, hemicelulose, pectina, quitina.

ABSTRACT - The not amylaceous polysaccharides congregate ample classes of polysaccharides such as cellulose, hemi-cellulose, chitin and pectin that are present in the cell wall in plant food cells. The endogenous enzymes of the ruminants do not degrade them, or make it with low efficiency. These elements modify the digestibility, the time of permanence and viscosity in the digestive tract. The biggest problem presenting for these components is the variability of its concentration in the same ones to cultivars of a harvest for another one being necessary a constant monitor. The exogenous enzyme use and the processing of foods can reduce the negative effect caused by the not amylaceous polysaccharide.

Keywords: Beta glucan, cellulose, chitin, hemi-cellulose, pectin.

INTRODUÇÃO

No Brasil, existe um interesse contínuo na busca de alimentos alternativos que possam reduzir o custo das rações, porém sem comprometer o desempenho dos animais. Na criação de aves, de suínos e de coelhos, o milho é o principal alimento energético utilizado nas formulações de rações. Entretanto, nos últimos anos, a produção de milho não tem sido capaz de atender às necessidades das regiões produtoras, especialmente na entressafra (EMBRAPA, 1993), havendo a necessidade de avaliar alimentos alternativos para a substituição do milho e soja nas rações. Porém estes possuem uma gama de fatores antinutricionais que interferem na absorção de nutrientes entre eles os polissacarídeos não amiláceos.

Os polissacarídeos não amiláceos compreendem uma ampla classe de polissacarídeos como celulose,

hemicelulose, quitina e pectinas os quais podem diminuir o desempenho animal, dependendo de suas concentrações. Estes não podem ser degradados por enzimas endógenas, afetam a digestibilidade de nutrientes e modificam o tempo de permanência do alimento no trato digestivo. São polímeros de açúcares simples, devido à natureza das cadeias de ligações das unidades de açúcares que são resistentes a hidrólise no trato gastrointestinal dos animais não-ruminantes. Os polissacarídeos não amiláceos fazem parte da parede celular e consistem principalmente de pentoses, rafinose, estaquiase e sacarose, encontradas nas sementes de oleaginosas como também os beta-glucanos que se encontram em altas concentrações na cevada e aveia e pentosanas como as arabinoxilanas, que são encontradas no trigo, triticale e centeio. As sementes de oleaginosas, como a soja e a canola, os grãos de cereais com os seus respectivos subprodutos, tais como os farelos de arroz e de trigo, apresentam em sua composição

* Autor para correspondência. E-mail: zoonelson@hotmail.com.

bromatológica estes polissacarídeos que os animais não-ruminantes não digerem ou sua digestão é incompleta (Campestrini et al., 2005).

Polissacarídeos não amiláceos

Existem várias formas de polissacarídeos não amiláceos na natureza e estes são componentes da parede celular. O motivo para suas propriedades anti-nutricionais é a elevada capacidade de ligar-se a grandes quantidades de água, resultando num aumento da viscosidade do conteúdo intestinal quando o alimento contendo polissacarídeos não amiláceos for consumido. Os polissacarídeos são classificados como solúveis e insolúveis em função da capacidade de formar solução homogênea ou não com a água, contudo, muitas das atividades antinutritivas são atribuídas diretamente aos polissacarídeos solúveis apesar de os polissacarídeos insolúveis também apresentarem efeito na taxa de passagem da digesta e na retenção de água (Lima e Viola, 2001).

Os polissacarídeos não amiláceos, ou simplesmente fibras, principais constituintes da parede celular dos alimentos de origem vegetal, não podem ser digeridos pelas aves, devido à natureza de suas ligações, sendo resistentes à hidrólise no trato digestivo. A dificuldade na digestão da fibra, além de reduzir a energia do alimento, pode prejudicar a utilização do todo os outros nutrientes. Isto ocorre principalmente quando o tipo de fibra do alimento é solúvel, ou seja, tem grande capacidade de absorver água e formar substância gelatinosa no trato intestinal. A fibra solúvel é composta principalmente pela hemicelulose, a qual é composta, principalmente, pelos beta-glucanos na cevada e aveia e arabinoxilanos no trigo, centeio e farelo de arroz (Conte et al., 2003).

Os animais monogástricos não possuem a capacidade enzimática de digerir celulose, arabinoxilano, beta-glucanos, pectinas, entre outros, chamados polissacarídeos não amiláceos. Figueiredo (1998) citado por Dutra Jr (2000/2001). Penz (1998) confirma que, além da baixa digestibilidade, esses polissacarídeos ou fibras não amiláceas representam um problema para os animais, pois quando não digeridos aumentam a viscosidade do quimo intestinal, causando prejuízos no desempenho das aves, diminuindo a velocidade de passagem dos alimentos ao longo do trato digestivo, dificultando a ação das enzimas endógenas e interferindo na difusão ou transporte dos nutrientes.

A celulose pode ser caracterizada como um homopolissacarídeo de alto peso molecular, de

cadeia linear e de elevado grau de polimerização das unidades D-glicose unidas por ligações do tipo b-1,4 e b-1,6. Assim, possuem configuração alongada e agrega-se lado a lado formando microfibrilas insolúveis unidas por fortes ligações inter e intramoleculares como as pontes de hidrogênio, geralmente associada a lignina, apresentando-se insolúvel em meio alcalino, mas solúvel em meio ácido. A relação lignina/celulose determina a intensidade de degradação microbiana da parede celular, igualmente condicionada pela presença de outras substâncias incrustantes como a sílica e a cutina, além de fatores macromoleculares intrínsecos da própria celulose, como a cristalinidade e especificidade de suas ligações químicas, tanto para ruminantes como em não-ruminantes (Van Soest, 1994; Brett; Waldron, 1996).

As hemiceluloses caracterizam-se como heteropolissacarídeos de estrutura complexa e heterogênea, mas com um grau de polimerização inferior ao da celulose. São unidas por ligações glicosídicas b, aliados a açúcares residuais como xilose, arabinose, glicose, manose, galactose e ácido glucurônico. Assim, as hemiceluloses podem ser classificadas em pentosanas contendo polímeros de D-xilose unidos por ligações b-1,4 contendo cadeias laterais curtas de arabinose, ácido glucurônico, galactose e mesmo glicose (xilanos); ou contendo resíduos de galactose unidos por ligações b-1,3 e b-1,6 cujas cadeias laterais são formadas por arabinose (arabinoxilanos). As hemiceluloses também são classificadas em hexanos contendo predominantemente glicose e manose unidas por ligações b-1,4 (mananos), polímeros compostos de resíduos de glicose unidos por ligações b-1,3 e b-1,4 (b-glicanos) que se diferenciam da celulose pela solubilidade em meio alcalino, e os polímeros compostos por unidades de glicopiranosose unidas por ligações b-1,4 contendo cadeias laterais de xilanopiranosose unidas por ligações a-1,6 (xiloglicanos). Em leguminosas foram verificadas ramificações com galactose e frutose (Hatfield, 1989; Jung, 1989; Van Soest, 1985; Brett; Waldron, 1996).

As pectinas são polímeros do ácido 1,4-b-Dgalacturônico que se encontram principalmente na lamela média e parede primária da célula vegetal, atuando como elemento “cimentante” entre membranas. A cadeia helicoidal de ácidos galacturônicos possivelmente está associada lateralmente com arabinoxilanos e galactomananos, sendo que os grupamentos ácidos estão geralmente combinados com sais de cálcio e metil-ésteres. As pectinas diferem das moléculas amiláceas pela posição axial da ligação no carbono-4, não sendo

atacadas pelas amilases, porém, são susceptíveis a ação microbiana. As pectinas são mais abundantes em leguminosas do que em gramíneas, e estão presentes em concentrações significativas em certos subprodutos ou resíduos agro-industriais como as polpas de citrus e de beterraba (Ferreira, 1994; Van Soest; Robertson; Lewis, 1991; Van Soest, 1994) citado por Arruda et al (2003).

A lignina constitui-se de polímeros condensados de diferentes álcoois fenilpropanóides p-cumárico, coniferílico e o sinapílico, além do ácido ferúlico, unidos por ligações do tipo éter ou ligações covalentes entre os núcleos benzênicos ou aliado aos radicais propano. A proporção destes componentes é irregular entre as plantas, e estão presentes em maior proporção na parede celular secundária, cuja principal função é de suporte estrutural e de resistência física às plantas. A lignina está presente em pequenas quantidades em forragens tenras ou jovens, tendendo a aumentar em função do estado de maturação das plantas e do ambiente em que se desenvolvem, assim como subprodutos agrícolas que incluem talos, cascas e palhas (Hatfield, 1989; Jung, 1989). Ela influencia negativamente a extensão da atividade fermentativa por dois mecanismos o impedimento que as enzimas dos microorganismos atuam nos polissacarídeos e a ligação covalente nos polissacarídeos (Arruda et al., 2003).

Annison e Choct (1991) citam que a presença de polissacarídeos não amiláceos na parede celular de cereais como trigo, cevada, centeio e triticale influenciam negativamente o aproveitamento da energia, aumentando a retenção de água no intestino e, como conseqüência, a viscosidade do conteúdo intestinal. Esse efeito negativo normalmente poderá influir no desempenho dos frangos.

Viscosidade no conteúdo gastrointestinal

Além da baixa digestibilidade, uma alta inclusão desses carboidratos pode causar um aumento da viscosidade intestinal e conseqüentemente reduzir a digestibilidade de outros componentes da dieta, comprometendo o desempenho dos animais (Conte et al., 2003). E em um ambiente viscoso, os nutrientes como as gorduras, amido e proteínas, se tornam menos acessíveis e disponíveis as enzimas endógenas. Essa viscosidade diminui a taxa de difusão de substratos e enzimas digestivas e impede suas interações na superfície da mucosa intestinal (Choct, 2001), levando ao comprometimento da digestão e da absorção de nutrientes. Além disso, viscosidade da digesta interfere na microflora intestinal e nas funções fisiológicas do intestino (Choct et al., 2004). O resultado disto é uma menor

digestibilidade destes nutrientes e a elevada viscosidade deste bolo alimentar aumenta a quantidade de fezes úmidas.

Nestas dietas de alta viscosidade, as enzimas adicionadas atuam reduzindo a viscosidade da digesta, degradando os complexos e fibras solúveis responsáveis em causar a viscosidade. Ocorrerá otimização da digestão dos nutrientes, diminuição no consumo de água, e no índice de umidade da cama. Também, mediante a decomposição da fibra presente nas paredes celulares pela adição de enzimas, há uma facilitação ao acesso das enzimas endógenas aos nutrientes encapsulados dentro destas paredes ricas em fibra. A diminuição da viscosidade ocorre devido à degradação das arabinosilanas solúveis das paredes celulares dos grãos, aumentando assim a digestibilidade de todos os nutrientes. Para dietas a base de cereais de alta viscosidade como a cevada, centeio, trigo e triticale, geralmente os complexos enzimáticos são compostos por carboidrases (glucanases, amilases, xilanases, arabinosilanas, celulases e hemicelulases).

A presença de compostos polissacarídeos não amiláceos determina aumento da viscosidade do alimento, em nível do trato gastrointestinal, o que origina reduções na digestão e absorção de aminoácidos, carboidratos, minerais e outros nutrientes, com conseqüente queda na produtividade das aves Bedford et al.(1991) citado por Tejedor et al.(2001). Além disto, possuem forte capacidade de ligação iônica com elementos minerais fazendo com que as dietas ricas em fibra interfiram negativamente na absorção de minerais (Arruda et al., 2003). Isto têm sido amplamente questionado na nutrição de coelhos.As propriedades físico-químicas da fibra vegetal se caracterizam por influir sobre o trânsito digestivo das dietas, a absorção de minerais e a absorção dos sais biliares e metabolismo dos lipídios. A capacidade higroscópica ou de retenção de água da fibra está particularmente relacionada com o seu conteúdo de hemiceluloses e pectinas. As substâncias pécticas, entre os polissacarídeos da parede celular vegetal, são as que tem mais importância no processo de retenção de água. Entretanto, como sua degradação pode ser completa, pode haver liberação e disponibilidade de substâncias para a flora bacteriana intestinal.

Utilização de enzimas exógenas

A utilização de enzimas exógenas se torna importante, pois estas hidrolizam os polissacarídeos não amiláceos que podem ser potencialmente utilizados pelo animal, aumentando, por exemplo, a utilização de energia. Outra conseqüência importante

desta utilização é a redução do impacto negativo destes resíduos não digestivos sobre a viscosidade da digesta. Na aveia e na cevada, os polissacarídeos não amiláceos predominantes são os beta-glucanos, enquanto no trigo e arroz, os arabinoxilanos predominam. Portanto, as enzimas específicas para a cevada contêm o princípio ativo beta glucanase, enquanto aquelas destinadas a aumentar a digestibilidade do trigo devem conter xilanase e arabinoxilalase.

Segundo Zanella (1998) citado por Dutra Jr (2000/2001), as enzimas digestivas nada mais são do que proteínas e atuam como catalizadores biológicos sobre substratos específicos, acelerando as reações, aumentando assim, a digestibilidade de nutrientes específicos das matérias primas ou da ração como um todo. Também reduzem os efeitos deletérios de fatores anti-nutricionais presentes em diversos cereais e seus respectivos subprodutos (Schang, 1996).

As principais enzimas para a degradação dos polissacarídeos não amiláceos são as xilanases, celulasas e as glucanases, que não são sintetizadas pelos não-ruminantes. As aves são capazes de produzir certas enzimas digestivas, como a amilase para digerir o amido e as proteases para digerir as proteínas, porém, elas não produzem as enzimas necessárias para a degradação da fibra, presente na maioria dos alimentos. A fibra dificulta a digestão, impedindo que as enzimas digestivas endógenas atinjam o substrato alvo dos alimentos. Os beta-glucanos e as pentosanas presentes nos grãos não são digeridas pelas aves, porém, se tornam solúveis durante o processo de digestão, produzindo aumento

da viscosidade intestinal do quimo intestinal. (Campestrini, 2005). Marsmann et al. (1997) também observaram que a adição de enzimas protease e carboidrase, juntas ou separadas, em dietas à base de farelo de soja melhoraram a digestibilidade das proteínas e dos polissacarídeos não amiláceos.

A Suplementação de algumas dietas com enzimas endógenas se faz necessária por causa da capacidade digestiva dos animais que varia de acordo com a idade. Em aves e suínos jovens, a produção de enzimas endógenas é menor que nos adultos logo, a digestibilidade dos alimentos, em geral, é menor em aves e suínos jovens, podendo ser melhorada com a adição de enzimas exógenas.

Costa et al. (2004) citado por Miltenburg (2007), com o objetivo de estudar o efeito da adição de um Complexo Multienzimático (CM) em rações de frangos de corte que tiveram seus níveis protéicos e energéticos reduzidos, sobre o desempenho, rendimento de carcaça e gordura abdominal das aves durante as fases inicial (1-21 dias), crescimento (22-42 dias) e total (1-42 dias de idade). A dieta sem adição do CM foi considerada o tratamento controle (T1). No tratamento dois (T2) foi adicionado 0,1% do CM na ração controle, e para os tratamentos 3, 4 e 5 (T3, T4 e T5) respectivamente os níveis protéicos e energéticos foram reduzidos em 1%, 2% e 3%, mas com adição de 0,1%; 0,2% e 0,3% do CM, respectivamente. Na Tabela 1 são apresentados os dados médios de consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar para a fase inicial, de crescimento dos frangos de corte período total de criação.

Tabela 1: Efeito dos níveis do complexo enzimático e da redução dos níveis nutricionais sobre o desempenho de frangos de corte, no período de 1 a 21 e 22 a 42 dias de idade. Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) nas diferentes fases de criação.

Tratamentos	Desempenho das aves nas diferentes fases de criação								
	1 a 21			22 a 42			22 a 42		
	CR (kg)	GR (kg)	CA (kg/kg)	CR (kg)	GR (kg)	CA (kg/kg)	CR (kg)	GR (kg)	CA (kg/kg)
1	1,13	0,77	1,47b	3,35ab	1,66	2,00	4,44	2,40B	1,85AB
2	1,13	0,81	1,39c	3,43a	1,70	2,00	4,51	2,56A	1,76B
3	1,15	0,76	1,52a	3,32b	1,58	2,08	4,43	2,30C	1,93A
4	1,15	0,80	1,38c	3,40a	1,71	2,04	4,55	2,50AB	1,83AB
5	1,20	0,81	1,42c	3,32b	1,65	2,03	4,49	2,42B	1,86AB
CV	2,80	3,38	2,13	1,23	4,67	3,55	1,77	2,27	2,88

Médias seguidas de letras distintas, dentro de cada coluna, diferem entre si pelo teste SNK (P<0,05).

A suplementação enzimática em substituição aos níveis energéticos não afetou o consumo de ração das aves na fase inicial. A conversão alimentar na fase inicial foi melhor para os tratamentos 2, 4 e 5 e na fase de crescimento, não se observaram diferenças estatísticas entre os tratamentos. Na fase de crescimento obteve-se maior consumo de ração para os tratamentos com adição de enzimas e alteração dos níveis de PB e EM. O ganho de peso não apresentou diferenças estatísticas significativas em relação aos tratamentos na fase inicial e crescimento. Quando se analisa o período total de criação, o tratamento 2 apresenta um resultado

satisfatório na faixa de 8,81% para conversão alimentar e 10,16% para ganho de peso em relação ao pior tratamento (T 3). Na Tabela 2 se verifica que o rendimento de carcaça (%) não foi influenciado pelos tratamentos estudados. Levando-se em consideração as análises do período total de criação (1 a 42 dias de idade), a recomendação dos autores é a adição do complexo enzimático (Avizyme 1500®) na ração controle, ou seja, a utilização da dieta com 3.100 kcal EM/kg e com acréscimo de 0,1 UE/kg de ração, proporcionando, dessa maneira, melhores resultados para ganho de peso, conversão alimentar e gordura abdominal.

Tabela II: Efeito dos níveis do complexo enzimático e da redução dos níveis nutricionais sobre o rendimento de carcaça (%) e gordura abdominal (%) de frangos aos 42 dias de idade.

Tratamentos	Rendimento de carcaça (%)	Gordura abdominal (%)
1	78,00	5,17c
2	76,30	5,10c
3	78,70	6,23b
4	77,34	7,06a
5	78,77	5,37c
CV	10,82	27,86

Médias seguidas de letras distintas, dentro de cada coluna, deferem pelo teste SNK (P<0,05)

Existem inúmeras justificativas para a adição de enzimas exógenas nas dietas dos animais. Entre elas está a possibilidade de empregar ingredientes que possuem nutrientes pouco disponíveis aos animais (farelos de arroz e trigo, grãos de trigo, centeio, cevada e aveia), pelo fato dos animais não terem enzimas para a sua digestão. É o caso dos ingredientes ricos em polissacarídeos não amiláceos e em fósforo fítico.

A baixa capacidade das aves em digerir os polissacarídeos não amiláceos indica uma necessidade efetiva de enzimas suplementares adequadas, similares àquelas produzidas pela microflora, com o objetivo de maximizar o potencial dos polissacarídeos não amiláceos, como fonte de energia e ao mesmo tempo minimizar as propriedades antinutricionais. As enzimas microbianas são usadas com sucesso há vários anos na indústria alimentar para redução de propriedades antinutricionais em dietas baseadas em cereais. O efeito positivo destas enzimas pode ser medido em termos de melhoria dos parâmetros de performance como ganho de peso ou taxa de conversão alimentar

observado por Heindl e Steinfeldt (1999) citado por Campestrini (2005). Na performance de frangos de corte alimentados de 0 a 42 dias de idade com uma dieta baseada em trigo com níveis graduais de suplementação de xilanases e glucanases.

Presença de polissacarídeos não amiláceos em alguns grãos

A aveia e a cevada contêm alto teor de beta-glucanas e este na aveia é bastante variável, dependendo do cultivar e é influenciado por fatores genéticos e ambientais. A aveia integral sem casca contém 3,41 a 4,82%; o farelo 5,81 a 8,89%; o farelo comercialmente disponível 7 a 10%, o farelo de aveia enriquecido 10,9 a 16,6%; e a goma de aveia aproximadamente 78% (Wood, 1991). Estudos realizados por Sá et al. (2000) indicam que existem diferenças nas concentrações de beta-glucanas em um mesmo cultivar de ano para ano, e provavelmente não é possível prever a concentração de beta-glucanas em aveia de safra para safra, devido ao efeito significativo do ano de cultivo e por isso faz-se necessário um constante acompanhamento.

Erickson et al. (1979) mostram que no triticales ocorre a presença de inibidores de tripsina e, segundo Walsh et al. (1993), de polissacarídeos não amiláceos, que prejudicaria a digestibilidade de nutrientes. O processamento por calor, nestes casos, poderia apresentar efeitos benéficos, pois, além de destruir os fatores anti-nutricionais, disponibilizaria mais nutrientes, principalmente energia.

Furuya (2001) em um experimento com tilápias utilizando alguns ingredientes alternativos observou menor valor de energia digestível do farelo de trigo, em relação aos demais alimentos avaliados provavelmente pelos elevados conteúdos de polissacarídeos não amiláceos e de fibra bruta presentes neste alimento, os quais atuam negativamente na digestibilidade da energia.

Sabe-se que raspa de mandioca apresenta fatores anti-nutricionais, como os polissacarídeos não amiláceos, que provocam menor eficiência da dieta, menor ganho diário e diminuição na digestibilidade de diversos nutrientes, o que apesar de não ter sido mensurado no experimento realizado por Nascimento et al. (2005), poderia justificar a diminuição do desempenho com o aumento dos níveis de raspa de mandioca integral.

O farelo de arroz contém segundo Cantor (1995), 25% de polissacarídeos não amídicos. Annonson et al. (1995) citado por Conte et al. (2002) obtiveram para o farelo de arroz 63,5% de polissacarídeos não amiláceos solúveis na parede celular, os quais são compostos principalmente pelas hemiceluloses.

A soja, ao contrário do que se pensava, possui quantidade apreciável de polissacarídeos não amiláceos (Ward e Fodge, 1996) na forma de pectinas, hemiceluloses e oligossacarídeos (rafinose e estaquiose) (Charlton, 1996).

CONCLUSÃO

Os efeitos dos Polissacarídeos não amiláceos são variáveis de acordo com a espécie, idade do animal e o aumento da concentração de alimentos que o contenham na ração, diminui o desempenho do animal. Os polissacarídeos não amiláceos embora diminuam a digestibilidade de diversos nutrientes, a eficiência da dieta e aumente a excreção de nitrogênio e fósforo no ambiente, a utilização de enzimas exógenas torna possível a utilização de alimentos alternativos sem prejuízo para o animal e o meio ambiente. Os alimentos alternativos são uma forma de diminuir a competição por grãos entre alimentação animal, humana e os biocombustíveis

desta forma o uso desses alimentos é viável e as pesquisas com uso destes associados com enzimas devem ser exploradas.

REFERÊNCIAS

- Annonson G. & Choct M. 1991. Anti-nutritive activities of cereal non starch polysaccharides in broiler diets and strategies minimizing theirs effects. *World Poultr. Sci. J.* 47:232-242.
- Arruda A.M.V., Pereira E.S., Mizubuti I.Y. & Silva L.D.F. 2003. *Semina: Ciências Agrárias* 24:181-190.
- Brett C.T. & Waldron K.W. 1996. *Physiology and biochemistry of plant cell walls*. 2th ed. Cambridge C&H Books.
- Campestrini E., Silva V.T.M. & Appelt M.D. 2005. Utilização de enzimas na alimentação animal. *Revista Eletrônica Nutritime* 2:254-267.
- Cantor A. 1995. Enzimas usadas na Europa, Estados Unidos e Ásia. Possibilidades para uso no Brasil. In: RONDA LATINOAMERICANA DE BIOTECNOLOGIA, 5., 1995, Curitiba. [S.l.: s.n.], p. 31-42.
- Charlton P. 1996. Expanding enzyme application: higher aminoacid and energy values for vegetable proteins. In: BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY, 12, Nottingham. Proceedings...Nottingham: Nottingham University Press, p.317-326.
- Choct M. 2001. Enzyme supplementation of poultry diets based on viscous cereals. In: Bedford, M.R. & Partridge, G.G. (ed.) *Enzymes in farm animal nutrition*. Oxford, CAB Publishing.
- Choct M., Kocher A., Waters D.L.E., et al. 2004. A comparison of three xylanases on the nutritive value of two wheats for broiler chickens. *Brit. J. Nut.* 92:53-61.
- Conte A.J., Teixeira A.S., Bertechini A.G., Fialho E.T. & Muniz J.A. 2002. Efeito da Fitase e Xilanase Sobre a Energia Metabolizável do Farelo de Arroz Integral em Frangos de Corte. *Ciênc. Agrotec.* 26:1289-1296.
- Conte A.J., Teixeira A.S., Fialho E.T., Schoulten N.A. & Bertechini A.G. 2003. Efeito da Fitase e Xilanase sobre o Desempenho e as Características Ósseas de Frangos de Corte Alimentados com Dietas Contendo Farelo de Arroz. *Rev. Bras. Zootec.* 32:1147-1156.
- Dutra JR, W.M., Neto J.B.R., Moreira J.C.S., Biassus I.O. & Gier M. 2000/2001. Substituição parcial do milho por resíduo da pré-limpeza do arroz com a adição de enzimas em rações para frangos de corte. ii - características de carcaça. *Rev. FZVA Uruguiana.* 7/8:170-178.
- EMBRAPA. 1993. Departamento de pesquisa e desenvolvimento, diversificação agropecuária. *Triticales*. PRONAPA, Brasília. n. 19.
- Erickson J.P. et al. 1979. Nutritional evaluation of triticales in swine starter and grower diets. *J. Anim. Sci.* 48:547-553.
- Furuya W.M., Pezzato L.E., Miranda E.C., Furuya V.R.B. & Barros M.M. 2001. Coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alguns ingredientes pela tilápia-do-nylo, *Oreochromis niloticus* (L.) (linhagem tailandesa). *Acta Scientiarum* 23:465-469.

- Hatfield R.D. 1989. Structural polysaccharides in forages and their degradation. Agr. J. 81:39-46.
- Jung H.G. 1989. Forage lignins and their effects on fiber digestibility. Agr. J. 81:33-38.
- Lima G.J.M.M. & Viola E.S. 2001. Ingredientes energéticos: trigo e triticale na alimentação animal. In: Simpósio Sobre Ingredientes Na Alimentação Animal. Campinas CBNA p.33-61.
- Marsmann G.J., Gruppen H., Van Der Poel, F.A. et al. 1997. The effect of thermal processing and enzyme treatments of soybean meal on growth performance, ileal nutrient digestibility, and chyme characteristics in broiler chicks. Poult. Sci. 76:864-872.
- Miltenburg G. 2007. Aditivos Alternativos como Promotores de Crescimento Frente aos Desafios na Saúde Animal. Congresso Internacional sobre Nutrição Animal e Alimentos Seguros CBNA. Campinas, SP.
- Nascimento G.A.J., Costa F.G.P., Amarante Júnior V.S. & Barros L.R. 2005. Efeitos da substituição do milho pela raspa de mandioca na alimentação de frangos de corte, durante as fases de engorda e final. Ciênc. Agrotec. 29:200-207.
- Penz Júnior A.M. 1998. Enzimas em rações para aves e suínos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 35, Botucatu-SP. p.165-178.
- Sá R.M., Francisco A.L., Ogliari P.J. & Bertoldi F.C. 2000. Variação no conteúdo de beta-glucanas em cultivares brasileiros de aveia. Ciênc. Tecnol. Aliment. (20)1. Campinas Apr.
- Shang M.J. 1996. O uso de enzimas VEGPRO em dietas para frangos em crescimento. In: 6a Ronda Latinoamericana de Biotecnologia da Alltech, Caribe, Anais... p. 71-77.
- Tejedor A.A., Albino L.F.T., Rostagno H.S., Lima C.A.R. & Vieites F. M. 2001. Efeito da Adição de Enzimas em Dietas de Frangos de Corte à Base de Milho e Farelo de Soja sobre a Digestibilidade Ileal de Nutrientes. Rev. Bras. Zootec. 30:809-816.
- Van Soest P.J. 1985. Comparative fiber requirements of ruminants and nonruminants. In: Cornell Nutrition Conference, 1985, Ithaca. Proceeding... New York: Cornell University Press, p.52-60.
- Van Soest P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2th ed. New York: Cornell University Press.
- Ward N.E. & Fodge D. 1996. Ingredients to counter antinutritional factors: soybean - based feeds need enzymes too. Feed Management 47:13-18.
- Wood P., Weisz J. & Fedec P. 1991. Potencial for β -glucan enrichment in brans derived from oat (*Avena Sativa* L.) cultivars of different (1-3), (1-4)- β -D-glucan concentrations. Cereal Chem. 68:48-51.