

Artigo Número 33
FATORES FISIOLÓGICOS QUE INTERFEREM NA DIGESTÃO E APROVEITAMENTO DO CARBOIDRATO EM CARNÍVOROS DOMÉSTICOS

José Walter da Silva Júnior¹ ; Lídia Marinho Silva Lima² ; Flávia Maria O. Borges Saad³

Introdução

Os cães e os gatos são os principais carnívoros domésticos. Desde longa data vêm acompanhando o Homem, cada qual ao seu modo, na evolução das civilizações. Hoje em dia, existem no mundo cerca de 370 milhões de cães e 430 milhões de gatos. Estima-se ainda que no Brasil este número seja de 27,9 milhões de cães e 12 milhões de gatos.

O estudo comportamental destas espécies, bem como a avaliação fisiológica destes, deixa claro que cães e gatos são carnívoros. Seus ancestrais se alimentavam de uma dieta extremamente cárnica. Apesar da dieta destes animais ter sido modificada ao longo da sua trajetória junto ao Homem, pouca mudança ocorreu no aparelho digestivo e no metabolismo intermediário destes, principalmente no dos gatos, para que pudessem se adaptar às novas dietas, principalmente a uma dieta baseada estritamente em carboidratos.

Muitos estudos demonstram e comprovam que cães e gatos são carnívoros. Porém, as diferenças no metabolismo destes animais são inúmeras, principalmente o de carboidratos e o de proteína. Assim, tem se utilizado de um senso comum onde cães sejam carnívoros não restritos e que os gatos sejam carnívoros restritos.

Esta revisão tem por objetivo elucidar algumas questões em relação ao aproveitamento nutricional do carboidrato pelos carnívoros domésticos. Assim, duas considerações se tornam importantes; primeiro: iremos tomar o gato como modelo, uma vez que sabidamente os cães já são considerados carnívoros não restritos há anos; segundo: a fração dos carboidratos abordada será o amido, as fibras e outros polissacarídeos não amiláceos (PNAs) não serão discutidos nesta revisão.

História Evolutiva

Enquanto os cães foram historicamente conhecidos como "o melhor amigo do homem", provavelmente, seja mais correto dizer que os gatos são "o amigo mais interessante do homem" (CASE, 2003).

Os gatos superaram os cães em número total de indivíduos domiciliados nos EUA. No Brasil as estatísticas apontam que em pouco tempo esta também será a nossa realidade. (ANFAL, 2004)

Os dados arqueológicos acerca da domesticação de cães remontam de aproximadamente 12 a 14 mil anos atrás (CASE, 1999). Entretanto, os gatos parecem estar entre nós há menos tempo, cerca de 9 mil anos, tendo sua domesticação originada no Egito de 3 a 5 mil anos atrás (CASE, 2003).

A história evolutiva dos cães comprova que estes há muito tempo, possuem uma dieta onívora, porém rica em proteína e gordura de origem animal. Ao serem domesticados, passaram a viver juntamente da sociedade humana, modificando bastante

¹ Médico Veterinário M.Sc. Doutorando em Nutrição Animal no DZO-UFLA

² Médica Veterinária Aluna Especial do curso de pós-graduação no DZO-UFLA

³ Médica Veterinária M.Sc., Dr. em Nutrição Animal, Prof. Adjunta do DZO-UFLA

a sua alimentação ao longo dos séculos. Com o advento da agricultura, quantidades crescentes de cereais passaram a fazer parte também da dieta dos cães (TARDIN, 2002).

Os gatos se tornaram muito importantes quando a crescente produção de grãos trouxe o aumento do número de pequenos roedores, os quais, além dos prejuízos, também traziam doenças para o homem. Dessa forma, desde o Egito antigo, os gatos foram largamente utilizados pelo homem, e mesmo domesticados ainda caçavam roedores e pequenos pássaros. O fato é que este comportamento se mantém até hoje. Nos EUA um pequeno número de gatos se alimenta de forma livre, o que pode representar a maioria destes animais em países em desenvolvimento. (CASE, 2003)

Hoje, o gato (*Felis catus*) é sem dúvida o carnívoro doméstico de maior expressão. Mesmo estando há muitos anos inseridos na sociedade humana e dependente dos nossos cuidados, os gatos não perderam a habilidade de caçar ou viver livremente. De todos os animais domésticos, mesmo dentre os de produção, o mais capaz de ser reintroduzido no modelo de vida selvagem é o gato (CASE, 2003).

Carboidratos

Os carboidratos são as mais abundantes moléculas orgânicas na natureza. O nome carboidrato vem do francês "hydrate de carbone", aplicado para compostos contendo C, H e O, sendo que H e O estão presentes na mesma proporção que a água - $(CH_2O)_n$, onde $n \geq 3$. Dentre os principais carboidratos estão o amido, celulose, hemicelulose, oligossacarídeos, substâncias pécticas e outros (NUNES, 1998; CHAMPE & HARVEY, 1996).

Desde as civilizações antigas, as bases energéticas da alimentação humana são os carboidratos, representados principalmente por cereais (trigo, milho e arroz), batata e mandioca (ALAVI, 2003). O polissacarídeo de armazenamento de origem vegetal mais importante, na natureza, é o amido (LEHNINGER et al., 1995).

Amido

O amido é um homopolissacarídeo, constituído apenas de moléculas de glicose, sob a forma de polímeros não solúveis, com ligações hidrogênio intra e intermoléculas, originando uma estrutura coesa e organizada, denominado grânulo ou grão de amido. O formato do amido depende de sua origem botânica. Todo amido consiste numa mistura de dois polissacarídeos; de 10 a 30% de amilose, e 70 a 90% de amilopectina (MORI, 2004; FIGUEIREDO & GUERREIRO, 2003; NUNES, 1998; LEHNINGER et al., 1995).

A amilose consiste de cadeias longas, não ramificadas de unidades de glicose conectadas por ligações $\alpha 1-4$. (CHAPLIN, 2004; FIGUEIREDO & GUERREIRO, 2003; LEHNINGER et al., 1995).

A amilopectina é altamente ramificada, mas a maior parte da molécula é composta por cadeias lineares de ligações $\alpha 1-4$, mas nos pontos de ramificação, chamados pontos brancos, que ocorrem entre cada 24 a 30 moléculas de glicose, são ligações do tipo $\alpha 1-6$ (CHAPLIN, 2004; FIGUEIREDO & GUERREIRO, 2003; LEHNINGER et al., 1995).

O amido apresenta duas formas diferentes da estrutura espacial dos polímeros. Elas são chamadas de forma A ou B. A forma A tem mais alta digestibilidade que a forma B. A forma B é menos digerida, pois contém mais água entre os polímeros. Batata, banana e milho com alta concentração de amilose têm mais a forma B de distribuição dos polímeros (BEDFORD, 1998). Kienzle (1993) encontrou digestibilidade da batata crua menor do que 35% em gatos, e associou este fato à conformação das moléculas de amido, as quais impedem a ação de qualquer tipo de enzimas digestivas.

A amilopectina é mais fácil de digerir do que amilose. Pela forma amorfa da amilopectina, ocorre uma maior penetração de água e uma degradação enzimática mais eficiente (BEDFORD, 1998).

As propriedades físico-químicas do amido repercutem nas características de textura e nutricionais da ração preparada. O amido presente em cereais como sorgo, milho e arroz, apresenta uma absorção muito baixa de água à temperatura ambiente. Entretanto, esta absorção aumenta com o aumento da temperatura, resultando em uma solubilização da amilose e da amilopectina com a formação de uma solução colóide. (MORI, 2004)

Quando o amido é aquecido na presença de água, grandes modificações ocorrem na sua estrutura. A energia térmica introduzida no sistema enfraquece as pontes de hidrogênio entre as moléculas de amilose e de amilopectina, a estrutura granular “relaxa” e a água começa a penetrar no interior dos grânulos. Mantendo-se o aquecimento, verifica-se o aumento das dimensões dos grânulos, devido a uma maior quantidade de água que vai entrando e se ligando às suas moléculas. Devido a grande quantidade de hidroxilas (OH) presente nos grânulos, estes facilmente estabelecem pontes de hidrogênio com a água, diz-se então que o amido se gelatiniza. Este processo é denominado gelatinização (FIGUEIREDO & GUERREIRO, 2003; BORGES, 2002).

Por outro lado, o tratamento térmico do amido em ausência de água leva a uma expansão da massa sem perda de material solúvel, produzindo-se a desgelatinização parcial do amido, que passa de um estado solúvel, disperso e amorfo a um estado cristalino insolúvel. Este fenômeno se denomina retrocessão. A amilose apresenta maior capacidade de retrocessão, enquanto que a amilopectina apresenta uma maior capacidade de gelatinização. Os dois processos são importantes na qualidade dos grânulos e na qualidade nutricional das rações para cães (FIGUEIREDO & GUERREIRO, 2003; BORGES, 2002).

A gelatinização aumenta a digestibilidade do amido. Este processo depende não só da temperatura de cocção, mas também da composição do amido presente na formulação (ALAVI, 2003). A capacidade de inchamento dos cereais guarda uma correlação alta e positiva dentro de todas as qualidades organolépticas da ração como textura, sabor e aceitabilidade. Por outro lado, o conteúdo de amilose guarda correlação negativa com todas as características organolépticas (BORGES, 2002).

Além de ser necessário ao processo de extrusão para moldar o alimento, os cereais são fontes mais econômicas de nutrientes (TARDIN, 2002). Assim, o amido, hoje representado pelos cereais, compõe a maior parte na formulação de alimentos completos para cães (LEWIS et al., 1994).

Fisiologia digestiva

Anatomia fisiológica do trato digestório

Os carnívoros são animais adaptados a dietas concentradas e altamente digestíveis, sendo caracterizados por um intestino simples e curto (AHLSTROM & SKREDE, 1998; KENDALL, 1981). O cão é um animal carnívoro por definição, mas onívoro por convenção. Assim, é melhor definido como carnívoro não estrito (MOHRMAN, 1979).

O sistema digestivo dos carnívoros é muito simples. Diferentemente dos herbívoros e onívoros, os gatos não possuem amilase salivar. Suas mandíbulas têm limitações em movimentos latero-laterais (necessários para triturar o alimento) e eles não têm dentes planos feitos para moer. Seus dentes foram desenhados para rasgar, cortar, arrancar e morder (CASE, 2003).

O estômago do gato é pequeno e tem dois propósitos. Armazenamento de alimento, que não necessariamente é uma grande quantidade, devido à alta concentração do alimento e aos hábitos alimentares do animal. Os gatos têm por hábito comer várias vezes ao dia, provavelmente um comportamento herdado dos seus ancestrais que

caçavam quase o dia todo pequenas presas. A segunda função estomacal é dissolver e liquefazer o alimento através da ação do ácido clorídrico (Case, 2003).

Alimentos que não podem ser digeridos como: matéria vegetal crua, celulose, penas, plumas, dentes, e outros, passam sem mudança pelo trato digestório. Se for oferecido a um gato milho ou ervilha crua, na forma natural, observar-se-á que estes passaram pelo trato sem nenhuma alteração (CASE, 2003).

O alimento dissolvido no estômago passa para o duodeno com o nome de "quimo". O comprimento do intestino do gato é o menor em relação às demais espécies domésticas, 4:1 para o gato em contraste aos cães 6:1 (comprimento do intestino: comprimento do animal). Os gatos possuem ainda um ceco muito pequeno, inexistente na prática, o qual possui nenhuma ou pequena capacidade fermentativa em condições naturais. Nos carnívoros, o cólon tem funções limitadas, absorção de água, preparação e excreção das fezes (CASE, 2003).

É no intestino delgado que a maior parte dos nutrientes será absorvido. O pâncreas e o fígado provêm às enzimas necessárias para quebrar proteínas, gorduras e polissacarídeos em aminoácidos, ácidos graxos e monossacarídeos respectivamente. (CASE, 2003)

Digestão de carboidratos

Assim como é limitada a atividade de enzimas capazes de digerir carboidratos, pouca ou nenhuma digestão de carboidratos é realizada pelos gatos (CASE, 2003).

Os cães, fisiologicamente e metabolicamente, possuem uma melhor adaptação a carboidratos que os gatos, pois estes não apresentam produção de amilase salivar e possuem pouca amilase pancreática, com intolerância mesmo em níveis moderados de carboidratos (MORRIS et al., 1987; BORGES, 2002). Mesmo para cães, o grau de digestão do carboidrato dependerá do processamento que o alimento foi submetido (BORGES, 2002).

A amilose é quebrada pela enzima α -amilase de duas em duas moléculas de glicose, fornecendo maltose como produto final. A enzima α -glucosidase, ou maltase, produzida na mucosa intestinal, quebra a maltose em duas moléculas de glicose (NUNES, 1998).

Dois enzimas são capazes de agir nas ligações da cadeia da amilopectina. A α -amilase quebra a cadeia linear chegando bem próximo da ramificação, produzindo maltose e um oligossacarídeo pequeno e ramificado. Este é atacado pela enzima intestinal oligo-1,6-glucosidase (isomaltase), e subseqüentemente, os pequenos resíduos lineares atacados pela α -amilase e maltase gerando moléculas de glicose (NUNES, 1998)

Trudell & Morris (1975) e Pencovic & Morris (1975), citados por Case et al (1998), relatam que o amido cozido é bem digerido por cães e gatos. Silva Júnior (2004), trabalhando com diferentes tipos de cereais em alimentos extrusados para cães, observou digestibilidades do amido que variaram de 94 a 99%. Duarte (2005), relata que nenhum alimento extrusado para gatos, testado em sua estação experimental, apresentou digestibilidade do amido inferior a 70%. Kienzle (1993) encontrou diferentes níveis de digestibilidade de amido em gatos, o milho cozido apresentou a maior digestibilidade (90,6 \pm 4,7), enquanto que a batata crua apresentou a menor digestibilidade (34,9 \pm 13,1).

Além das publicações, numa série de experimentos realizados pelo setor de nutrição de cães e gatos da UFLA, nenhum alimento extrusado seco, para gatos, apresentou digestibilidade tão baixa que pudesse nos fazer aceitar as afirmações de que gatos não digerem bem o amido. Mas como é possível o gato digerir e aproveitar o amido presente nas dietas secas à base de cereais?

Os cães são incapazes de digerir adequadamente o amido, a menos que este seja processado, através da cocção ou extrusão (TARDIN, 2002). Assim, os alimentos comerciais para cães são extrusados. Segundo Smith (1975) citado por Carvalho (2002)

extrusão é o processo de cozimento realizado pela combinação de umidade, pressão, calor e atrito mecânico, no interior de um tubo. Neste processo, o amido é gelatinizado e passa a ser digerido e aproveitado pelos cães.

As enzimas digestivas, como a maioria das enzimas, são substrato-dependentes. Em outras palavras, a secreção enzimática é ativada pela presença do substrato em que ela será responsável pela digestão. Este fenômeno ocorre em todos os animais. Por este motivo é que os suínos e as aves têm deficiência de certas enzimas nas primeiras semanas de idade. Os suínos, quando alimentados basicamente com leite, têm como enzima fundamental para a digestão de açúcar a lactase, pois este é o glicídio disponível no leite. Já na fase pós-desmama, dependendo do tipo de alimentação sólida que o animal recebeu durante a lactação, ele poderá necessitar de alguns dias para ter as enzimas amilase, maltase e sacarase disponíveis em quantidades adequadas. Estas enzimas são responsáveis pela digestão do amido, e dos dissacarídeos maltose (glicose-glicose) e sacarose (glicose-frutose). O mesmo ocorre com a secreção da lipase e de proteases, que também dependem dos substratos para sua ativação. No caso das aves, este fenômeno também ocorre. Os pintos ao eclodir não dispõem de enzimas que digerem os glicídios e os lipídios. Eles já dispõem de proteases, pois estas são ativadas por proteínas que entram no trato digestivo ainda durante a fase embrionária, confirmando o conceito de estímulo de secreção pelo substrato (HUDSON e LEVIN, 1968; DAULICK e STRITTMATTER, 1970; MORAN, 1985; KROGDAHAL, 1985).

A concentração de carboidratos na dieta promove mudanças na atividade das dissacaridases. Siddons (1972) observou que dietas sem carboidratos levaram a redução da atividade das dissacaridases e Seell et al. (1989) encontraram que, alimentando aves com dietas ricas em carboidratos, as atividades das dissacaridases aumentam, comprovando que o carboidrato presente na dieta estimula a atividade das dissacaridases intestinais.

Entretanto, existem enzimas que não são secretadas mesmo na presença de substrato. Entre elas estão a celulase, hemicelulase, pentosanase, beta-glucanase, xilanase, galactosidase, fitase etc. Elas não são secretadas porque o código genético dos monogástricos e carnívoros não dispõe da indicação para sua síntese. A lógica para um organismo ter em seu código genético a possibilidade da produção de uma determinada substância está relacionada com sua real necessidade de produzi-la, seja porque o meio não a proporciona ou porque o substrato não está disponível para ser utilizado. No caso de algumas enzimas esta hipótese pode ser questionada, pois os polissacarídeos não-amídicos e a fitina estão disponíveis em vários vegetais ingeridos pelos monogástricos, mas estes não têm condições de produzir as enzimas que os digerem.

Aproveitamento dos carboidratos absorvidos

Uma vez absorvidos os carboidratos na forma de glicose e frutose ganham o sistema porta aonde chegam ao fígado. Nos monogástricos, e até mesmo nos cães, a presença de duas enzimas é de extrema importância no processo de aproveitamento da glicose pelas células do organismo: a glicoquinase e a hexoquinase (CASE et al., 1998).

A enzima glicoquinase, presente em grande quantidade no fígado e em menor quantidade nos rins, possui Km alto e não é inibida pelo produto da reação glicose-6P. Assim, é capaz de promover grande entrada de glicose no fígado, impedindo que ocorra um pico de glicose na grande circulação de 30 a 60 minutos após a alimentação (CASE et al., 1998).

Já a hexoquinase, possui Km baixo, é inibida pelo produto da reação glicose-6P. Graças a ela os tecidos que têm grande necessidade de glicose como fonte de energia, conseguem obtê-la, mesmo quando esta não está em altas concentrações no sangue. Mas, a hexoquinase não é capaz de reter grandes quantidades de glicose no fígado, pois suas características químicas a impedem (CASE et al., 1998).

Ballard (1965), citado por Case et al. (1998), em experimento sobre a utilização da glicose em fígados de mamíferos, relatou que o fígado do gato possui hexoquinase ativa e não possui glicoquinase ativa. Desde então, associado com o relato de autores de que gatos não possuem grande quantidade de amilase pancreática, têm se postulado que gatos não aproveitam bem a glicose contida nos carboidratos ingeridos.

Considerações dos autores

Se admitirmos que os gatos são capazes de digerir em grande porcentagem o amido presente nos alimentos secos extrusados, e que um dos produtos desta digestão é a glicose, seria normal que gatos tivessem picos de glicemia altíssimos após as refeições, pois não possuem glicoquinase hepática. Porém, isto nunca foi verificado em animais hígidos. Então, para onde vai a glicose absorvida?

Se observarmos que o número de gatos obesos chega a 60% no EUA, e que a maioria destes consome alimentos secos extrusados, podemos ainda inferir que de alguma forma esta glicose está sendo utilizada.

Assim, de acordo com as evidências debatidas, talvez seja obtuso continuar definindo os gatos como carnívoros restritos. Os gatos são carnívoros sim, pois fisiologicamente e metabolicamente necessitam de nutrientes específicos, os quais, de forma natural, só são encontrados na carne. Porém com o advento de novas tecnologias de processamento de alimento, como a extrusão, pode-se alimentar os gatos com rações contendo grande fração de carboidratos, desde que respeitada o equilíbrio dos nutrientes.

Bibliografia

AHLSTROM, O.; SKREDE, A. Comparative nutrient digestibility in dogs, blue foxes, mink and rats. **Journal of Nutrition**, v.128, p.2676-2677, 1998.

ALAVI, S. Starch research over the years. **Food Research International**, vol. 36, p.307-308, 2003.

BEDFORD, M.R. Mechanisms of action and potential nutritional benefits from feed enzymes. In:_____. **Proceedings of Feed Enzymes-Realizing their potential in corn/soya based poultry diets**. 1998. p.12-26.

BORGES, F.M.O. Utilização do sorgo em alimentos para animais de estimação. In: **SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2., 2002, Uberlândia. Anais...**, Campinas: CBNA, p.39-48, 2002.

CARVALHO, A.Z. Processamento de alimentos para cães e gatos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO, 2002, Campinas. **Anais...**, Campinas: CBNA, p.194-202, 2002.

CASE, L. P., CAREY, D. P., HIRAKAWA, D. A. **Nutrição canina e felina: manual para profissionais**. Madrid: Harcourt Brace, 1998. 424p.

CASE, L.P. **The dog: its behavior, nutrition, and health**. Ames: Iowa State Press, 383p. 1999.

CASE, L.P. **The cat: its behavior, nutrition, and health**. Ames: Iowa State Press, 392p. 2003.

CHAMPE, P.C.; HARVEY, R.A. **Bioquímica ilustrada**. 2.ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. 447p.

CHAPLIN, M. Starch. Disponível em: <<http://www.lsbu.ac.uk/water/hysta.html>>. Acesso em: 22 jan. 2004.

DAUTLICK, J. e C.F. STRITTMATTER. Developmental and hormone-induced changes in chicken intestinal disaccharidases. **Biochem. Biophys. Acta**. v.222, p.444-454, 1970.

FIGUEIREDO, J.; GUERREIRO, M. O arroz. **Ciência Viva**, 2003. Disponível em: <<http://www.ucv.mct.pt/docs/arrozdoce.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2004.

HUDSON, D.A. e R.J. LEVIN. The ontogeny of electrical activity associated with absorption of solutes across the developing small intestine of the chicks (*Gallus domesticus*). **J. Physiology** v.195, p.369-385, 1968.

KENDALL, P.T. Comparative evaluation of apparent digestibility in dogs and cats. **Proc. Nutr. Soc.**, v.40, p.45, 1981.

KIENZLE, E. Carbohydrate metabolism of the cat 2. Digestion of starch. **J. Anim. Physiol. and Anim. Nutrition**, v. 69, p. 103-14, 1993.

KROGDAHL, A. Digestion and absorption of lipids in poultry. **Journal of Nutrition** v.115, p.675-685, 1985.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de Bioquímica**. 2.ed. São Paulo: Sarvier, 1995, 839p.

LEWIS, L.D.; MORRIS JR., M.L.; HAND, M.S. **Small animal clinical nutrition III**. Topeka: Mark Morris Institute, 1994.

MOHRMAN, R.K. **Nutrição e criação de cães e gatos**. São Paulo: Purina Alimentos S.A., p. N-2, 1979.

MORAN, E.T. Digestion and absorption of carbohydrates in fowl and events through perinatal development. **Journal of Nutrition**, v115, p.665-674, 1985.

MORI, A. As bases da nutrição canina. Disponível em: <<http://www.agiliteiros.com/saude/alimentacao1.htm>>. Acesso em: 21 jan. 2004.

MORRIS, J. G.; TRIDOL, J; PENCOVIC, T. Carbohydrate digestion by domestic cat (*Felis catus*). **Journal of Nutrition**, v.37, p.365-373, 1987.

NUNES, I. J. **Nutrição animal básica**. 2.ed. Belo Horizonte: FEP-MVZ EDITORA, 1998. 388p.

SELL, J.L., KOLODOVSKI, O; REID, B.L. Intestinal disaccharidase of young turkeys: temporal development and influence of diet composition. **Poultry Science**, v.68, p.265-277, 1989.

SIDDONS, R.C. effect of diet on disaccharidase activity in the chick. **British Journal Nutrition**, v.12, p.343-352, 1972.

SILVA JR., J.W. Digestibilidade de dietas com diferentes fontes de carboidratos e sua influência na glicemia e insulinemia em cães. **2004. 64p. Dissertação (mestrado em zootecnia) – Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG.**

TARDIN, A.C. Dietas com alta proteína e gordura na alimentação de cães e gatos In: NUTRIÇÃO E PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS PARA CÃES E GATOS, 1., Lavras. **Anais...** Lavras: Editora UFLA, p.37-46, 2002.