

## CONCEITO DE ENERGIA LÍQUIDA PARA CÃES E GATOS

Pedro Nessi Snizek

Júnior<sup>1</sup>

### RESUMO

Devido às características anato-fisiológicas de cães e gatos, que são caracterizados como carnívoros, acredita-se que o incremento calórico nestas espécies seja bastante acentuado e influenciado pela composição da dieta. Isto pode ocasionar erros de predição, quando da utilização de ED (energia digestível) ou EM (energia metabolizável) como estimador do conteúdo energético da dieta destes animais. Este trabalho visa demonstrar que a energia líquida pode ser uma melhor alternativa para estimação do conteúdo energético da alimentação de cães e gatos, utilizando como base trabalhos realizados com outras espécies, principalmente suínos, devido a não existência de trabalhos sobre o assunto nestas espécies.

**Palavras-chave** – Incremento Calórico, Carnívoros, Animais de Companhia

### ABSTRACT

Due to the anatomical and physiological characteristics of dogs and cats, which are characterized as carnivores, it is believed that the caloric increment in these species is quite pronounced and influenced by the composition of the diet. This can cause prediction errors when using DE (digestible energy) or MS (metabolizable energy) as an estimator of the energy content of these animals' diet. This work aims to demonstrate that net energy can be a better alternative for estimating the energy content of dog and cat feeding, based on work done with other species, mainly pigs, due to the lack of work on the subject in these species.

**Keywords:** Increased Caloric, Carnivores, Pet

### 1.Introdução

Existe um longo debate sobre qual a forma preferencial para estimação do conteúdo energético das dietas para não ruminantes: através de energia digestível (ED), metabolizável (EM) ou líquida (EL). Como as duas primeiras formas desconsideram o incremento calórico e este varia de acordo com as características químicas dos ingredientes, a predição energética através de EL tem sido considerada preferencial e mais precisa (Noblet et al., 1994a; Piergozliev & Rose, 1999; Snizek Jr., 2002; Snizek Jr. et. al., 2002)

---

<sup>1</sup>Gerente de Planejamento e Supervisão IBGE/MT e Professor da UNIVAG – Centro Universitário

\*Parte da monografia apresentada ao curso de especialização em Nutrição e Alimentação de Cães e Gatos/UFLA

A predição energética através de EL leva em consideração o incremento calórico, portanto não superestima os valores energéticos da fibra e da proteína e não subestima os valores de amido e gordura, como ocorre com predição através de ED e EM (Noblet, 1997).

Devido às características anatomo-fisiológicas de cães e gatos, que são caracterizados como carnívoros, não tendo a glicose dietética com principal fonte de energia, e na maioria das vezes utilizando como precursores da glicose aminoácidos ou glicerol. Acredita-se que o incremento calórico em carnívoros seja bastante acentuado e influenciado pela composição da dieta. Isto pode ocasionar erros de predição, quando da utilização de ED ou EM como estimadores do conteúdo energético da dieta destes animais, muitas vezes até mais graves que os encontrados em formulações de dietas para suínos.

## **2. Energia Líquida**

A EL é definida como a EM subtraída do incremento calórico associado à utilização metabólica da EM, e ao custo energético de ingestão e digestão. Este valor é aquele usado pelos animais para manutenção e produção (NRC, 1988; NRC, 1998; Noblet, 2001; Borges e Ferreira, 2004).

Para ser digerido e metabolizado pelo organismo, o alimento necessita de uma certa quantidade de energia produzida pelo animal. A elevação do calor corporal, causada pela produção de energia, é denominada termogênese dietética. Como a termogênese é acompanhada por uma aceleração metabólica, ela não pode ser estimada separada do metabolismo basal. A este conjunto (termogênese dietética + metabolismo basal) dá-se o nome de incremento calórico. Este é dependente dos nutrientes ingeridos (proteínas levam a um maior incremento calórico e gorduras a um menor) e do tipo de produção do animal (Borges e Ferreira, 2004)

Segundo Phillips e Ewan (1977); Pals e Ewan (1978); Robles e Ewan (1978); Just (1982a); Just (1982b); Stanley e Ewan (1982); Noblet et al. (1993a); Noblet et al. (1994b); Noblet et al. (1994a); Fuller (1996); Noblet (2001) a avaliação do conteúdo de energia nos alimentos é usualmente baseado ED ou EM. Entretanto, está claramente demonstrado que a eficiência da

utilização da EL em relação a EM (k, %) varia de acordo com as características químicas dos ingredientes que constituem a dieta.

Segundo Kleiber (1961), o amido, proteína (glúten), gordura (óleo de amendoim), fibra bruta e sacarose apresentam valores de energia metabolizável para suínos de respectivamente 4070, 4690, 9050 e 3710 kcal/kg. Estes ingredientes apresentam valores de energia líquida de respectivamente 3370, 3450, 8360, 2350 e 2670 kcal/kg. Isto representa uma relação de EL/EM para amido de 83%, para proteína de 74%, para gordura de 93%, para fibra de 59% e para sacarose de 72%.

Ficou evidenciado em vários trabalhos de pesquisa, que através da variação na concentração dos ingredientes na dieta, fixando-se os valores de EM, é possível observar modificações no metabolismo energético e retenção de proteína e gordura dos animais (Jeroch et al., 1978; Taylor e Fisher, 1980; Noblet et al., 1985; Noblet et al., 1993b; Deschopper e De Groote, 1995; Moehn e Susenbeth, 1995; Noblet, 1997; Radamacher, 2001; Van Milgen et al., 2001).

Para evidenciar as vantagens do sistema de predição através de EL, é possível fazer simulações de dietas para suínos com diferentes conteúdos de fibra (5, 10 e 15%), proteína (12, 16 e 20%) e óleo (4, 8 e 12%), mantendo-se constante os valores de EM (3265 kcal/kg), e observar através da equação  $EL = 0,726 \times EM + 13,3 \times \%EE + 3,9 \times \%Amido - 6,7 \times \%PB - 8,7 \times \%FDA$  (Noblet et al., 1994a) a variação no conteúdo de EL. Os valores de EL obtidos são de 2569,2517 e 2493 kcal/kg quando do aumento na percentagem de proteína; 2410,2361 e 2282 kcal/kg quando do aumento da percentagem de fibra e 2456, 2496 e 2511 kcal/kg quando do aumento na percentagem de óleo.

## 2.1 Como calcular o valor de energia líquida

Para calcular o valor de energia líquida de um ingrediente ou dieta deve-se levar em consideração que:

$$EL = Elp \text{ (energia líquida de produção)} + Elm \text{ (energia líquida de manutenção)}$$

$$EM = PC \text{ (produção de calor)} + ER \text{ (energia retida)}$$

$$ER = Elp$$

Para a obtenção do valor de EM faz-se uma determinação padrão, já o valor de PC é obtido normalmente através de calorimetria direta (menos comum) ou indireta. A primeira é obtida através da medição das perdas de calor por radiação, convecção, condução e evaporação em calorímetro. A segunda estima a produção de calor por determinações das trocas gasosas ( $O_2$  consumido e  $CO_2$ ), em câmaras de respiração (Blaxter, 1989).

O valor de ER pode ser obtido através de abate comparativo, observando-se as diferenças de composição corporal dos animais no início e final do experimento ou através do balanço carbono-nitrogênio (Blaxter, 1989; Fuller, 1996).

Utilizando-se animais experimentais em ambiente termoneutro, e considerando-se uma movimentação constante entre os animais, pode-se desconsiderar a energia utilizada para movimentação e para termoregulação e estipular que:

$$PC = PBC \text{ (produção basal de calor)}$$

$$PBC = Elm$$

O valor de PBC (neste caso Elm) pode então ser obtido através do mensuramento do calor produzido em animais que encontram-se em boas condições nutricionais, nas condições experimentais anteriormente citadas, de ambiente termoneutro e movimentação constantes, e sob um jejum de pelo menos 24 horas (Noblet et al., 1993b).

### **3. Efeito térmico dos alimentos**

O incremento calórico de digestão é resultado dos custos energéticos de mastigação, movimentação da digesta através do trato, digestão enzimática e fermentação e normalmente representa em torno de 5% da energia bruta do alimento, sendo este valor muito afetado pela composição do alimento. A contribuição para a produção de calor pelo animal, oriunda do alimento não termina nesta fase já que os lipídios, aminoácidos, açúcares e ácidos graxos voláteis oriundos da digestão são aproveitados com diferentes eficiências pelo animal, com conseqüente variação no calor produzido. Em relação ao valor de EM consumido: os açúcares serão aproveitados com eficiência de 75% e os lipídios com 85%. Já os aminoácidos e ácidos graxos voláteis apresentam grande ineficiência (65 e 50%, respectivamente). Para aproveitamento da energia oriunda dos aminoácidos existem custos energéticos elevados relacionados a desaminação (1,19kcal/g de

proteína desaminada). Assim do conteúdo de 5,74 kcal/g de energia bruta em 1g de proteína absorvida, somente 2,87 kcal/g estarão disponíveis para produção de energia em suínos (Whittemore, 1993).

#### **4. Componentes químicos da dieta como fontes de energia líquida**

Schulz (1975) considera 3,7; 4,2 ; 5,7 e 9,5 kcal/g como calor de combustão da glicose, glicogênio, proteína e gordura respectivamente. Calculou valores de gasto energético de 18,5 kcal/mol de ATP formado pela glicose, 18,6 para glicogênio, 18,6 para gordura e 25,6 para proteína oriunda do farelo de soja. Foi então demonstrado que a EM oriunda da proteína é menos efetiva para a síntese de ATP que a oriunda de carboidratos e gordura. Blaxter (1989) cita valores de gasto energético de 21,41 kcal/mol de ATP formado pela proteína, 20,55 kcal/mol de ATP formado pelos ácidos graxos voláteis, 18,87 kcal/mol de ATP formado pela glicose e 18,66 kcal/mol de ATP formado pelos lipídios (tri-palmítico).

Segundo Blaxter (1989), a eficiência da síntese de gordura a partir de carboidratos da dieta é de 80%, a partir de lipídios é de 96% e a partir de proteína é de 66%.

##### **4.1 Fibra**

A presença de resíduos endógenos e dietéticos no intestino grosso possibilita o desenvolvimento de uma diversificada microflora, sendo este o local de maior fermentação microbiana, resultando na produção de gases e ácidos graxos voláteis. Em animais não ruminantes os produtos da fermentação microbiana, podem contribuir substancialmente como fonte energética para estes animais, porém este fenômeno resulta em uma menor eficiência de utilização energética, em relação aos carboidratos que são digeridos e absorvidos através da ação enzimática no intestino delgado. Esta menor eficiência está associada a perdas adicionais na forma de metano e  $H_2$ , ao calor de fermentação e ao metabolismo intermediário dos ácidos graxos em suínos. Para o acetato a eficiência está em torno de 60 a 79% e para o propionato entre 71 e 75% (Just, 1982a, Just et al. 1983, Graham, 1991; Ratcliffe, 1991; Whittemore, 1993; Jorgensen et al., 1996; Jorgensen et al., 1997).

A eficiência da utilização da energia obtida através dos ácidos graxos voláteis (infundidos no intestino grosso) para deposição e manutenção de suínos varia entre 70 a 80%, cerca de 5 a 10% menor que a energia originária do amido digerido e absorvido no intestino delgado. Entretanto, no processo de fermentação da fibra, o metano e a massa microbiana são produzidas com consequente menor eficiência da utilização da ED originada da fibra. Com valores médios em torno de 60%, outra redução da eficiência da ED originária da fibra é esperada com adicional custo energético de ingestão, digestão e metabolismo; que normalmente é considerado maior em relação à digestão de outros nutrientes. Eficiências de 55 e 80% da ED originária da fibra e amido respectivamente são propostas por vários autores (Just, 1983; Fuller, 1996; Noblet e Lê Goff, 2001).

Segundo Edwards e Campbell (1996) a relação EL/EM decresce com o aumento da energia digerida e aproveitada no intestino grosso, sendo que 95% do aproveitamento da fibra ocorre no intestino grosso de suínos. Segundo Just (1982a) a eficiência da utilização de EM aumenta com o incremento da digestibilidade ileal (absorção no intestino delgado) e diminui com o incremento da digestibilidade ao nível de intestino grosso (desaparecimento no intestino grosso).

#### **4.2 Proteína**

A redução no ganho de peso dos animais associada ao aumento do conteúdo de proteína na dieta, provavelmente está associado à menor eficiência de utilização energética da dieta. Isto pode ser explicado pelo maior turnover protéico observado nos animais que consomem mais proteína na dieta, ou pela menor quantidade de ATP/g produzido, comparado a gordura e carboidratos (Chiba et al., 1991). Segundo Blaxter (1989) a eficiência da síntese de proteína a partir de proteína da dieta é de 66%, entretanto este valor é muito variável podendo-se em alguns casos se obter valores menores (56% em alguns casos). Esta menor eficiência na deposição de proteína pode estar relacionada ao turnover protéico, pois se acredita em valores de síntese de proteína cinco vezes maiores do que o realmente depositado. Reeds et al. (1981) demonstraram que dietas mais ricas em proteína irão originar maior produção de calor e, conseqüentemente, terão menor eficiência da utilização de EM nos animais submetidos a ela.

Foram estabelecidas equações para demonstrar a ineficiência da utilização de proteína com fonte energética (Just, 1982b):

Energia líquida (kj/dia) = 5695 – 7,2x proteína digestível (g/dia) + 0,45 x EM (kj/dia), r2= 0,83

EL, % de EM = 68,7 – 0,029x proteína digestível (g/dia), r2=0,59

### **4.3 Gorduras e Carboidratos**

A energia proveniente da gordura ou dos carboidratos tem a mesma eficiência com relação à manutenção, entretanto para a síntese de lipídios a energia proveniente da primeira fonte é mais eficiente (90 vs 73%).

Parte da gordura da dieta é diretamente incorporada no tecido adiposo. Quando a deposição de gordura é originária de carboidratos, existe incremento calórico no processo de armazenamento (Rutz, 1995).

### **5. Custo energético para manutenção, crescimento protéico e deposição de gordura**

Mantença é definida como o consumo de energia no qual ocorre retenção zero de energia e o peso corporal não varia. Pode ser estimada através da produção basal de calor, ou por regressão considerando consumos de energia acima e abaixo da manutenção (Just, 1982a; Koong et al., 1985). As exigências de manutenção são geralmente expressas em termos de peso metabólico (peso vivo em kg elevado a 0,75). Entretanto, na sua concepção original o peso metabólico, foi estudado apenas com animais adultos de diferentes espécies. Hoje se entende que há diferenças significativas relacionadas a sexo, idade e diferentes estados fisiológicos dos animais que não são descritas quando do uso de peso metabólico (Koong., 1982; Van Milgen & Noblet, 2001).

Segundo Blaxter (1989), em todas as espécies já estudadas a EM é mais eficientemente utilizada quando o consumo energético é menor que as necessidades de manutenção. Considera-se então que a eficiência de utilização de energia para manutenção é muito maior que a utilizada para deposição de proteína e gordura (0,94 vs 0,78 para carboidratos, 0,98 vs 0,85 para lipídios e 0,77 vs 0,64 para proteína, em animais não ruminantes).

A eficiência da deposição de proteína e lipídios tem sido estimada através do fatorial  $EM = EM_m + 1/k_p \times DP$  (deposição de proteína) +  $1/k_f \times DL$  (deposição de lipídios). Assume-se que a manutenção tem prioridade e que a energia restante vai estar disponível para deposição de proteína e gordura. A produção total de calor é a soma dos requerimentos de manutenção, e ineficiências inerentes à deposição de proteína e gordura (Pullar e Webster, 1977; Radamacher, 1997; Noblet et al., 1999; Van Milgen & Noblet, 2001).

Segundo o NRC(1998), para suínos a estimativa dos custos energéticos de retenção de proteína variam entre 6,8 a 14, com valor médio de 10,6 Mcal de EM/kg. Com relação aos valores de deposição de gordura, estes variam entre 9,5 e 16,3 de EM/kg, com valor médio de 12,5 Mcal de EM/kg.

Estimativas experimentais dos custos energéticos de deposição de gordura demonstram valores de aproximadamente 12,9 kcal/g. Como o calor de combustão de gordura corporal formada é de aproximadamente 9,3 kcal/g, a eficiência do processo pode ser estimada em cerca de 74%. A estimativa da eficiência do custo energético de deposição de proteína é bem menor que a gasta para gordura, pois o processo requer contínuo catabolismo, anabolismo e muitas vezes a síntese de aminoácidos não essenciais. Na média, os valores de eficiência do processo para suínos em crescimento recebendo dietas a base de cereais é de cerca de 46% (Fuller, 1996).

Pullar e Webster (1997) em estudo com ratos obtiveram as seguintes equações para estimar os custos energéticos para deposição (proteína e gordura) e o calor inerente a este processo:

$EM \text{ consumida} = EM_m + 2,25 \times ERP$  (energia de retenção de proteína) +  $1,36 \times ERL$  (energia de retenção de lipídios)

$$PC = A + 1,25 \times ERP + 0,36 \times ERL$$

Assumindo o conteúdo energético de 5,62kcal e 9,4kcal/g para proteína e gordura respectivamente, obtemos uma exigência de 12,6kcal e 12,7 kcal/g para deposição de proteína e gordura, respectivamente, ou seja, exigências bem semelhantes. Usando-se a segundo equação se obtêm o valor de produção de calor quando da síntese de proteína e gordura de 7,02 e 3,38kcal/g respectivamente. Isto demonstra que apesar de possuírem demandas de EM bem semelhantes para síntese, à produção de calor e conseqüentemente as eficiências dos processos é bem diferenciada, com vantagem para a síntese de gordura.



Segundo Snizek Jr. (2002) para suínos pode-se fazer a mesma constatação. São gastos para retenção de proteína e gordura respectivamente 12,6 e 12,5 kcal de ED/g, porém ficam retidos como energia 5,7 e 9,4kcal/g, sendo perdidos como calor 6,9 e 3,1 kcal/g respectivamente.

## **6. Caracterização de cães e gatos quanto à fisiologia digestiva e adaptações metabólicas**

Examinando a relação evolutiva entre cães e gatos encontram-se algumas diferenças nutricionais. Embora ambas as espécies sejam da classe *Mammalia* e ordem *Carnívora*, os cães encontram-se na superfamília *Canoidea* enquanto os felinos na *Feloidea*. A primeira inclui famílias com diferentes hábitos alimentares, desde as onívoras até aquelas estritamente herbívoras como os pandas. As espécies carnívoras incluem, entre outras, os canídeos (cães) e os mustelídeos (lontra). Já a superfamília feloídea inclui três famílias estritamente carnívoras: os viverrídeos(lêmur), os hienídeos (hiena) e os feloídeos (gato). Enquanto a história evolutiva do cão sugere uma dieta mais onívora na natureza, a história do gato indica que esta espécie consumia uma dieta puramente cárnea. A dieta altamente especializada dos gatos resultou em adaptações metabólicas não encontrada nos cães:

**Carboidratos:** Os felídeos possuem um metabolismo único para glicose (maior semelhança ao metabolismo de ruminantes do que ao de carnídeos). Cães, fisiologicamente e metabolicamente, possuem melhor adaptação a carboidratos que os carnídeos restritos (felinos). Deste ponto de vista, podem ser considerados onívoros. Possuem maior tolerância a carboidratos na dieta, não possuindo amilase salivar e são dotados de amilase pancreática.

**Proteínas e Aminoácidos:** Os felídeos possuem maior requisito protéico do que os cães; necessitam do aminoácido taurina na dieta, são extremamente sensíveis a deficiências de arginina e inaptos para conversão do aminoácido triptofano em niacina.

**Lipídios:** Os felinos não possuem uma das enzimas necessárias para a conversão do ácido graxo essencial linoléico em araquidônico, o que é possível em cães. Por isto os felinos necessitam de uma fonte dietética do ácido graxo araquidônico.

Os cães são anatomicamente carnívoros, apresentando dentes caninos bem desenvolvidos, próprios para arrancar e rasgar tecidos; estômago desenvolvido e intestino delgado curto, ceco pouco desenvolvido, e rápido período de digestão quando comparado a outros não ruminantes.

Em termos gerais, apresentam características fisiológicas digestivas, com relação às enzimas, processos de digestão e absorção, muito semelhantes a outras espécies de estômago simples não herbívoras, embora apresentem diferenças quanto a capacidade do aparelho digestivo. Fica bem caracterizado uma capacidade estomacal maior e do intestino grosso menor quando comparada a suínos (Borges & Nunes, 1998; Murgas et al., 2004; Saad e Saad, 2005; Borges e Ferreira, 2004).

Os felinos possuem um maior requisito protéico que os cães. A dieta natural dos gatos, rica em proteína e pobre em carboidratos, levou a adaptação dos sistemas enzimáticos do fígado. Estes apresentam uma alta conversão de aminoácidos em glicose, fazendo com que a necessidade protéica dos gatos seja maior que a dos cães em 50% para crescimento e o dobro para manutenção de adultos (Saad e Saad, 2005).

Para cães, a fibra não desempenha um papel nutricional direto, pelo contrário, o aumento na dieta representa uma diluição da energia e digestibilidade de todos os outros nutrientes. Tem papel importante na manutenção da motilidade intestinal e formação do bolo fecal. Apesar de não digerida por enzimas endógenas, a fibra pode ser fermentada pelos microorganismos do intestino grosso, fornecendo ácidos graxos voláteis. Não tem grande importância energética para o animal, mas fornecem energia para os enterócitos. A alimentação destes pelos ácidos graxos voláteis, conduz a uma hipertrofia da mucosa intestinal, aumento de peso e superfície, o que otimiza a digestibilidade dos nutrientes por uma expansão de sua superfície de absorção.

Este componente na forma indigestível aumenta a taxa de passagem, podendo levar a diarreias, diminuição na digestibilidade da dieta, produção de gases e aumento do volume fecal. Normalmente considera-se que a fibra não contribui energeticamente no alimento e não são consideradas as diferenças entre as fibras fermentáveis e não fermentáveis, entretanto sabe-se que as primeiras podem contribuir de modo significativo, para aumento de EM (Borges e Ferreira, 2004)

Paras cães e gatos, além de fornecer energia, melhorar a absorção de vitaminas, diminuir a pulverulência e aumentar a palatabilidade, etc., as gorduras e óleos, quando adicionados às rações, aumentam a eficiência de utilização da energia, por causa do menor incremento calórico do metabolismo de lipídios (Borges e Ferreira, 2004).

## **6.1 Importância da gliconeogênese para a nutrição de cães e gatos**

Segundo Souza et al. (2004) os animais carnívoros, os quais ingerem grandes quantidades de proteínas, baixas quantidades de carboidratos e obtém glicose basicamente através de gliconeogênese a partir de aminoácidos absorvidos no intestino. Os cães e os gatos domésticos encontram-se neste grupo. Os animais carnívoros menos estritos, incluso os cães, podem obter de 30 a 50% da glicose que necessitam através da absorção direta no intestino, mas os carnívoros estritos, como é o caso de felídeos, estes além de receberem muito pouco carboidrato na dieta perderam a capacidade de digeri-los e absorver glicose. O fígado é o principal órgão regulador do metabolismo da glicose principalmente no controle da glicemia. Podemos dizer que este apresenta função glicostática ao regular a concentração sanguínea de glicose fornecendo-a aos tecidos extra-hepáticos e metabolizando o excesso de glicose proveniente da veia porta que pode ser transformada em outras substâncias metabolicamente importantes ou em lipídios para serem armazenados no tecido adiposo.

A gliconeogênese, que é a obtenção de glicose através de substratos que não são carboidratos, é uma via metabólica muito importante nos animais que não absorvem grandes quantidades de glicose em espécies como dos carnívoros domésticos, principalmente os gatos. Este processo metabólico é estimulado pelo glucagon e pelos glicocorticóides. Cerca de 90% da gliconeogênese ocorre no fígado e o restante nos rins. Os substratos mais importantes são os aminoácidos, glicerol e lactato (Souza et al., 2004) .

Quatro grupos são responsáveis pela formação da glicose no organismo animal: propionato, glicerol, aminoácidos e lactato piruvato. Nos cães bem nutridos, os principais precursores da glicose são os aminoácidos, enquanto que nos períodos de fome, o glicerol, proveniente do tecido adiposo, tem contribuição mais efetiva. Seus grupos amino são transferidos para piruvato formando alanina e para glutamato formando glutamina. Assim alanina e glutamina são liberados na corrente sanguínea, removidos pelo fígado e usados para a síntese de glicose. Uma vez sintetizada esta é solta no sangue e torna-se disponível para oxidação intramuscular (Saad et al., 2005).

As necessidades protéicas dos gatos são relativamente altas, já que, por motivos evolutivos, estes desaminam boa parte da proteína ingerida para utilizar os cetoácidos como substrato energético. Além disso, os gatos não reciclam bem o nitrogênio procedente da renovação

protéica e, como consequência, os gatos excretam muito nitrogênio na urina. Aproximadamente 60% das necessidades protéicas do gato em crescimento são utilizadas na manutenção dos tecidos corporais e somente 40% é empregado no crescimento.

As altas necessidades protéicas para manutenção do gato são resultado da incapacidade das suas enzimas hepáticas, responsáveis pelo catabolismo do nitrogênio, em se adaptarem às mudanças da ingestão de proteínas na dieta. Estas enzimas que intervêm no catabolismo do nitrogênio funcionam com índices relativamente elevados de atividade. Este estado metabólico faz com que o gato catabolize uma quantidade substancial de proteínas depois de cada refeição, independente de seu conteúdo protéico (Borges e Ferreira, 2004).

As reações de transaminação que consistem na transferência de grupo amino de um aminoácido para um  $\alpha$  cetoácido e catabolizadas por aminotransferases ou transaminases. A vitamina B6 participa ativamente deste processo, como co-fator na transferência do grupo amino. Com relação aos aminoácidos que alcançam o fígado principalmente no período absorptivo, o ácido glutâmico ou glutamato apresenta um papel fundamental pelo fato de ser o coletor do grupo amino. Um  $\alpha$  cetoácido muito importante nas reações de transaminação no fígado é o  $\alpha$  cetoglutarato que recebe o amino e transforma-se em glutamato. Os esqueletos carbônicos dos aminoácidos transaminados direcionam-se ao ciclo de Krebs, a gliconeogênese, à lipogênese ou a cetogênese. Em animais carnívoros estritos como é o caso de gatos tanto a gliconeogênese quanto a lipogênese é dependente de aminoácidos. O destino metabólico dos esqueletos de carbono pode ser os intermediários do ciclo de Krebs ou outras substâncias. Normalmente os aminoácidos que dão origem a estes são chamados gliconeogênicos, ou seja, formadores de glicose. Os principais exemplos são alanina e o ácido glutâmico (Souza et al., 2004).

## **7. Aplicação do conceito de energia líquida para cães e gatos**

Considerando o efeito da modificação na quantidade de proteína na dieta, sobre a quantidade de energia disponível em kcal/kg de EM. Carnívoros utilizam acentuada quantidade de proteína como fonte de energia, entretanto a eficiência da produção de energia é baixa e o incremento calórico (IC) é elevado quando comparada com lipídios e carboidratos, relacionado principalmente a necessidade de desaminação, transformação em uréia e excreção na urina. O aproveitamento dos

carboidratos como fonte de glicose em carnívoros é baixa, principalmente em gatos. Ocorre devido a isto produção de ácidos graxos voláteis e fermentação no intestino grosso, que também apresenta baixo rendimento como fonte de energia e elevado IC.

A maior parte da glicose presente na corrente sanguínea de carnívoros é obtida através de aminoácidos oriundos da gliconeogênese, sendo este também um processo energético menos eficiente que a obtenção de glicose oriunda da dieta, apresentando também elevado IC.

Alimentação com elevada quantidade proteína, como ocorre em carnívoros, gera grandes perdas energéticas por desaminação e excreção do nitrogênio na urina, com consequente IC. Em relação ao valor de EM consumido os açúcares serão aproveitados com eficiência de 75% e os lipídios com 85%. Já os aminoácidos e ácidos graxos voláteis apresentam grande ineficiência (65 e 50%, respectivamente). Para aproveitamento da energia oriunda dos aminoácidos existem custos energéticos elevados relacionados a desaminação (1,19kcal/g de proteína desaminada). Assim do conteúdo de 5,74 kcal/g de energia bruta em 1g de proteína absorvida, somente 2,87 kcal/g estarão disponíveis para produção de energia em suínos (Whittemore, 1993).

Para cães e gatos, principalmente o segundo grupo, que é caracterizado como carnívoros restritos, EL deve apresentar ainda melhores resultados que em suínos. Características bioquímicas e fisiológicas demonstram ineficiência e elevado incremento calórico, o que demonstra a necessidade de estimativa de mais esta perda energética, provavelmente de grande importância para carnívoros quando da estimativa do conteúdo energético das dietas.

Não foi encontrado nenhum trabalho sobre o assunto para cães e gatos. Devido isto o trabalho esta baseada em grande parte, por trabalhos realizados com suínos, entretanto considerando características digestivas e fisiológicas destas espécies, acredita-se que provavelmente apresentarão ainda melhores resultados quando do uso da metodologia de EL do que o já obtido com suínos.

## **8. Conclusão**

Provavelmente a melhor forma de predição energética de dietas para cães e gatos seja através da utilização de EL. Inclusive os resultados em gatos deverão ser ainda melhores, já que estes são carnívoros restritos e com maior dependência da produção de glicose através de aminoácidos gliconeogênicos, com consequente maior IC relacionado a desaminação e excreção de nitrogênio pela urina.

## 9. Bibliografia

BLAXTER, K. **Energy metabolism in animals and man**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989, 336p.

BORGES, F.M.O.; NUNES, I. **Nutrição e manejo alimentar de cães na saúde e na doença**. Cad. Tec. Esc. Vet. UFMG, n.23, p5-103, 1998.

BORGES, F.M.O.; FERREIRA, W.M. **Princípios nutritivos e exigências nutricionais de cães e gatos. Parte I – Energia, Proteína, Carboidratos e Lipídios**. Lavras: UFLA/FAEPE. Curso de Pós-Graduação “Latu Sensu” (Especialização) a Distância: Nutrição e Alimentação de Cães e Gatos. 108p. 2004.

CHIBA, L.I. **Curso de Nutrição de Monogástricos**. Auburn: Departamento de Ciência Animal da Universidade de Auburn, 1997. 267p. Polígrafo do curso.

DESCHEPPER, K.; DE GROOTE, G.; **Effect of dietary protein essential and non essential amino acids on the performance and carcass composition of male broiler chickens**. Cambridge: British Poultry Science, v. 36, P. 229-245, 1995.

EDWARDS, A.C.; CAMPBELL, R.G. **Energy-protein interactions in pigs**. In: Cole, D.J.A.; Haresign, W.; Garnsworthy, P.C. (Eds.) Recent developments in pig nutrition 2. Nottingham University Press, 1996. P. 30-46.

FULLER, M. Macronutrient requirements of growing swine. In: Rostagno, H.S. (Ed.) Simpósio internacional sobre exigências nutricionais de aves e suínos, 1996, Viçosa. **Anais...** UFV, 1996. P.205-221.

GRAHAM, H. **The physical and chemical constitution of foods: Effects on carbohydrate digestion**. In: Fuller, M.F. (Ed.) **In vitro digestion for pigs and poultry**. Wallingford: Cabi Publishing, 1991. p. 35-45.

JEROCH, H.; SCHUBERT, R.; PRINZ, M. et al. **Energy and crude protein requirements of young fattening geese. II Influence of varying energy and crude protein of feed on carcass quality**. Berlin: Arch. Tierernahr, v.98, p. 111-122, 1978.

JORGENSEN, H.; ZHAO, X.Q.; EGGUM, B.O. **The influence of dietary fibre and environmental temperature on the development of the gastrointestinal digestibility, degree of fermentation in the hind-gut and energy metabolism in pigs**: Cambridge: British Journal of Nutrition, v.75, p.365-378, 1996.

JORGENSEN, H.; LARSEN, T.; ZHAO, X.Q. et al. **The energy value of short-chain fat acids infused into the caecum of pigs**. Cambridge: British Journal of Nutrition, v.77, p. 745-756, 1997.

JUST, A. **The net energy value of balanced diets for growing pigs.** Amsterdam:Livestock Production Science, v.8, p.541-555, 1982a.

JUST, A. **The net energy value of crude(catabolized) protein for growth in pigs.** Amsterdam: Livestock Production Science, v.9, p. 349-360, 1982b.

JUST, A.; JORGENSEN, H.; FERNANDEZ, J.A. **Maintenance requirement and the net energy value of different diets for growth in pigs.** Amsterdam: Livestock Production Science, v. 10, p 487-506, 1983.

KLEIBER, M. **The fire of life, na introduction to animal energetics.** Davis: Library of congress, 1961, 454p.

KOONG, K.J. NIENABER, J.A.; PEKAS, J.C. et al. **Effects of plane of nutrition on organ size and fasting in genetically obese and lean pigs.** Philadelphia: Journal of Nutrition, v. 113, p. 1626-1631, 1982.

MOEHN, S.; SUSENBETH,A. **Influence of dietary protein content of efficiency of energy utilization in growing pigs.** Berlim:Archiv fur Tierernahrung, , v.47, n.4, p.361-372, 1995.

MURGAS, L.D.S.; COSTA, S.F.C.; FERREIRA, W.M.; BORGES, F.M.O. **Fisiologia digestiva de cães e gatos.** Lavras:UFLA/FAEPE. Curso de Pós-Graduação “Latu Sensu” (Especialização) a Distância: Nutrição e Alimentação de Cães e Gatos. 55p. 2004.

NRC. **Nutrient Requirements of dogs.** Washington: National Academic Press, 1985.

NRC. **Nutrient Requirements of pigs.** 9 ed. Washington: National Academic Press, 1988. 93p.

NRC. **Nutrient Requirements of pigs.** 10 ed. Washington: National Academic Press, 1998. 93p.

NOBLET, J.; Le DIVIDICH, J.; BIKAWA, T. **Interaction between energy level in the diet and environmental temperature of the utilization of energy on growing pigs.** Albany:Journal of Animal Science, v.61, p. 452-459, 1985.

NOBLET, J.; FORTUNE, C.; DUPIRE, C.; DUBOIS, S. **Digestible metabolizable and net energy of 13 feedstuffs for growing pigs: effect of energy sistem.** Amsterdam:Animal Feed science and technology, v.42, p 131-149, 1993a.

NOBLET, J.; SHI, X.C.; DUBOIS, S. **Metabolic utilization of dietary energy and nutrients for maintenance energy requeriments in Sows: Basis for a net energy.** Cambridge:British Journal of Nutrition. v.70, p. 407-419. 1993b.

NOBLET, J.; SHI, X.S.; FORTUNE, H. et al. **Effect of body weight on net energy value of feeds for growing pigs.** Albany: Journal of Animal. v.72, p. 648-657, 1994a.

NOBLET, J.; FORTUNE, H.; SHI, X.S. et al. **Prediction of net energy value of feeds for growing pigs.** Albany: Journal of Animal Science, v. 32, p. 344-354, 1994b.

NOBLET, J. Energy evaluation systems for pig diets. In: Simpósio sobre tópicos especiais em Zootecnia, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. p. 92-108.

NOBLET J.; KAREGE, C.; DUBOIS, S. et al. **Metabolic utilization of energy and maintenance requirements in growing pigs: effects of sex and genotype.** Albany: Journal of Animal Science, v.77, p. 1208-1216, 1999.

NOBLET, J. Estimation of energy value in pig feeds. In: I Simpósio Internacional de Nutrição Animal Proteína Ideal, Energia Líquida e Modelagem, 2001, **Anais...** Concórdia: Embrapa-CNPSA, 2001. p.44-62.

NOBLET, J.; LE GOFF, G. **Effect of fibre on de energy value of feeds for pigs.** Amsterdam: Animal Feede Science and Tecnology, v.90, p.35-52, 2001.

PALS, D.A.; EWAN, R.C. Dried **Whey and Wheat midd lungs by young swine.** Albany: Jornal of Animal Science, v.46, p.401-408, 1978.

PHILLIPS, B.C.; EWAN, R.C. **Utilization of energy of milo and soybean oil by young swine.** Albany: Jornal of Animal Science, v.44, p.990-997, 1977.

PIERGOZLIEV, V.; ROSE, S.P. **Net systems for poultry feeds: a quantitative review.** Amsterdam: World`s Poultry Science Journal, v.55, p1-36, 1999.

PULLAR, J.D.; WEBSTER. **The energy cost of fat and protein deposition in the rat.** Cambridge: British Journal of Nutrition, v.37, p. 355-363, 1977.

RADAMACHER, M. **Manejo nutricional de suínos na fase de crescimento – terminação: Conceitos básicos e novas idéias.** São Paulo: Degussa Brasil, 1997. 12p.

RATCLIFFE, B. **The role of microflora in digestion. In: In vitro digestion for pigs and poultry.** Wallingford: Cabi, 1001. p. 19-34.

REEDS, P.J.; FULLER, M.F.; CADENHEAD, A.; et al. **Effects of changes in the intakes of protein and non-protein energy on whole-body protein turnover in growing pigs.** Cambridge: British Journal of Nutrition, v. 45, p. 539-546, 1981.

ROBLES, A.; EWAN, R.C. **Utilization of energy of rice and rice brain by young pigs.** Albany: Journal of Animal Science, v.46, p. 572-577, 1978.



RUTZ, F. **Curso de Nutrição de Suínos. Pelotas:** Departamento de Zootecnia da Faculdade de Agronomia da UFPEL: Programa de Pós-graduação em Zootecnia da UFPEL, 1995. 290P. Polígrafo do Curso.

SAAD, F.M.O.B.; SAAD, C.E.P. **História Evolutiva na alimentação e controle de consumo dos cães e gatos.** Lavras:UFLA/FAEPE. Curso de Pós-Graduação “Latu Sensu” (Especialização) a Distância: Nutrição e Alimentação de Cães e Gatos. 39p. 2005.

SAAD, F.M.O.B.; MENDESM W.S.; AGOSTINI, L.O.; et al. **Manejo nutricional de cães e gatos nas diversas etapas fisiológicas.** Lavras:UFLA/FAEPE. Curso de Pós-Graduação “Latu Sensu” (Especialização) a Distância: Nutrição e Alimentação de Cães e Gatos. 127p. 2005.

SCHULZ, A.R. **Computer based method for calculation of de available energy of proteins.** Philadelphia: Journal of Nutrition, v. 105, p. 200-207, 1975.

SNIZEK Jr., P.N. **Utilização do conceito de energia líquida para suínos em crescimento.** Tese de Doutorado. UFRGS - Faculdade de Agronomia, Programa de Pós- Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, 149p. 2002.

SNIZEK Jr. P.N.; KESSLER, A.M.; RIBEIRO, AM.L.; et al. Utilização do conceito de energia líquida para suínos em crescimento. **Anais...** XXXIX Reunião da SBZ, Recife-Pe: Editora da UFPE, 2002.

SOUZA, R.V.; MATA JUNIOR, J.I.; RIBEIRO, P.A.P.; et al. **Bioquímica Aplicada à Nutrição de Cães e Gatos.** Lavras:UFLA/FAEPE. Curso de Pós-Graduação “Latu Sensu” (Especialização) a Distância: Nutrição e Alimentação de Cães e Gatos. 116p. 2004.

STANLEY, D.L.; EWAN, R.C. **Utilization of energy of hominy feed and alfafa meal by young pigs.** Albany: Journal of Animal Science, v.54, p. 1175-1180, 1982.

TAYLOR, A.J.; FISHER, C. **Termogenic effect in pigs of diets containing wheat or wheatfeed.** In: Mount, L.E. (Ed.) Energy metabolism. London: Butterworths, 1980. P. 31-35.

VAN MILGEN, J. NOBLET, J. Energy partitioning in growing pigs: the use of mutivariate model as na alternative for factorial analysis. Albany: Journal of Animal Science, v. 77, p. 2154-2162, 2001.

WHITTEMORE, C.T. **The science and pratice of pig production.** London: British library Press, 1993, 661p.