

ABSORÇÃO E METABOLISMO DA GORDURA EM FRANGOS DE CORTE*

1. INTRODUÇÃO.

A produção de frangos de corte vem recebendo melhorias a cada dia que passa. O melhoramento genético visando um animal mais produtivo tem tornado-o também mais exigente no que se refere ao manejo e a alimentação. Segundo KESSLER & GALLIGER (2000), as aves na atualidade exigem dietas com uma maior concentração energética para desenvolverem seu potencial genético. Para tal, é comum a adição de lipídios, também conhecidos como óleos ou gorduras. O que usualmente diferencia um do outro é o seu estado de solidez a temperatura ambiente. Os termos gordura, óleo ou lipídio são utilizados, segundo estes mesmos autores, de forma genérica para um grande número de compostos que tem em comum a insolubilidade em água e a solubilidade em solventes orgânicos, como por exemplo o éter de petróleo. Dentre os fatores que afetam a digestibilidade e absorção dos lipídios estão a idade, o nível de utilização na dieta, o tipo de lipídio usado e a composição da dieta.

Animais jovens apresentam uma menor capacidade de digerir a gordura em relação a animais juvenis e adultos. O tipo de lipídio também é um outro fator. Características como tamanho da cadeia, grau de insaturação, ponto de fusão e composição dos ácidos graxos dos triacilgliceróis apresentam certas diferenças na emulsificação e ataque pela lipase no intestino delgado, local segundo ANDRIGUETTO *et alli* (1981) ocorre a mais significativa digestão dos lipídios.

2. TUBO DIGESTÓRIO E LOCAL DE DIGESTÃO.

O tubo digestório das aves (Figura 1) compreende basicamente os seguintes componentes: (1) boca, (2) esôfago, (3) inglúvio (papo), (4) estômago glandular (pró-ventrículo), (5) estômago mecânico (moela), (6) intestino delgado (formado por duodeno, jejuno e íleo), (7) intestino grosso, (8) cecos, (9) reto e (10) cloaca.

* Seminário apresentado na disciplina Bioquímica do Tecido Animal (VET00036) do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da UFRGS pelo aluno LUIZ FERNANDO PIGATTO GERBER, no primeiro semestre de 2002. Professor da disciplina: Félix H.D. González.

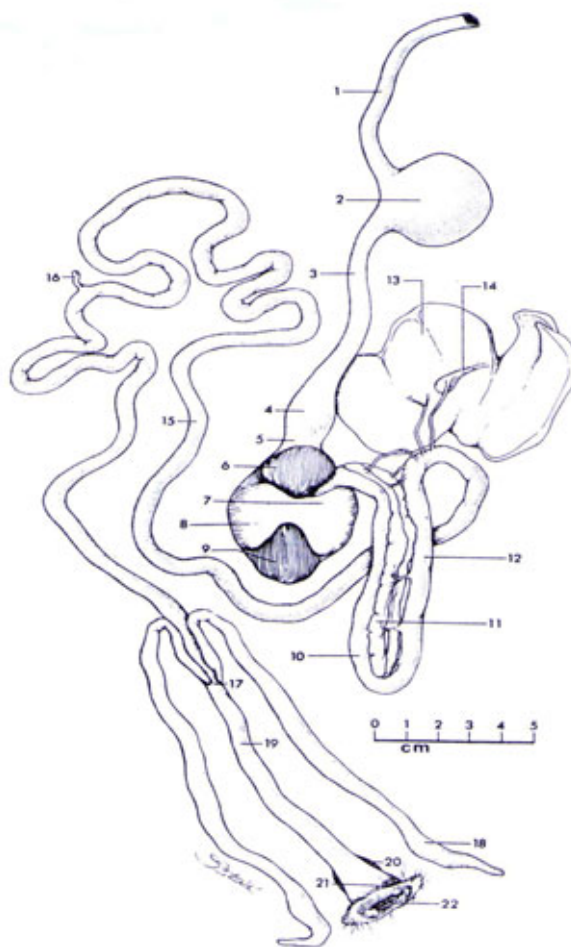


Figura 1. Tubo digestório no frango de corte.

Em cada parte do tubo digestório encontramos particularidades físicas e químicas que permitem a degradação do alimento para absorção e aproveitamento dos nutrientes. Diversas enzimas são secretadas em certas porções do tubo gastrointestinal (TGI) com a função de otimizar a digestão (Tabela 1).

Tabela 1. Enzimas, locais de secreção, composição, produtos de sua ação e substrato.

Local	Suco digestivo	Composição	Substrato	Produto final
Boca	saliva	mucina	-	-
Inglúvio	muco	mucina	-	-
Estômago	suco gástrico	HCl, mucina; pepsinogênio, catepsina	Proteínas	peptonas, polipéptidos
Intestino delgado	suco entérico	alfa-amilase, tripsinogênio, quimiotripsina, elastase, carboxipeptidase, aminopeptidase, lipase, bile, nuclease	amido, proteínas, triacilgliceróis, ácidos nucléicos	glicose, aminoácidos, ácidos graxos, glicerol

Fonte: Adaptado de ANDRIGUETTO *et alli*, 1981.

No epitélio do intestino delgado encontramos adaptações anatômicas que aumentam grandemente a área de absorção. A organização geral do intestino é mostrada na Figura 2.

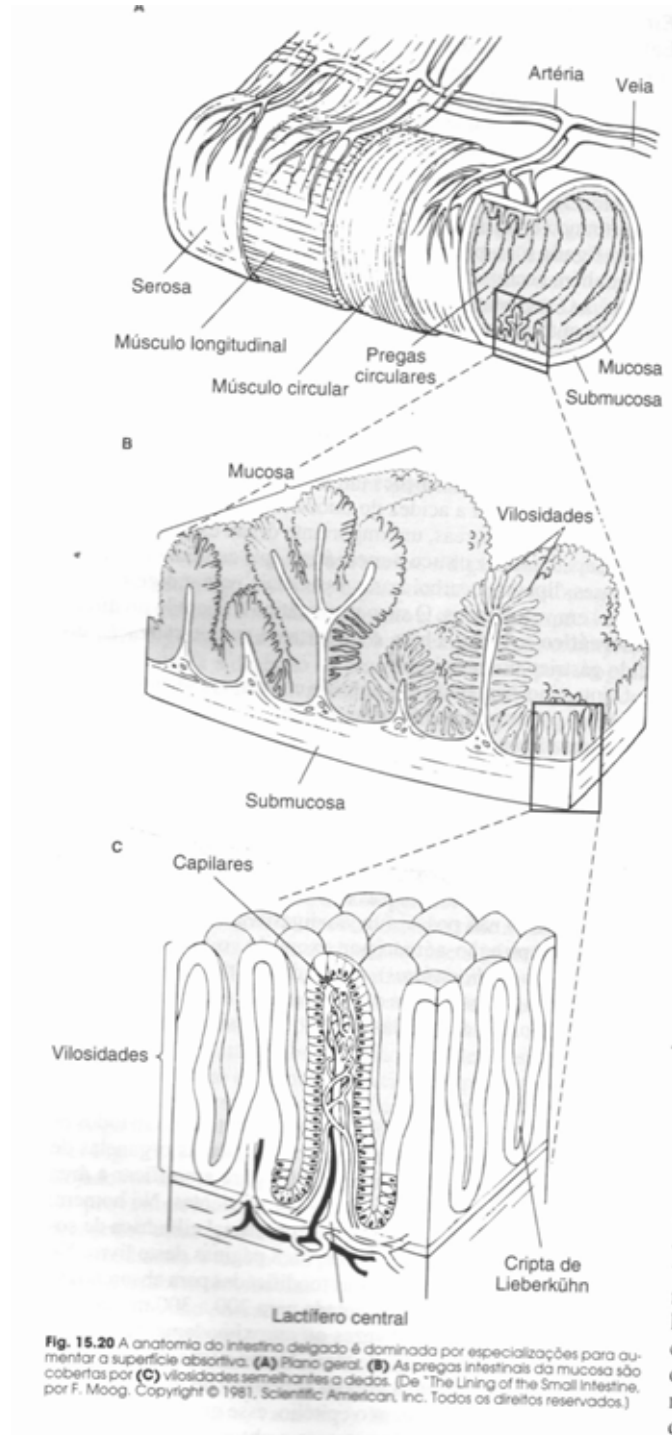


Figura 2. Estrutura geral do epitélio intestinal do frango.

A camada externa é a serosa, que recobre o músculo longitudinal. Abaixo deste, temos o músculo circular que faz limite com a submucosa e esta por sua vez faz limite com a mucosa do intestino.

Na Figura 2B podem-se observar as vilosidades e na Figura 2C a estrutura de uma vilosidade. Cada vilosidade se compõe genericamente de um vaso linfático central rodeado por capilares.

Os monoglicerídeos, os ácidos graxos e o glicerol, produtos da digestão das gorduras difundem-se através da célula absorptiva e são ressintetizados dentro da célula absorptiva em triacilglicerol. Estes triacilgliceróis são agrupados com fosfolipídios e colesterol em gotículas de cerca de 150 µm de diâmetro denominados quilomicrons. Os quilomicrons são recobertos por uma camada de proteína e são contidos em vesículas formadas no complexo de Golgi para serem posteriormente expelidos da célula para a membrana basolateral, como mostra a Figura 3.

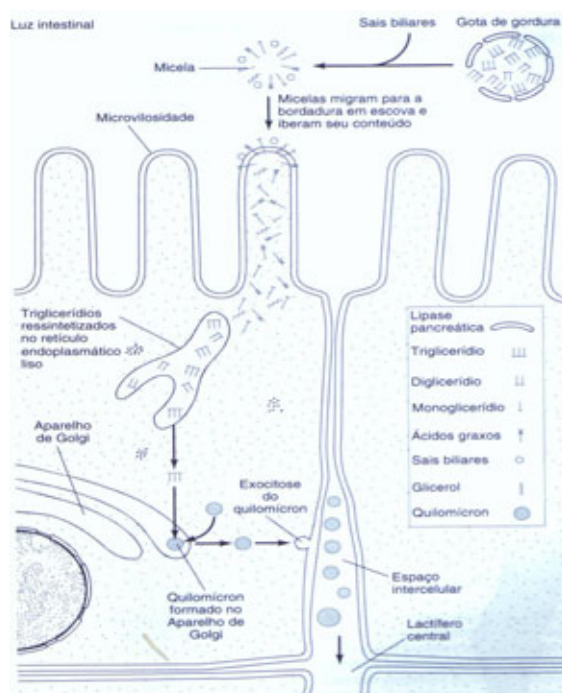


Figura 3. Processo de absorção lipídica em células do epitélio intestinal do frango.

3. DIGESTÃO E ABSORÇÃO DOS LIPÍDIOS.

A digestão dos lipídios ocorre com o auxílio de enzimas e de emulsificantes, que permitem uma maior área para a ação da enzima lipase pancreática. Grande parte deste processo ocorre no duodeno, jejuno e íleo (FREEMAN, 1985). Quando as gorduras provenientes do estômago ingressam no intestino delgado encontram um

ambiente alcalino ($\text{pH} \approx 5,8-6,0$), que permite uma atuação da bile produzida no fígado e armazenada na vesícula biliar. A bile tem por função emulsificar os lipídios, aumentando superfície dos mesmos com a formação de microgotículas de gordura. Segundo FREEMAN (1985), esta fina subdivisão tem por propósito expor uma superfície apropriada para a ação da lipase pancreática na interfase óleo-água. Afirma este mesmo autor que a lipólise é uma função diretamente relacionada com a área de superfície exposta do substrato da presente enzima. A colipase (um fator polipeptídico) é requerida para a ativação e funcionamento da lipase no substrato. Uma estreita relação cinética é conhecida e ela age por interação entre a colipase, sais biliares e lipase.

O mecanismo que explica esta fechadura cinética funciona através das cargas da colipase que a habilitam a penetrar na camada de sais biliares que recobrem a superfície da gordura (substrato) e anexar a enzima lipase no mesmo. Tendo penetrado neste escudo, a colipase age como uma “âncora” que liga a lipase nesta superfície.

A especificidade da lipase pancreática de suínos pelo grupo terminal dos ácido graxos dos triacilgliceróis tem sido mostrada (SCHOENHEYDER & VOLQUARTZ, 1954; SAVARY & DESNUELLE, 1956, citados por FREEMAN 1985) e as propriedades em frangos parecem ser similares.

Outras enzimas secretadas pelo pâncreas e que aparentemente tem importância na digestão duodenal de lipídios são as carboxi-éster-hidrolase (colestero-esterase) e a fosfolipase. A carboxi-éster-hidrolase tem um pH ótimo de ação, requer sais biliares para sua ativação, e mostra uma baixa especificidade (ERLANSON, 1975, citado por FREEMAN, 1985). A lipólise do colesterol parece ser um passo obrigatório para sua absorção (FREEMAN citando SHIRATORI E GOODMAN, 1965). Ainda segundo FREEDEMAN (1985) o grau de agitação do conteúdo luminal pelos movimentos peristálticos do intestino é um importante fator no eficiente do processo de emulsificação.

O comportamento dos ácidos graxos no suco biliar é influenciado pelo seu grau de ionização e, no pH duodenal dos frangos os ácidos graxos estão parcialmente ionizados.

Por hidrólise dos lipídios, são produzidos o glicerol, ácidos graxos, monoacilgliceróis, fosfogliceróis, esteróis, isoprenóides. VODOVAR, FLANZY e FRANÇOIS (1966), citados por FREEMAN (1985), mostraram, por microscopia eletrônica, que em intestinos suínos é viável a absorção de partículas de gordura menores que o espaço intermicroviloso, ou seja, da ordem de menos de 40 nm de

diâmetro. Entretanto, a probabilidade de se encontrar micelas com tais dimensões no lúmen é muito baixa, caso ocorra este tipo de absorção é considerado que não envolva gasto energético ou seja, são absorvidas por transporte passivo. Hofmann (1966) citado por FREEMAN (1985) observou que a absorção lipídica pode ocorrer após colisões aleatórias dos subprodutos da lipólise com a membrana da célula.

Ácidos graxos de cadeia curta são mais suscetíveis de absorção do que os de cadeia longa, assim como os ácidos graxos de cadeia insaturada são melhor absorvidos do que os de cadeia saturada (GONZALES & SILVA, 1999).

No que diz respeito aos sais biliares e sua reabsorção o jejuno os reabsorve por processo ativo. Porém, para que esta última reabsorção ocorra, os sais biliares tem que estar em estado não dissociado, situação pouco comum no jejuno, já que este é o primeiro terço do intestino e recebe os lipídios quase sem emulsificação. O íleo os reabsorve por processo ativo. A circulação entero-hepática dos ácidos biliares é completada pelo transporte dos sais biliares via sistema porta-mesentérico para o fígado. Nos frangos apenas uma pequena síntese hepática de ácidos biliares é necessária para manter a quantidade destes sais neste sistema. A liberação da bile da vesícula biliar para o intestino é efetuada pela ação do hormônio colecitoquinina (CCK), liberado por sensores localizados próximos à superfície da mucosa intestinal quando se apresentam lipídios. A gastrina II e o hormônio GIP aparecem como complemento para a ação do CCK e contração da musculatura sensível da vesícula biliar (Rehfeld, 1981 citado por FREEMAN, 1985).

O glicerol, um produto hidrossolúvel da lipólise, é absorvido no intestino por difusão facilitada e difusão simples.

Após a absorção dentro da mucosa intestinal, os ácidos graxos são reesterificados para formar triacilgliceróis e se combinam com colesterol e apoproteínas para formar os quilomícrons e lipoproteínas. Os primeiros serão transportados pela linfa e os últimos serão transportador pelo sangue.

A ressíntese dos triacilgliceróis mostra uma marcante dependência da presença de cátions magnésio.

As lipoproteínas constituem uma das mais importantes formas de transporte dos lipídios no sangue, já que estes são insolúveis no sangue e necessitam de conjugação para serem transportados.

4. TRANSPORTE DOS LIPÍDIOS NO ORGANISMO.

Nas aves o sistema linfático é pobremente desenvolvido, as vilosidades têm em seu interior uma rede capilar bem desenvolvida e não contém vaso linfático central. (KIYASU, 1955, citado por FREEMAN, 1985). Esta configuração estrutural é considerada favorável a absorção e transporte dos triacilgliceróis (em aves) via sistema porta-mesentérico, o que foi confirmado por NOYAN *et al.* (1964) por estudos com radio-isótopos em frangos.

O exame da fração lipídica do plasma oriundo do sangue portal, indica que a principal forma cujos lipídeos absorvidos são transportados em aves. Esta forma é a VLDL (*very low density lipoprotein*).

Como vimos acima, os lipídios por não serem solúveis no sangue necessitam de um coadjuvante para transportá-los na corrente sangüínea. Quem faz este papel são as apoproteínas que formarão as lipoproteínas. As lipoproteínas são HDL, LDL, IDL, VLDL quilomicrons e remanentes de quilomicrons.

As VLDL transportam triglicerídios do fígado para os tecidos periféricos portanto, esta lipoproteína é sintetizada no fígado. As LDL e IDL são sintetizadas no plasma por ação da lipoproteína-lipase, uma lipase do soro sangüíneo. Conforme as VLDL vão depositando seu triglicerídios nas células, acontece um aumento da densidade por liberação dos ácidos graxos do triacilglicerol. Os ácidos graxos entram na célula e são reesterificados sendo depositados nas reservas ou utilizados nos processos metabólicos. O glicerol do triglicerídeo que estava na lipoproteína não entra na célula e volta para o fígado onde é metabolizado.

5. INFLUÊNCIA DO PERFIL DOS LIPÍDIOS NO DESEMPENHO E NA GORDURA DE FRANGOS DE CORTE.

Em experimento onde foi avaliado o perfil de ácidos graxos da pele, músculo peitoral e músculos da coxa de frangos, alimentados com diferentes fontes vegetais de óleos (soja, canola e palma). FERREIRA *et al.* (1998) não encontraram diferenças. Porém, no nível de colesterol analisado nestas partes houve diferenças como mostra a Tabela 2.

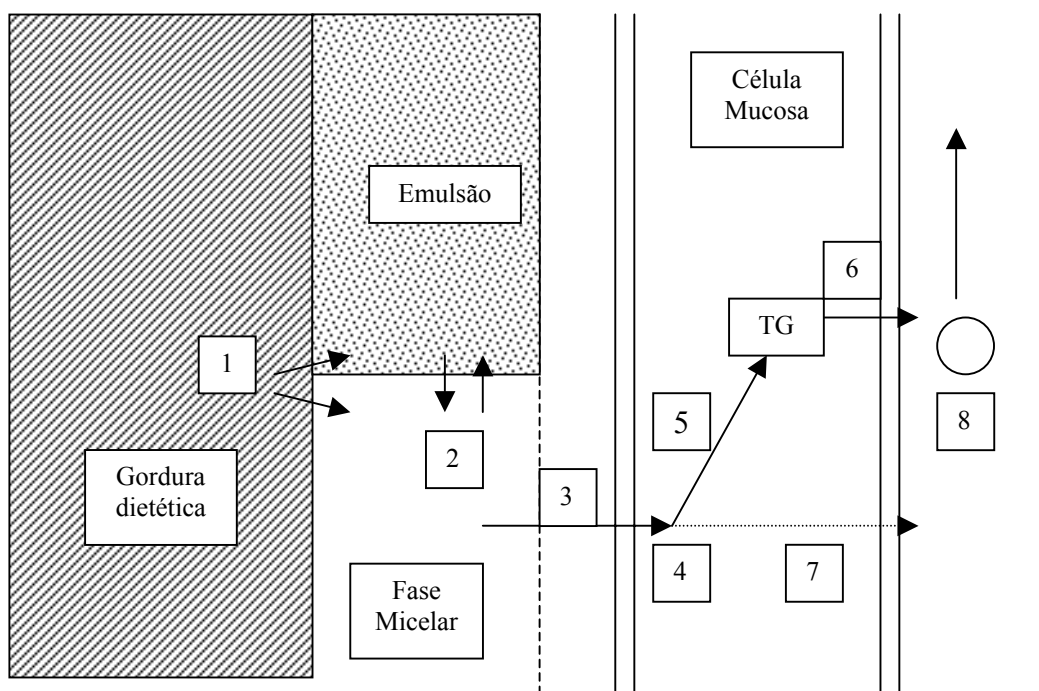


Figura 4.- Esquema dos processos integrados da digestão, absorção e transporte de gorduras em frangos. (1) emulsificação e lipólise das gorduras; (2) entrada para fase micelar; (3 e 4) transferência dos lipídios através da membrana e penetração na célula mucosa; (5) re-síntese de triacilgliceróis; (6) quilomícron (suíno) ou VLDL (ave); (7) sistema porta de transporte para ácidos graxos de cadeia curta; (8) transporte de VLDL (aves, via porta-hepático) e quilomícrons (suínos, via sistema linfático).

Tabela 2. Níveis de colesterol medidos na pele e nos músculos do peito e coxa de acordo com diferentes fontes de óleo na dieta.

Fonte de óleo	Peito	Coxa	Pele
Sem óleo	81,67 a	76,16b	225,30 a
Óleo de soja	76,93 a	127,62a	194,10 a
Óleo de canola	47,22b	110,80a	183,92 a
Óleo de palma	62,96 a	86,10a	132,71b

Fonte: FERREIRA *et al*, 1998

Embora o óleo de canola seja composto por ácidos graxos insaturados, na pele dos frangos estudados que receberam esta fonte de óleo a deposição de colesterol foi mais alta que o tratamento que recebeu óleo de palma como fonte lipídica (alta concentração de ácidos graxos saturados).

Já o peito apresentou um perfil de ácidos graxos de acordo com o esperado dos tratamentos, ou seja, maiores níveis de colesterol para o tratamento com maiores níveis de ácidos graxos saturados (óleo de palma).

Outro experimento foi feito para resposta da composição dos ácidos graxos na gordura abdominal de frangos submetidos à dietas nas quais as fontes de gorduras eram óleo de girassol, rico em ácidos graxos insaturados e sebo bovino, rico em ácidos graxos saturados (SANZ et al.,2000). O desenho experimental está na Tabela 3 e os resultados estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 3. Visualização geral dos tratamentos aplicados no experimento.

Tratamento	Tipo da dieta		
	21 aos 36 dias de idade	37 aos 40 dias de idade	40 aos 49 dias de idade
óleo de girassol	óleo de girassol	óleo de girassol	óleo de girassol
óleo de girassol + 8 sebo	óleo de girassol	óleo de girassol	sebo bovino
óleo de girassol + 12 sebo	óleo de girassol	sebo bovino	sebo bovino
sebo	sebo bovino	sebo bovino	sebo bovino

Tabela 4. Perfil (%) dos ácidos graxos da gordura abdominal e ponto de fusão de frangos submetidos a quatro diferentes programas de alimentação.

Tipo de ácido	Programa dietético			
	O. G.	O. G. + 8 S.B.	O. G.+12 S.B	S.B.
Σ saturados	21,87c	26,32b	27,60b	30,92a
Σ monoinsaturados	34,97c	41,24b	43,29b	50,81a
Σ poliinsaturados	40,25a	29,71b	26,13c	15,61d
Ponto de fusão (C°)	12,07c	21,60b	22,01b	25,34a

Fonte: SANZ et al, 2000.

Em um outro trabalho CRESPO & GARCIA (2001) compararam quatro fontes de gorduras, com perfil de ácidos graxos diferentes e 2 níveis de inclusão de gordura (6% e 10%). Foi utilizado sebo bovino (rico em ácidos graxos saturados), óleo de oliva (rico em ácidos graxos monoinsaturados), óleo de girassol (rico em ácidos graxos poliinsaturados da série n-6) e óleo de linho (rico em ácidos graxos poliinsaturados da série n-3). Como podia ser esperado o consumo foi menor nas rações com 10% de inclusão de gordura sem prejuízo para a conversão alimentar, que foi melhor nos animais que receberam rações com este nível de gordura.

A deposição de ácidos graxos saturados em relação ácidos graxos insaturados no músculo do peito, na gordura abdominal e no músculo da coxa, está apresentada na Tabela 5.

Tabela 5. Quantidade de ácidos graxos saturados e insaturados depositados nos músculos da coxa, peito e na gordura abdominal, com diferentes fontes de gordura.

Fonte de gordura	Gordura abdominal		Músculo da coxa		Músculo do peito	
	A.G. sat.	A.G. insat.	A.G. sat.	A.G. insat.	A.G. sat.	A.G. insat.
Sebo	267,2a	498,5	268,7 a	523,3c	254,9a	490,5b
Óleo de oliva	181,2b	476,3	229,7b	579,7b	228,8b	552,9a
Óleo de girassol	206,6b	558,3	226,8b	609,4ab	221,1b	569,0a
Óleo de linho	212,2b	569,9	218,7b	643,9a	216,4b	540,8ab

Fonte: CRESPO & GARCIA, 2001.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ANDRIGUETTO, J. M. *et al.* **Nutrição Animal**. 6^a ed. São Paulo: Nobel, 1999.
- CRESPO, N.; GARCIA, E.E. Dietary fatty acid profile modifies abdominal fat deposition in broiler chickens. **Poultry Science** 80 : 71-78, 2001.
- FERREIRA, J.M.; SOUSA, R.V.; BRAGA, M.S.; VIEIRA, E.C.; CAMPOS, E.J. Efeito de tipo de óleo adicionado à dieta, sobre o teor de colesterol em partes da carcaça de frangos de corte de acordo com o sexo e linhagem. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** v.19, n° 2, maio/agosto 1999.
- FREEMAN, C.P. **The digestion, absorption and transport of fats – non-ruminants**. United Kingdom, 1985
- GALLINGER, C.I.; KESSLER, A. M. **Lipídios na nutrição de aves: digestão e absorção**. Porto Alegre UFRGS, 2000.
- GONZÁLEZ, F.H.D.; SILVA, S.C. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. Porto Alegre: UFRGS, In: <http://www.ufrgs.br/ufrgs/favet/bioquimica>.
- LEHNINGER, Albert L. **Bioquímica**. 2^a ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1976. Volumes I, II, III e IV
- SANZ, M.; BOTE, C.J.L.; FLORES, A.; CARMONA, J.M. Effect of inclusion time of dietary saturated and insaturated fats before slaughter on the accumulation and composition of abdominal fat in female broiler chickens. **Poultry Science** 79: 1320-1325, 2000.
- STRYER, L.. **Bioquímica**. 4^a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.