

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**PECTINA NA RAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE:
DIGESTIBILIDADE, PARÂMETROS ZOOTÉCNICOS E
METABOLISMO LIPÍDICO**

Vanessa Karla Silva
Zootecnista

**JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
2010**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**PECTINA NA RAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE:
DIGESTIBILIDADE, PARÂMETROS ZOOTÉCNICOS E
METABOLISMO LIPÍDICO**

Vanessa Karla Silva

Orientadora: Prof^a Dr^a Isabel Cristina Boleli

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor Zootecnia.

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Outubro de 2010

S586p Silva, Vanessa Karla
Pectina na ração de frangos de corte: digestibilidade, parâmetros zootécnicos e metabolismo lipídico / Vanessa Karla Silva. -- Jaboticabal, 2010
xi, 141 f.: il.; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2010

Orientador: Isabel Cristina Boleli

Banca examinadora: José Roberto Sartori, Paulo Sérgio Rosa, Luciane Helena Gargaglioni Batalhão, Vera Maria Barbosa de Moraes
Bibliografia

1. Frango de corte-aditivo. 2. Frango de corte-fibra solúvel. 3. Metabolismo lipídico. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.5:636.085.2

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

VANESSA KARLA SILVA – nascida em Belo Horizonte, Minas Gerais, em 21 de junho de 1975. Em março de 1998 iniciou o curso de Zootecnia pela Universidade Federal de Lavras, concluindo-o em dezembro de 2002. Em agosto de 2004 iniciou seus estudos de Mestrado em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, adquirindo o título de Mestre em Zootecnia em 11 de outubro de 2006. Em março de 2007 ingressou no curso de Doutorado em Zootecnia, na mesma instituição, submetendo-se à defesa de Tese no dia 29 de outubro de 2010.

“Descobrimos como é bom chegar quando se tem paciência.
E para chegar onde quer que seja, aprendemos que não
é preciso dominar a força, mas a razão.
É preciso antes de mais nada, querer.”

ALMYR KLINK

Dedicatória

À Deus por estar sempre presente, dando força, coragem e sabedoria para seguir em frente nos momentos que parecem ser os mais difíceis e sem esperanças, e que, com calma vemos que esses momentos eram necessários para nos fazer mais fortes.

Oferecimento

Aos meus pais Aníbal e Diná por todo seu amor, compreensão, sacrifícios e orações, e por sempre acreditarem e incentivarem meus estudos... muito obrigada por tudo. Amo muito vocês!!!

À Daniela e Cíntia (*in memoriam*) pela compreensão da ausência, pela alegria e pelo aprendizado... e ao pequeno João Pedro que chegou para alegrar nossas vidas.

Agradecimento

À Profa. Dra. Isabel Cristina Boleli pela confiança, por acreditar em mim, pela orientação, profissionalismo, dedicação e ensinamentos durante o período em que convivemos;

À FAPESP pelo auxílio financeiro (Processo Nº 07/59891-0) que tornou possível a condução do experimento e à CAPES pela bolsa de estudos concedida;

Às bancas que com suas sugestões contribuíram para melhoria desse trabalho: comitê de avaliação do projeto de pesquisa composta pelos professores Dra. Vera Maria Barbosa de Moraes e o Dr. Renato Luiz Furlan; de qualificação composta pelos professores Dra. Vera Maria Barbosa de Moraes, Dr. Renato Luiz Furlan, Dra. Jane Maria Bertocco Ezequiel e Dra. Kênia Cardoso Bícego; e à banca de defesa composta pelos professores Dr. José Roberto Sartori, Dr. Paulo Sérgio Rosa, Dra. Luciane Helena Gargaglioni Batalhão e Dra. Vera Maria Barbosa de Moraes.

Aos funcionários do Setor de Avicultura Robson, Vicente e Izildo e da Fábrica de Ração Sandra, Sr. Osvaldo e Helinho pelo auxílio durante o trabalho de campo e à secretária do Departamento de Zootecnia Cássia, pela atenção;

Aos funcionários do Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, Sr. Orandi, Damaris, Euclides e Isabel, e aos secretários Wagner e Clara pela ajuda e atenção;

À Ana Paula e Sr. Orlando pela ajuda nas análises no Laboratório de Nutrição Animal;

Às amigas Janaina Della Torre da Silva e Tatiana de Oliveira Catelan pelo convívio, conversas, conselhos e amizade!!

Aos amigos Viviane, Michaela, Marcos, Tamires, Wedson, Mariana, Rafael, Rodrigo, Fabricio, Juan, Marlene, Karoll, Lilian pela ajuda na condução do experimento, pelas risadas e ensinamentos durante as conversas;

Ao meu querido e amado Luiz Gustavo, por todo amor, carinho, amizade, respeito, amparo e suporte que tem generosamente me ofertado..... te-amor muito!!!!

Às crianças Chiquinha, Thor, Preto e Brad pela companhia, risadas e por deixarem a nossa vida mais leve e divertida!

À todas as pessoas que contribuíram com uma ajuda, um sorriso ou uma palavra amiga.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

	Página
ÍNDICE DE TABELAS.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMO.....	x
SUMMARY	xi
 CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	 1
1. Introdução.....	1
2. Fibra solúvel - Pectina	2
3. Digestibilidade	5
4. Metabolismo lipídico e protéico nas aves	6
5. Metabolismo protéico nas aves	9
 CAPÍTULO 2 - DIGESTIBILIDADE DAS RAÇÕES CONTENDO PECTINA PARA	
FRANGOS DE CORTE	20
RESUMO.....	20
SUMMARY	21
Introdução.....	22
Material e Métodos	23
Resultados.....	26
Discussão	43
Conclusão.....	47
Referências	48
 CAPÍTULO 3 - INFLUÊNCIA DA PECTINA NA RAÇÃO SOBRE O	
DESEMPENHO E RENDIMENTO DE CARÇA DE FRANGOS DE CORTE	53
RESUMO.....	53
SUMMARY	54
Introdução.....	55
Material e Métodos	56
Resultados.....	60
Discussão	75
Conclusão.....	78
Referências	78

CAPÍTULO 4. EFEITO DA PECTINA SOBRE ALGUNS PARÂMETROS BIOQUÍMICOS SANGUÍNEOS EM FRANGOS DE CORTE 82

RESUMO	82
SUMMARY	83
Introdução.....	84
Material e Métodos	85
Resultados.....	88
Discussão	95
Conclusão.....	98
Referências	98

CAPÍTULO 5 – TECIDO HEPÁTICO, ADIPOSEO E MUSCULAR EM FRANGOS DE CORTE SUBMETIDOS À DIETAS COM OU SEM PECTINA 104

RESUMO	104
SUMMARY:	105
Introdução.....	106
Material e Métodos	108
Resultados.....	112
Discussão	130
Conclusão.....	134
Referências	134

CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS 140

ÍNDICE DE TABELAS

Página

CAPÍTULO 2 - DIGESTIBILIDADE DAS RAÇÕES CONTENDO PECTINA PARA FRANGOS DE CORTE 20

Tabela 1 – Composição percentual e nutricional calculada e formulada das rações, segundo as fases de criação dos frangos..... 24

Tabela 2 – Valores médios dos parâmetros analisados de acordo com os níveis de pectina na ração, obtidos para a fase inicial do desenvolvimento dos frangos. 29

Tabela 3 – Coeficientes de correlação linear de Pearson (r^2) entre o tempo de trânsito (TT), viscosidade intestinal (VI) e umidade da excreta (UE) contra os demais parâmetros avaliados na fase inicial dos frangos de corte..... 34

Tabela 4 – Valores médios dos parâmetros analisados de acordo com as concentrações de pectina na ração, obtidos para a fase de crescimento dos frangos..... 37

CAPÍTULO 3 - INFLUÊNCIA DA PECTINA NA RAÇÃO SOBRE O DESEMPENHO E RENDIMENTO DE CARCAÇA DE FRANGOS DE CORTE53

Tabela 1 – Composição percentual e nutricional calculada e formulada das rações, segundo as fases de criação dos frangos..... 57

Tabela 2 – Efeito do nível de pectina (%) e da idade (semanas) sobre o ganho de peso (GP), o consumo de ração (CR), a conversão alimentar (CA) e a viabilidade criatória (VC) de frangos de corte..... 62

Tabela 3 - Desdobramentos da interação entre níveis de pectina na ração e idade para ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de pectina. 63

Tabela 4- Equações de regressão para ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) em função das semanas de desenvolvimento do frango para cada nível de pectina (0,1, 3 e 5%) e em função dos níveis de pectina para cada semana (3^a, 4^a, 5^a e 6^a). 64

Tabela 5 - Valores médios para peso vivo (PV), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA) e viabilidade criatória (VC) de frangos

de corte alimentados com diferentes níveis de pectina nos períodos de 1 a 35 dias e de 1 a 42 dias de idade..... 66

Tabela 6 – Consumo médio diário de água por ave (CAg) e relação consumo médio diário de água por consumo de ração (CAg:CR) na terceira e sexta semana de idade de frangos de corte que receberam ração com diferentes níveis de pectina..... 69

Tabela 7 - Valores médios para peso da carcaça (PC), rendimento de carcaça (RC), peso do peito (PP), rendimento de peito (RP), peso de coxa+sobrecoxa (PC+S) e rendimento de coxa+sobrecoxa (RC+S) de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de pectina aos 35 e 42 dias de idade. 72

CAPÍTULO 4. EFEITO DA PECTINA SOBRE ALGUNS PARÂMETROS BIOQUÍMICOS SANGUÍNEOS EM FRANGOS DE CORTE 82

Tabela 1 – Composição percentual e nutricional calculada das rações, segundo as fases de criação..... 86

Tabela 2 – Concentrações sanguíneas de colesterol total (C-total), lipoproteínas (HDL, LDL, VLDL), triglicérides, glicose, proteína total, ácido úrico e uréia em frangos de corte alimentados com diferentes níveis de inclusão de pectina obtidos em diferentes idades..... 89

Tabela 3 – Concentrações de colesterol total, das lipoproteínas (HDL, LDL, VLDL), triglicérides, proteína total, ácido úrico e uréia, expressos em mg/dL, e probabilidades das regressões para as interações entre níveis de pectina e idade, em frangos de corte. 90

CAPÍTULO 5 – TECIDO HEPÁTICO, ADIPOSO E MUSCULAR EM FRANGOS DE CORTE SUBMETIDOS À DIETAS COM OU SEM PECTINA 104

Tabela 1 – Composição percentual e nutricional calculada das rações, segundo as fases de criação..... 109

Tabela 2 – Valores médios do peso corporal (PC), pesos absoluto (PAF) e relativo (PRF) do fígado, camada de hepatócito vacuolizados (CV), lipídio hepático (LH), peso absoluto (PAG) e relativo (PRG) da gordura, área (A) e número (N) de adipócitos, concentração de lipídio total nos músculos gastrocêmio (G) e peitoral maior (PM) em frangos de corte com 14, 28, 35 e 42 dias de idade, alimentados com diferentes níveis de inclusão de pectina (0, 1, 3 e 5%). 114

Tabela 3 - Desdobramento da interação entre níveis de pectina e idade para peso corporal, peso absoluto e relativo do fígado, camada de hepatócitos vacuolizada e concentração de lipídio no fígado de frangos de corte. 115

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
CAPÍTULO 2 - DIGESTIBILIDADE DAS RAÇÕES CONTENDO PECTINA PARA	
FRANGOS DE CORTE	20
Figura 1 – Regressão para: (A) Tempo de trânsito intestinal, (B) viscosidade intestinal, sendo os dados transformados $y^{0,00558}$, (C) Umidade na excreta (%), em função do nível de pectina na ração, obtidos para frangos de corte, na fase inicial.	30
Figura 2 – Regressão para: (A) Energia metabolizavel aparente (EMA), (B) Energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), (C) Coeficiente de metabolizabilidade da energia aparente (CMA) e (D) Coeficiente de metabolizabilidade da energia aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (CMAn), em função do nível de pectina na ração, obtidos para frangos de corte, na fase inicial.	31
Figura 3 – Regressão para os coeficientes de digestibilidade aparente: (A) matéria seca (CDAMS), (B) matéria orgânica (CDAMO), (C) proteína bruta (CDAPB) e (D) extrato etéreo (CDAEE), em função nível de pectina na ração, obtidos para frangos de corte, na fase inicial.	32
Figura 4 – Regressão para os coeficientes de digestibilidade aparente: (A) cinzas (CDACi), (B) cálcio (CDACa) e (C) fósforo (CDAP), em função do nível de pectina na ração, obtidos para frangos de corte, na fase inicial.	33
Figura 5 - Regressão para: (A) Tempo de trânsito intestinal, (B) viscosidade intestinal e (C) Umidade na excreta (%), em função do nível de pectina na ração, obtidos para frangos de corte na fase de crescimento.	38
Figura 6 - Regressão para: (A) Energia metabolizavel aparente (EMA), (B) Energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), (C) Coeficiente de metabolizabilidade da energia aparente (CMA) e (D) Coeficiente de metabolizabilidade da energia aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (CMAn), em função do nível de pectina na ração, obtidos para frangos de corte na fase de crescimento.	39
Figura 7 – Regressão para coeficientes de digestibilidade aparente: (A) matéria seca (CDAMS), (B) Extrato etéreo (CDAEE), (C) proteína bruta (CDAPB) e (D) matéria orgânica (CDAMO), em função do nível de pectina, obtidos para frangos de corte, na fase de crescimento.	40
Figura 8 – Regressão para coeficientes de digestibilidade aparente: (A) cinzas (CDACi), (B) cálcio (CDACa) e (C) fósforo (CDAP), em função do nível de pectina, obtidos para frangos de corte, na fase de crescimento.	41

CAPÍTULO 3 - INFLUÊNCIA DA PECTINA NA RAÇÃO SOBRE O DESEMPENHO E RENDIMENTO DE CARCAÇA DE FRANGOS DE CORTE

Figura 1 – Regressão para: (A) peso vivo (g), (B) consumo de ração (g), (C) ganho de peso (g) e (D) conversão alimentar, em função dos níveis de pectina, em frangos de corte, obtidos no período de 1 a 35 dias de idade. 67

Figura 2 – Regressão para: (A) peso vivo (g), (B) consumo de ração (g), (C) ganho de peso (g) e (D) conversão alimentar, em função dos níveis de pectina, em frangos de corte, obtidos no período de 1 a 42 dias. 68

Figura 3 – Regressão para consumo médio diário de água (mL) por ave, em função dos níveis de pectina na ração, para frangos de corte, na terceira (A) e sexta (C) semana. Regressão para relação entre consumo médio diário de água por consumo de ração (mL/g), em função dos níveis de pectina na ração, para frangos de corte, na terceira semana (B) e sexta semana (D). 70

Figura 4 – Regressão para: (A) peso da carcaça, (B) rendimento de carcaça, (C) peso peito (g), (D) rendimento de peito (%), (E) peso coxa+sobrecoxa (g) e (F) rendimento coxa + sobrecoxa (%), em função dos níveis de pectina, para frangos de corte, obtidos aos 35 dias. 73

Figura 5 – Regressão para: (A) peso da carcaça, (B) rendimento de carcaça, (C) peso peito (g), (D) rendimento de peito (%), (E) peso coxa+sobrecoxa (g) e (F) rendimento coxa + sobrecoxa (%), em função dos níveis de pectina, para frangos de corte, obtidos aos 42 dias. 74

CAPÍTULO 4. EFEITO DA PECTINA SOBRE ALGUNS PARÂMETROS BIOQUÍMICOS SANGUÍNEOS EM FRANGOS DE CORTE

Figura 1 - Regressão para: (A) Glicose plasmática em função da idade ($y = -0,3563x^2 + 20,006x - 54,394$, $R^2=0,99$) de frangos de corte que não ingeriram pectina, (B) Colesterol total em função da idade em frangos de corte que ingeriram 3 e 5% de pectina [y (3%)= $-1,2487x + 130,88$, $R^2=0,95$; y (5%)= $-1,5378x + 129,68$, $R^2=0,82$] e (C) Colesterol total em função dos níveis de pectina, em frangos de corte com 28 dias de idade [$y(28\text{dias})= -7,112x + 125,88$, $R^2=0,082$]. 92

Figura 2 – Regressão para: (A) HDL-C em função da idade para frangos que não ingeriram pectina [y (0%)= $-0,0942x^2 + 4,9243x - 14,515$, $R^2=0,98$] e para os que ingeriram 5% de pectina [y (5%)= $-0,8115x + 56,754$, $R^2=0,5$], (B) VLDL-C em função dos níveis de pectina em frangos com 28 e 35 dias de idade [$y(28\text{dias})=0,126x^2+0,096x+5,493$, $R^2=1$; $y(35\text{ dias})= -0,8536x + 8,6805$, $R^2=0,81$] e (C) triglicérides em função dos níveis de pectina em frangos com 28 e 35 dias

de idade [$y(28 \text{ dias}) = 0,626x^2 + 0,489x + 27,477$, $R^2=1$; $y(35 \text{ dias}) = -4,2647x + 43,411$, $R^2=0,81$]. 93

Figura 3 – Regressão para: (A) proteína total em função dos níveis e pectina em frangos de corte com 42 dias de idade [$y(42 \text{ dias}) = -0,081x + 3,394$, $R^2=0,88$], (B) Uréia em função dos níveis de pectina em frangos de corte com 28 dias de idade [$y(28 \text{ dias}) = -1,2473x + 9,4939$, $R^2=0,9107$] e (C) Uréia em função da idade para frangos de corte que não ingeriram e ingeriram 3% de pectina [$y(0\%) = -0,0103x^2 + 0,5893x + 0,47102$, $R^2=0,9948$; $y(3\%) = -0,1083x + 8,9277$, $R^2=0,8642$]. 94

CAPÍTULO 5 – TECIDO HEPÁTICO, ADIPOSEO E MUSCULAR EM FRANGOS DE CORTE SUBMETIDOS À DIETAS COM OU SEM PECTINA 104

Figura 1 – Regressão: (A) Peso corporal em função da idade em frangos de corte que não ingeriram e ingeriram 1, 3 e 5% de pectina [$y(0\%) = 82,914x - 778,2$, $R^2=0,99$; $y(1\%) = 82,645x - 788,69$, $R^2=0,99$; $y(3\%) = 72,118x - 651,77$, $R^2=0,99$; $y(5\%) = 56,42x - 558,26$, $R^2=0,99$]. (B). Peso corporal em função dos níveis de pectina em frangos de corte com 14, 28, 35 e 42 dias de idades [$y(14 \text{ dias}) = -27,102x - 441,73$, $R^2=0,97$; $y(28 \text{ dias}) = -83,932x + 1477,1$, $R^2=0,88$; $y(35 \text{ dias}) = -188,92x + 2272,6$, $R^2=0,86$; $y(42 \text{ dias}) = -157,17x + 2809$, $R^2=0,97$]. 116

Figura 2 – Regressão para: (A) Peso absoluto do fígado em função da idade em frangos de corte que não ingeriram (0%) e ingeriram 1 e 3% de pectina [$y(0\%) = 1,0568x + 0,1897$, $R^2=0,97$; $y(1\%) = 1,0568x + 0,187$, $R^2=0,98$; $y(3\%) = 1,067x - 3,37726$, $R^2=0,98$; $y(5\%) = 0,943x - 5,1849$, $R^2=0,95$] e (B) Peso absoluto do fígado em função dos níveis de pectina, em frangos de corte, com 14, 28 e 42 dias de idade [$y(14 \text{ dias}) = -1,27x + 14,45$, $R^2=0,98$; $y(28 \text{ dias}) = -1,67x + 31,52$, $R^2=0,91$; $y(42 \text{ dias}) = -1,32x + 43,16$, $R^2=0,98$]. 117

Figura 3 – Regressão para: (A) Peso relativo do fígado em função dos níveis de pectina em frangos de corte com 14 dias de idade [$y(14 \text{ dias}) = -0,1203x + 3,2858$, $R^2=0,85$] e (B) Peso relativo do fígado em função da idade para frangos de corte que ingeriram 0, 1, 3 e 5% de pectina [$y(0\%) = 0,0018x^2 - 0,1582x + 5,139$, $R^2=0,999$; $y(1\%) = -0,059x + 3,98$, $r^2=0,93$; $y(3\%) = -0,022x + 2,6083$, $R^2=0,97$; $y(5\%) = -0,033x + 3,021$, $R^2=0,99$] 118

Figura 4 – Representação da camada de hepatócitos vacuolizados em frangos que ingeriram 0,1, 3 e 5% de pectina (A). Regressão para: (B) camada de hepatócitos vacuolizados em função dos níveis de pectina em frangos de corte aos 42 dias de idade [$y(42 \text{ dias}) = -75,184x + 499,73$, $R^2=0,96$] e (C) lipídio total hepático em função dos níveis de pectina na ração, em frangos de corte, aos 42 dias de idade [$y(42 \text{ dias}) = -0,1147x + 2,8807$, $R^2=0,83$]. 119

Figura 5 – Fotomicrografia de cortes histológicos do tecido hepático de frangos de corte aos 42 dias, que não ingeriram pectina e ingeriram 1,3 e 5% de pectina (A, B, C e D, respectivamente), mostrando que a camada cortical de hepatócitos vacuolizadas diminuiu com a ingestão de pectina. Coloração HE. 120

Figura 6 – Regressão para: (A) Peso absoluto da gordura em função da idade de frangos de corte que receberam 0, 1 e 3% de pectina [$y(0\%)=1,75x - 23,716$, $R^2=0,91$; $y(1\%)=1,3449x - 17,116$, $R^2=0,92$; $y(3\%)=1,124x - 11,358$, $R^2=0,99$], (B) Peso absoluto da gordura em função dos níveis de pectina em frangos de corte com 42 dias de idade [$y(42\text{dias})= -7,00x + 54,22$, $R^2=0,97$], (C) Peso relativo da gordura em função da idade em frangos que não ingeriram [$y(0\%)= 0,0308 + 0,5357$, $R^2=0,86$] e (D) Peso relativo da gordura em função do nível de pectina em frangos com 42 dias de idade [$y(42\text{dias})= -0,19x + 1,93$, $R^2=0,97$]. 124

Figura 7 – Regressão para: (A) número de adipócitos em função da idade em frangos de corte que ingeriram 0, e 5% de pectina [$y(0\%) = -0,4179x + 24,03$, $R^2=0,91$; $y(1\%) = -0,1755x + 15,851$, $R^2=0,83$; $y(5\%) = -0,4843x + 41,104$, $R^2=1$], (B) número de adipócitos em função do nível de pectina em frangos de corte com 14 e 42 dias de idade [$y(14\text{dias})= 2,11x^2 - 7,38x + 18,45$, $R^2=0,99$; $y(42\text{dias}) = 2,4386x + 6,0431$, $R^2=0,80$], (C) área dos adipócitos em função da idade em frangos que ingeriram 0, 1 e 5% de pectina [$y(0\%)= -50,22x + 129,77$, $R^2=0,82$; $y(1\%)= 2,3185x^2 - 98,087x + 2240,9$, $R^2=1$; $y(5\%)= 13,145x + 152,77$, $R^2=0,86$] e (D) área dos adipócitos em função do nível de pectina em frangos de corte com 28 e 42 dias de idade [$y(28\text{dias})=-186,396x + 1486,6$, $R^2=0,97$; $y(42\text{dias})= -93,693x^2 + 212,43x + 2057$, $R^2=1$]. 125

Figura 8 – Fotomicrografia de cortes histológicos do tecido adiposo de frango de corte aos 14 dias (A e E) e 28 dias (B e D) que não ingeriram pectina (A e B) e ingeriram 5% de pectina (C e D). Coloração HE. 126

Figura 9 – Fotomicrografia de cortes histológicos do tecido adiposo de frango de corte aos 35 dias (A e E) e 42 dias (B e D) que não ingeriram pectina (A e B) e ingeriram 5% de pectina (C e D). Coloração HE. 127

Figura 10 – Regressão para: (A) Concentração de lipídio total no músculo gastrocnêmio em função da idade em frangos que ingeriram 1% de pectina [$y(1\%) = 0,0038x^2 - 0,2361x + 4,3045$; $R^2=0,99$], (B) Concentração de lipídio total no músculo gastrocnêmio em função dos níveis de pectina em frangos com 14 e 28 dias de idade [$y(14\text{dias})= -0,195x + 1,80$, $R^2=0,91$; $y(28\text{dias}) = 0,0251x^2 - 0,0824x + 0,7156$; $R^2=1$], (C). Teor de lipídio total no músculo peitoral maior em função dos níveis de pectina [$y(0\%)= -0,0217x + 1,486$, $R^2=0,95$].e (D) Concentração de lipídio total no músculo peitoral maior, em função da idade de avaliação [$y(14\text{dias})= -0,1297x + 1,2142$, $R^2=0,84$; $y(35\text{dias})= -0,047x + 0,665$, $R^2=0,99$]. 129

PECTINA NA RAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE: DIGESTIBILIDADE, PARÂMETROS ZOOTÉCNICOS E METABOLISMO LIPÍDICO

RESUMO: Dois experimentos foram conduzidos com o objetivo de avaliar os efeitos da ingestão contínua de pectina. No primeiro experimento, foram avaliados a digestibilidade da ração, a viscosidade e o tempo de trânsito intestinal. Para isso, 240 frangos de corte macho Cobb[®] foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em 4 tratamentos (0, 1, 3 e 5% de pectina) compostos por 6 repetições de 10 aves por unidade experimental. As análises foram realizadas em duas fases: inicial (14 a 18 dias) e crescimento (27 a 31 dias). Os resultados mostraram que com a ingestão de pectina houve melhora da digestibilidade dos nutrientes na fase inicial dos frangos e piora na fase de crescimento, aumento na viscosidade e no tempo de trânsito intestinal e redução na umidade da excreta. No segundo experimento, foram analisados o desempenho e rendimento de cortes aos 35 e 42 dias de idade, o desenvolvimento semanal das aves e o consumo de água, parâmetros bioquímicos plasmáticos, morfometria do tecido adiposo abdominal, morfometria do fígado e teor de lipídio total hepático e dos músculos peitoral maior e gastrocnêmio. Foram utilizados 720 pintos machos Cobb[®] distribuídos em DIC, composto por 4 tratamentos (0, 1, 3 e 5% de pectina) e 6 repetições de 30 aves por unidade experimental. Na última semana, o consumo de água aumentou com o aumento do nível de pectina na ração. O consumo de até 1% de pectina na ração mantém o desempenho das aves. Aos 42 dias de idade ocorreu redução nos valores de proteína total plasmática com a ingestão de pectina. Os níveis de 3 e 5% reduziram as concentrações de colesterol total e, o nível de 5% reduziram os níveis de HDL. A ingestão de pectina proporcionou diminuição na concentração de lipídio hepático e menor relação entre peso corporal e gordura abdominal com a ingestão de 5% de pectina aos 42 dias. As concentrações lipídicas nos músculos gastrocnêmio e peitoral maior não foram influenciadas pelos níveis de pectina na mesma idade.

Palavras-Chave: desenvolvimento, digestibilidade, fibra solúvel, metabolismo de lipídio, metabólitos sanguíneos

PECTIN IN DIET FOR BROILER: DIGESTIBILITY, PERFORMANCE AND LIPID METABOLISM

SUMMARY: Two experiments were conducted to evaluate the effects of continuous pectin intake. In the first experiment evaluated the digestibility of feed, the viscosity and intestinal transit time. For this, 240 male Cobb® broilers were distributed in a randomized design in four treatments (0, 1, 3 and 5% pectin) formed by 6 repetitions of 10 birds each. Analyses were performed in two stages: early (14 to 18 days) and growth (27 to 31 days). The results showed that the ingestion of pectin had improved the digestibility of nutrients in the initial phase of chickens and worsens during growth, increase in viscosity and intestinal transit time and reduction in moisture of excreta. The second experiment analysed the performance and yield of the 35 and 42 days old, the weekly development of birds and water consumption, biochemical parameters, morphometry of abdominal adipose tissue, liver morphology and hepatic, pectoralis major and gastrocnemius lipid content. We used 720 male Cobb® chicks distributed in a completely randomized design with 4 treatments (0, 1, 3 and 5% pectin) consisting of six replicates of 30 birds each. In the last week, water consumption increased with increase level of pectin in the diet. The consumption up to 1% pectin keeps the performance of broilers.. At 42 days of age there was a reduction in total plasma protein values with the intake of pectin. The levels of 3 and 5% reduced the levels of total cholesterol and the level of 5% reduced levels of HDL. The intake of pectin resulted in decreased hepatic lipid content and lower ratio of body weight and abdominal fat with intake of 5% pectin and 42 days. The lipid concentration in the pectoralis major and gastrocnemius muscles were not influenced by levels of pectin in the same age.

Keywords: digestibility, development, lipid metabolism, soluble fiber

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. Introdução

Segundo projeção realizada pela Organização Mundial da Saúde, em 2015, cerca de 700 milhões de adultos serão obesos e 2,3 bilhões de pessoas acima de 15 anos apresentarão sobrepeso. A obesidade já é considerada um dos grandes problemas de saúde pública mundial e reconhecida como uma doença crônica. O balanço entre consumo de alimento e gasto energético é o determinante primário da quantidade de energia a ser acumulada no organismo. Quando a ingestão é maior que o gasto, a energia é acumulada nas células do tecido adiposo em forma de gordura, promovendo a hipertrofia e, em alguns casos, a hiperplasia dos adipócitos, considerados os únicos fatores que resultam em obesidade (RAVUSSIN & BOUCHARD, 2000).

Vários fatores contribuem para o surgimento dessa epidemia global, sendo a alimentação um deles. A qualidade do alimento pode influenciar a saúde humana e dos animais, tanto beneficamente, quanto maleficamente. Atualmente, a descoberta de novos aditivos que visem alterar o metabolismo lipídico, e conseqüentemente, a deposição de gordura animal, tem sido alvo de interesse de vários pesquisadores, bem como do setor produtivo, para o qual a geração de produtos com menor teor de gordura atenderia a um mercado consumidor amplo, embora aparentemente específico.

Nesse contexto, vários tipos de carboidratos estruturais, chamados de polissacarídeos não amiláceos (PNAs) ou simplesmente fibras, têm sido analisados quanto a seus efeitos hipocolesterolêmico (ERSHOFF & WELK, 1962; KIRTHCHEVSKY & STORY, 1986; MARTINS et al., 2005), hipoglicêmico e hipolipidêmico (ROLANDELLI et al., 1989; CÓRDOVA et al., 2005), sendo a pectina a mais efetiva (WELLS & ERSHOFF, 1961, GARCIA-DIEZ et al., 1996; VERGARA-JIMENEZ et al., 1998; FIETZ & SALGADO, 1999).

Do ponto de vista zootécnico, entretanto, é desejável que os benefícios promovidos à saúde animal pela ingestão de fibra solúvel, como a pectina, não venha

acompanhado de alterações na relação custo-benefício que inviabilize economicamente a produção.

A realização do presente estudo teve por objetivos avaliar os efeitos da inclusão de diferentes níveis de pectina sobre a digestibilidade da ração, o desenvolvimento das aves e os parâmetros zootécnicos, o rendimento de carcaça e cortes nobres, os parâmetros plasmáticos relacionados ao metabolismo lipídico, e a gordura abdominal, do fígado e dos músculos gastrocnêmio e peitoral maior.

2. Fibra solúvel - Pectina

Os carboidratos são a principal fonte de energia na dieta dos animais e incluem uma grande variedade de compostos orgânicos que possuem perfis de fermentação e digestão diferentes, atuando de maneira distinta no organismo animal (LIMA et al., 2006). Estes nutrientes possuem átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio, arranjados, muitas vezes, em longas cadeias de moléculas repetidas de açúcares simples. Existem três tipos principais de carboidratos oriundos de vegetais: açúcares, amidos e as fibras (CUNNINGHAM, 2004).

A fibra dietética é definida como polissacarídeos e substâncias associadas à parede celular das plantas, resistentes a ação de enzimas digestivas (VAN SOEST, 1994), por apresentarem apenas ligações do tipo β . A principal fonte de carboidratos presente nas plantas é representada por amido e polissacarídeos não amiláceos (PNA), que se constituem principalmente de celulose, pentosanas, pectinas, β -glucanas e xilanas (MONTAGNE et al., 2003). O consumo de fibras dietéticas é importante para efeitos fisiológicos específicos, considerados protetores de algumas doenças degenerativas como diabete, obesidade, doenças coronárias e patologias do cólon (PLESSI et al., 1999). Também se sabe que a fibra dietética é o principal substrato para a fermentação bacteriana, particularmente no intestino grosso de monogástricos. Como a fibra interage com a mucosa e a microflora, possui um importante papel no controle da saúde intestinal (MONTAGNE et al., 2003). A partir deste conhecimento, houve

crescente interesse com relação à fibra dietética naturalmente presente em alimentos, ou mesmo para o enriquecimento de produtos alimentícios (PLESSI et al., 1999).

Do ponto de vista nutricional, os carboidratos podem ser classificados em dois grupos: carboidratos disponíveis, que são enzimaticamente digeridos no intestino delgado, e carboidratos indisponíveis, que são fermentados pela microflora do intestino grosso. Os carboidratos disponíveis incluem os monossacarídeos, oligossacarídeos e amido, enquanto que os carboidratos indisponíveis incluem os oligossacarídeos componentes estruturais (HEDLEY, 2000).

Vários carboidratos têm sido testados ao longo dos anos quanto ao efeito hipocolesterolêmico, obtendo-se resultados variáveis para a maioria das substâncias testadas (ERSHOFF & WELK, 1962; KIRTHCHEVSKY & STORY, 1986; MARTINS et al., 2005), hipoglicêmico e hipolipidêmico (ROLANDELLI et al., 1989; CÓRDOVA et al., 2005). Uma das explicações para essa ação das fibras solúveis é sua propriedade de hidratar-se no meio aquoso do intestino delgado, formando géis (FIETZ & SALGADO, 1999; TROMBETA, 1999; CONTE et al., 2003; SANTOS JÚNIOR, 2003), o que dificulta a digestão e absorção de carboidratos e lipídios (IDE et al., 1989; ; EDNEY et al., 1989; IKEGAMI et al., 1990). Os géis são caracterizados por ligações cruzadas com os sais biliares, reduzindo o colesterol sérico, uma vez que o colesterol é usado para o reabastecimento de sais biliares no organismo (JUDD & TRUSWELL, 1982; EASTWOOD, 1992; MELO et al., 2007).

Associados ou não, os diferentes tipos de fibras podem diminuir a digestão e a absorção dos lipídios dietéticos, sequestrar os ácidos biliares, aumentar a produção de ácidos graxos de cadeias curta no cólon devido à fermentação, e/ou diminuir a porcentagem de ácidos biliares primários na bile, embora aumente a de ácidos secundários que é o sal biliar primário que sofreu ação bacteriana no intestino (TOPPING, 1991).

Dentre as substâncias testadas, a pectina tem sido a mais efetiva na redução dos níveis de colesterol sérico e hepático (WELLS & ERSHOFF, 1961, GARCIA-DIEZ et al., 1996, FIETZ & SALGADO, 1999). A pectina é uma fibra solúvel encontrada principalmente na laranja, maçã e casca de maracujá. Ela é um polissacarídeo, cujo

esqueleto péctico é primariamente um homopolímero constituído de ácido galacturônico ligado em ramificações β 1-4, com grau variado de grupos carboxilas metil esterificado (VORAGEN et al., 1995, PÉREZ et al.; 2003 e VORAGEM et al. 2009). Sua capacidade de formação de géis está relacionada à sua quantidade de grupos polares livres (como as hidroxilas), à estrutura tridimensional, ao pH, aos eletrólitos presentes no meio, à solubilidade e concentração da pectina na dispersão, à massa molar, ao grau de metilação, à distribuição dos grupamentos ao longo da cadeia péctica e à composição das cadeias laterais (THIBAUT & PETIT, 1979; THIBAUT et al., 1991; FILISETTI & LOBO, 2007).

Vários estudos tem demonstrado que dietas contendo elevados níveis de pectina diminuem a concentração plasmática de colesterol, particularmente da lipoproteína de baixa densidade (LDL) e outros lipídios relacionados ao colesterol em monogástricos (VERGARA-JIMENEZ et al., 1998; FIETZ & SALGADO, 1999; EUFRÁSIO et al., 2009). Em porcos da Índia, a pectina reduz a absorção de colesterol diminuindo a concentração plasmática de VLDL (lipoproteína de muito baixa densidade) e LDL (FERNANDEZ et al., 1994; FERNANDEZ et al., 1997). A diminuição dos níveis de colesterol pela ingestão de pectina exclui ativação de receptores Apo B/E, depleção do colesterol hepático (KIRIYAMA et al., 1969) e seqüestro de sais biliares (TSAI et al., 1976). Em frangos, LANGHOUT & SCHUTTE (1996) avaliaram a inclusão de 1,5 e 3% de pectina de alta e baixa metoxilação e de pectina de açúcar de beterraba sobre o desempenho e características fisiológicas dos frangos. Estes autores concluíram que o efeito da pectina dietética sobre o desempenho dos frangos é dependente do grau de metoxilação, da origem da pectina e da quantidade adicionada à dieta.

TOGASHI et al. (2006; 2007), por sua vez, avaliaram os efeitos da inclusão de subprodutos da indústria do maracujá (0%, 4% de casca, 8% de casca, 4% semente e 8% semente) na ração sobre o desempenho, morfologia intestinal, teores de colesterol e composição de ácidos graxos na carcaça de frangos de corte de 22 a 42 dias de idade e observaram que as características de desempenho produtivo (ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar), mas que as alturas das vilosidades intestinais foram maiores nos tratamentos que utilizaram 8% de casca. Também houve aumento

dos níveis de ácidos graxos insaturados (ômega 3 e 6) nos músculos da perna, menor deposição de ácidos graxos saturados nos músculos da perna e peito, e redução nos teores de colesterol nos tecidos.

3. Digestibilidade

A digestibilidade consiste na soma das atividades que ocorrem no trato gastrointestinal, incluindo ação enzimática, absorção, trânsito e atividade da microflora (LARBIER & LECLERQ, 1994), que determina a bio-disponibilidade dos nutrientes encontrados em alimentos naturais.

A digestibilidade de um alimento varia de acordo com alguns fatores, baseados na composição do material e no seu processamento, e a outros fatores ligados às aves, tais como a idade, o genótipo e o sexo da ave (LARBIER & LECLERQ, 1994; HUANG et al., 2005). A queda na digestibilidade reduz a eficiência de utilização e disponibilidade dos nutrientes que seriam destinados à manutenção e o crescimento do animal. Assim é de grande importância a determinação dos coeficientes de digestibilidade para se ter conhecimento dos efeitos dos diversos alimentos na utilização dos nutrientes pelas aves.

Os polissacarídeos não amiláceos (PNAs), principais constituintes da parede celular dos vegetais, são polímeros de açúcar que não podem ser digeridos pelos animais não ruminantes, devido à natureza de suas ligações, sendo resistentes à hidrólise no trato digestório (ROSA & UTTPAPTEL, 2007).

Dependendo da solubilidade dos seus constituintes, as fibras são classificadas em solúveis e insolúveis. As fibras insolúveis são as celulosas, as ligninas e algumas hemicelulose. As fibras solúveis são compostas por pectinas, gomas e principalmente pela hemicelulose (TAVERNARI et al., 2008).

As propriedades antinutricionais dos PNAs estão principalmente nas fibras solúveis, cuja propriedade de incorporar a água e formar géis pode diminuir a ação de enzimas digestivas, diminuindo os processos de digestão e de absorção (IKEDA & KUSANO, 1983; READ, 1987; KLOPFENSTEIN, 1988). Dessa forma, elas podem

influenciar o metabolismo lipídico no intestino uma vez que a viscosidade pode aumentar a secreção biliar e, conseqüentemente, resultar em perdas significativas desses ácidos nas fezes (IDE et al., 1989, IKEGAMI et al., 1990). A propriedade de geleificação das fibras solúveis também tem sido relacionada por TROMBETA et al. (1999) e SANTOS JÚNIOR (2003) com o retardamento do esvaziamento gástrico.

4. Metabolismo lipídico e protéico nas aves

Os lipídios são biomoléculas que, juntamente com as proteínas, ácidos nucléicos e carboidratos, são componentes essenciais das estruturas biológicas. Eles são encontrados em todos os tecidos, principalmente nas membranas celulares e nos adipócitos, sendo importantes em muitas etapas cruciais do metabolismo e na definição das estruturas celulares. Os lipídios podem ser chamados de gorduras (estado sólido) ou óleos (estado líquido) e seu acúmulo é um meio altamente eficiente para armazenar energia, visto que mais calorias são liberadas da oxidação de 1 g de gordura (9,3 kcal) que de 1g de proteína (4,0 kcal) ou de 1 g de carboidrato (3,7 kcal), de acordo com MACHADO (2002).

Os triglicerídeos (TGA) são os principais constituintes dos óleos e gorduras, formados a partir da ligação éster de três ácidos graxos a um glicerol (ZAMBIAZI & ZAMBIAZI, 2000). 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 passam do estômago para o intestino delgado, elas encontram um ambiente menos ácido ($\text{pH} \approx 5,8-6,0$), que permite a ação da bile, que tem por função emulsificar os lipídios, aumentando a superfície dos mesmos com a formação de microgotículas de gordura.

Os monoglicerídeos, os ácidos graxos e o glicerol, produtos da digestão das gorduras, difundem-se através da membrana apical das células absorptivas, no interior das quais são resintetizados em triacilglicerol. Os triacilgliceróis são agrupados com fosfolipídios e colesterol em gotículas de cerca de 150 nm de diâmetro. Devido ao pobre

desenvolvimento do sistema linfático nas aves, essas gotículas são secretadas diretamente dentro do sistema porta, sendo denominadas de portomícrons (BENSANDOUN & ROTHFIELD, 1972). A composição dos portomícrons (90% triglicérides) é similar ao quilomícron dos mamíferos.

No período pós-prandial, com maior oferta de nutrientes, ocorre aumento da liberação de insulina que estimula a lipogênese. Neste processo, reações bioquímicas em cadeia que têm início a partir de substratos lipídicos resultam em biossíntese e esterificação de ácidos graxos para formação de triacilglicerídeos que são incorporados e armazenados na gota lipídica dos adipócitos. Nesta situação, a lipogênese depende da atividade de enzimas induzidas pela insulina como, por exemplo, a ácido graxo sintase e a acetil-CoA-carboxilase (KOVACS & WESTERP-PLATENGA, 2006; VÁSQUEZ-VELA et al., 2008).

Outra via de síntese, incorporação e armazenamento de lipídios, é a lipogênese *de novo*, pela utilização de substratos não lipídicos, como os carboidratos e aminoácidos. Estudos bioquímicos postulam que esta via envolve, entre outros fatores, uma cadeia de reações que se inicia pela formação de acetil-CoA (proveniente da glicólise anaeróbia) que, pela ação da acetil-CoA carboxilase, resulta em formação de malonil-CoA, indispensável para a síntese de ácido graxo (JENA et al., 2002; KOVACS & WESTERP-PLATENGA, 2006).

Os ácidos graxos podem ser armazenados como TGA, e servem principalmente para estocagem de energia nos animais, sendo, por isso, armazenados nos adipócitos e ovócitos em crescimento (HERMIER, 1997, NASCIMENTO & SALLE, 2003) e no fígado (CHAMPE & HARVEY, 2006). Por outro lado, muitos TGA são exportados do fígado, agrupados como ésteres de colesterol, fosfolipídeos e proteínas (apolipoproteína B-100), para formar partículas de VLDL (CHAMPE & HARVEY et al, 2006). A VLDL e a lipoproteína de alta densidade (HDL) são as principais lipoproteínas sintetizadas e secretadas pelo fígado (HELMIER, 1997). As lipoproteínas de densidade baixa (LDL) contém menos TGA que suas precursoras VLDL e têm alta concentração de colesterol e ésteres de colesterol (CHAMPE & HARVEY, 2006). Seja de origem alimentar ou hepática, os lipídios são lançados na circulação como lipoproteínas, sendo

que as mais importantes para o frango, quanto à deposição de gordura, são a lipoproteína de muito baixa densidade (VLDL) e a de baixa densidade (LDL) (DIAS, 1999), estando as duas relacionadas com a deposição de gordura na carcaça de frango (GRIFFIN et al., 1982). De acordo com GRIFFIN & WHITEHEAD (1982), as VLDL são mais disponíveis para a síntese de ácidos graxos.

Em aves, a lipogênese (síntese *de novo*) ocorre principalmente nos hepatócitos, enquanto que a função de armazenar (esterificação) e disponibilizar triacilgliceróis (lipólise) cabe aos adipócitos. O armazenamento de triacilglicerol no tecido adiposo depende da disponibilidade de ácidos graxos e glicerol originários tanto da dieta quanto da lipogênese hepática (DIAS, 1999). Em frangos de corte acima de 28 dias de idade, cerca de 80 a 85% dos ácidos graxos acumulados no tecido adiposo são derivados de lipídios plasmáticos (GRIFFIN et al., 1982a,b). Como as dietas de aves contêm baixas quantidades de gordura, o fígado desempenha um papel fundamental em prover lipídios destinados a serem usados por todos os tecidos incluindo o próprio fígado.

O crescimento do tecido adiposo das aves, similarmente ao de mamíferos, parece ter três estágios: proliferação celular rápida (hiperplasia, até a 6ª semana de idade), proliferação celular mais lenta acompanhada por diferenciação e aumento do tamanho das células (hiperplasia + hipertrofia, até a 14ª semana de idade) e aumento do tecido adiposo devido à hipertrofia (após a 14ª semana), segundo MACARI et al., 1994. Entretanto, de acordo com MACHADO (2002), pode ocorrer hiperplasia de células adiposas também na idade adulta, em razão da existência de células indiferenciadas no próprio tecido.

As principais funções do fígado no metabolismo dos lipídios consistem em degradar os ácidos graxos para produção de energia, sintetizar TGA a partir dos carboidratos e proteínas, e sintetizar outros lipídios a partir dos ácidos graxos, particularmente colesterol e fosfolipídios.

Uma grande quantidade de TGA é depositada no fígado durante os estágios iniciais de inanição, na ocorrência de diabetes *mellitus* e em qualquer condição em que as gorduras, em lugar dos carboidratos, estão sendo utilizadas como fonte de energia. Nessas situações, grandes quantidades de TGA do tecido adiposo são mobilizadas na

forma de ácidos graxos livres para o sangue sendo, a seguir, depositados sob a forma de TGA no fígado, onde ocorre sua oxidação. Assim, em condições fisiológicas normais, a quantidade de TGA no fígado é determinada pela velocidade de utilização dos lipídios como fonte de energia (DIAS, 2004).

5. Metabolismo protéico nas aves

As proteínas, ao contrário do que ocorre com os carboidratos e lipídios, possuem átomos de nitrogênio em seus aminoácidos, que quando removidos recebem a denominação de grupo amino (NH_4^+), sendo que em aves, o excesso de NH_4^+ é revertido em ácido úrico e excretado (RUTZ, 2002).

A função renal das aves pode ser avaliada pela mensuração sérica de ácido úrico e uréia, cujo aumento sérico acontece quando menos de 30% do rim está funcional (LUMEIJ, 1997; CAMPBELL, 2007).

O ácido úrico é o produto final do metabolismo do nitrogênio mais importante nas aves. Este é um composto não tóxico quando comparado com a amônia, e é essencial para o desenvolvimento do embrião nos ovos de répteis e aves (LUMEIJ, 2007). Ele é sintetizado no fígado e nos rins, e cerca de 90% é excretado via secreção tubular renal, principalmente nos túbulos proximais dos néfros corticais, ou seja, é praticamente independente da reabsorção tubular de água (LUMEIJ, 1997, CAMPBELL, 2007). Dessa forma, o ácido úrico sanguíneo aumenta somente quando existem causas pré-renais muito severas ou quando o dano tubular é extenso (LUMEIJ, 1997, FUDGE & JOSEPH, 2000). Como esse ácido é o principal produto final do metabolismo do nitrogênio nas aves e aumenta imediatamente após consumo de alimento com alto teor de ácidos nucléicos, pode aumentar também em necrose tecidual severa ou inanição (CAMPBELL, 2007; SCHMIDT et al., 2007). Fatores como a espécie, a idade e a dieta também alteram a concentração desse ácido nas aves (SCHMIDT et al., 2007).

Como as aves são uricotélicas, elas apresentam baixa concentração de uréia no seu plasma. A uréia é formada no fígado como subproduto do metabolismo das proteínas e é excretada por filtração glomerular, que depende da condição de

hidratação da ave, sendo um teste sensível para detecção de alteração plasmática/sanguínea das concentrações de compostos de nitrogênio (LUMEIJ, 1997, CAMPBELL, 2007).

A concentração sérica normal de proteínas nas aves é menor que a de mamíferos, sendo constituída de 40 a 50% por albumina, além de proteínas de transporte, de coagulação, enzimas e hormônios produzidos no fígado. Como o principal local de produção de proteínas é o fígado, importantes alterações nas funções hepáticas afetam o metabolismo das proteínas, evidenciado por inibição da síntese protéica (KANEKO et al., 1997). Doença renal com proteinúria crônica também pode interferir em seu nível sérico por grave perda de proteínas (KANEKO et al., 1997; CAMPBELL, 2007). Além disso, hipoproteinemia também pode decorrer de desnutrição e má absorção. Já hiperproteinemia acontece basicamente em casos de desidratação e inflamação (KANEKO et al., 1997, CAMPBELL, 2007).

Referências

BENSADOUN, A.; ROTHFIELD, A. The form of absorption of lipids in the chicken, *Gallus domesticus*. **Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine**, v. 41, p. 814–817, 1972.

CAMPBELL, T. W. Bioquímica clínica de aves. In: THRALL, M. A. et al. **Hematologia e bioquímica clínica veterinária**. São Paulo: Roca, cap. 32, p. 448-460, 2007.

CHAMPE, P.C. e HARVEY, R.A. **Bioquímica Ilustrada**. Porto Alegre, Artes Médicas, 2006.

CÓRDOVA, K. R. V.; THAÍS M.M. TAVARES BASTOS GAMA, T. M. M. T.B.; WINTER, C. M.G.; KASKANTZIS NETO, G.; FREITAS, R. J.S. **Características físico-químicas da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Flavicarpa Degener) obtida por secagem**, Boletim do CEPPA, Curitiba, v. 23, n. 223, p. 222, 2005

CUNNINGHAM, J. G. Tratado de Fisiologia Veterinária. 3ª Edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

DIAS, L. T. S. **Efeito do tanino e do ácido tânico sobre os lipídios plasmáticos e morfometria do fígado e pâncreas em frangos de corte.** 60f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.

DIAS, L. T. S. **Metabolismo hepático de lipídios em frangos de corte (*Gallus domesticus*) com diferentes níveis de proteína e energia na dieta.** 59f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1999.

EASTWOOD, M.A. The fisiological effect of dietary fiber: on uptake. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v.12, p.19-36, 1992.

ERSHOFF, B. H.; WELK, A. F. Effects of guar gum, locust bean gum and carrageenan on liver cholesterol of cholesterolfed rats. **Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine**, v. 110, p.580-582, 1962.

EUFRÁSIO, M.R.; BARCELOS, M.F.P.; SOUSA, R.V.; ABREU, W.C.; LIMA, M.A.C.; PEREIRA, M.C.A. Efeito de diferentes tipos de fibras sobre frações lipídicas do sangue e fígado de ratos wistar. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.6, p. 1608-1614, 2009.

FERNANDEZ, M. L., SUN, D-M.; TOSCA, M. A.; McNAMARA, D. J. Citrus pectin and cholesterol interact to regulate hepatic cholesterol homeostasis and lipoprotein metabolism: a dose response study in guinea pigs. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 65, p. 814–822, 1994.

FERNANDEZ, M.L.; VERGARA-JIMENEZ, M.; CONDE, K.; BEHR, T.; ABDEL-FATTAH, G. Regulation of VLDL-LDL apoB metabolism and plasma lipoprotein processing in guinea pigs by dietary soluble fiber. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 65, p. 814–822. 1997.

FIETZ, V.R.; SALGADO, M.S. Efeito da pectina e da celulose nos níveis séricos de colesterol e triglicerídeos em ratos hiperlipidêmicos. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 19, n.3, p.3218-321, 1999.

FILISSETTI, T. M. C. C.; LOBO, A. R. Fibra alimentar e seu efeito na biodisponibilidade de minerais. In: COZZOLINO S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. São Paulo: Manole, 2007. p. 175-215. 2007.

FREEMAN, C.P. **The digestion, absorption and transport of fats – non-ruminants**. United Kingdom, 1985.

FUDGE, A. M; JOSEPH, V. Avian Complete Blood Count. In: FUDGE, A.M. **Laboratory Medicine –Avian and Exotic Pets**; W.B. Saunders, p.19-27, 2000.

GARCIA-DIEZ, F.; GARCIA-MEDIAVILLA, V.; BAYON, H.; GONZALEZ-GALLEGL, J. Pectin feeding influences fecal bile acid excretion, hepatic bile acid and cholesterol synthesis and serum cholesterol in rats. **The Journal of Nutrition**, v. 126, p.1766-1771, 1996.

GRIFFIN, H.D.; WHITEHEAD, C.C. Plasma lipoprotein concentration as an indicator of fatness in broilers: development and use of a simple assay for plasma very low density lipoproteins. **British Poultry Science**., v.23, p.307-313, 1982a.

GRIFFIN, H.D.; WHITEHEAD, C.C.; BROADBENT, L.A. The relationship between plasma triglyceride concentrations and body fat content in male and female broilers – a basis for selection? **British Poultry Science**, v.23, p.15-23, 1982b.

HEDLEY, C.L. Carbohydrates in Grain Legume Seeds: **Improving Nutritional Quality and Agronomic Characteristics**. CABI Publishing. p.352, 2000.

HERMIER, D. Lipoprotein Metabolism and Fattening in Poultry. **The Journal of Nutrition**, v.127, p. 805–808, 1997.

HUANG, K. H.; RAVINDRAN V.; LI, X.; BRYDEN, W. L. Influence of age on the apparent ileal digestibility of feed ingredients for broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 46, p.: 236 – 245. 2005.

IDE, T.; HORRI, M.; KAWASHIMA, K.; YAMAMOTO, T. Bile acid conjugation and hepatic taurine concentration in rats fed on pectin. **British Journal of Nutrition**, v. 62, p.539-550, 1989.

IKEDA, K.; KUSANO, T. In vitro inhibition of digestive enzymes by indigestible polysaccharides. **Cereal Chemistry**, v.60, p.260-263, 1983.

IKEGAMI, S.; TSUCHIHASHI, F.; HARADA, H.; TSUCHIHASHI, T; NISHIDE, E.; INNAMI, S. Effect of viscous indigestible polysaccharides on pancreatic-biliary secretion and digestive organs in rats. **Journal of Nutrition**, v. 120, p. 353-360, 1990.

JENA, B.S.; JAYAPRAKASHA, G.K.; SINGH, T.P.; SAKARIAH, K.K. Chemistry and biochemistry of (-)-hydroxycitric from Garcinia. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.50, p.10-22, 2002.

JUDD, P.A.; TRUSWELL, A.S. Comparasion of the effects of hight and low metthoxyl pectin on blood and faecal lipids in man. **British Journal of Nutrition**, London, v.48, n.3, p.451-458, Nov. 1982.

KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**, 5th ed., San Diego, Academic Press, 1997, 932p. 1997.

KIRIYAMA, S., OKAZAKI, Y.; YOSMDA, A. Hypocholesterolemic effect of polysaccharides and polysaccharide-rich food stuffs in cholesterol-fed rats. **Journal of Nutrition**, v. 97, p. 382-388, 1969.

KLOPFENSTEIN, C. F. The role of cereal beta-glucans in nutrition and health. **Cereal Foods World**, v.33, p.865-868, 1988.

KOVACS, E.M.R.; WESTERP-PLATENGA, M.S. effects of (-)-hydrocycitrate on net fat synthesis as de novo lipogenesis. **Physiology & Behavior**, v.88, p. 371-381, 2006.

KRITHCHEVSKY, D.; C, J. A. **Influence of dietary fiber on cholesterol metabolism in experimental animals**. In Handbook of Dietary Fiber in Human Nutrition. J. A. Spiller, editor. CRC Press, Boca Raton, p. 129–142, 1986.

LANGHOUT, D. J., SCHUTTE, J. B. Nutritional implications of pectins in chicks in relation to esterification and origin of pectins. **Poultry Science**, v. 5, n.10, p.1236-42, 1996.

LARBIER, M.; LECLERQ, B. **Nutrition and Feeding of Poultry**. Nothingham: Nottingham University, 1994. 350p.

LUMEIJ , J.T. Avian Clinical Biochemistry. In: Kaneko , J.J.; Harvey , J.W.; Bruss , M.L. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals** 5th edition. San Diego, Academic Press, 932p, 1997.

MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. , 296p

MACHADO, C. R. **Crescimento do tecido adiposo**. In: Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. Jaboticabal, FUNEP/UNESP, p.. 299- 306. 2002.

MARTINS, J.M., RIOTTOT, M.; ABREU, M.C.; VIEGAS-CRESPO, A.M.; LANÇA. M.J.; ALMEIDA, J.A.; FREIRE, J.B.; BENTO, O.P. Cholesterol-lowering effects of dietary blue lupin (*Lupinus angustifolius* L.) in intact and ileorectal anastomosed pigs. **Journal of Lipid Research**, v.46p. 1539-1547, 2005.

MELO, D. S.; CORRÊA, A. D.; MARCOS, F. C. A.; SOUSA, R. V.; ABREU, C. M. P.; SANTOS, C. D. Efeitos da farinha de folhas de mandioca sobre a peroxidação lipídica, o perfil lipídico sanguíneo e o peso do fígado de ratos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.2, p.420-428, mar./abr., 2007.

MONTAGNE, L.; PLUSKE, J.R.; HAMPSON, D.J. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosae, and their consequences on digestive health in young nonruminant animals. **Animal Feed Science and Technology**, v.108, p.95-117, 2003.

NASCIMENTO, V.P.; SALLE, C.T.P. O ovo. In: Macari, M.; Gonzales, E. **Manejo da Incubação**. Facta: Campinas, p.34-50, 2003.

PALENZUELA, P.R.; GARCÍA, J.; BLAS, C. fibra soluble y su aplicación em nutricion animal: enzimas y probióticos. In: **Avances em Nutrición y Alimentación Animal**. Barcelona: FEDNA, 1998, p. 227-240, 1998.

PÉREZ, S.; RODRÍGUEZ-CARVAJAL, M. A.; DOCO, P. A complex plant cell wall polysaccharide: rhamnogalacturonan II. A structure in quest of a function. **Biochimie**, v. 85, p. 109–121, 2003.

PLESSI, M.; BERTELLI, D.; MONZANI, A.; SIMONETTI, M.S.; NERI, A.; DAMIANI, P. Dietary Fiber and Some Elements in Nuts and Wheat Brans. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.12, p.91-96, 1999.

RAVUSSIN, E.; BOUCHARD, C. Human genomics and obesity: finding appropriate drug targets. **European Journal of Pharmacology**, v. 410, p.131-145, 2000.

READ, N.W. Viscosity of food gums determined *in vitro* related to their hypoglycemic actions. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 46, p 72-77, 1987.

ROLANDELLI, R. H.; KORUDA, M. J.; SETTLED, R. G.; LESKIW, M.J.; STEIN, P.T.; ROMBEAU, J.L. The effect of pectin on hepatic lipogenesis in the enterally –fed rat. **The Journal of nutrition**, v.119, p.89-93, 1989.

ROSA, A.P.; UTTPATEL, R. Uso de enzimas nas dietas para frangos. In: VIII Simpósio Brasil Sul de Avicultura, 2007, Chapecó, 21007. **Anais...** Chapecó, p. 102-115, 2007.

RUTZ, F. Proteínas: digestão e absorção. In: MACARI, M; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. (ed.). **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, p.135-141, 2002.

SANTOS JÚNIOR, J.C.M. Laxantes e Purgativos: O Paciente e a Constipação Intestinal. **Revista Brasileira de Coloproctologia**, v.23, n.2, p.130-140, 2003.

SCHMIDT, E. M. S.; LOCATELLI -DITTRICH, R.; SANTIN, E; PAULILLO, A.C. Patologia clínica em aves de produção – Uma ferramenta para monitorar a sanidade Avícola – Revisão. **Archives of Veterinary Science** , v 12, n.3. p.9-20, 2007

TAVERNARI, F.C.; CARVALHO, T.A.; ASSISI, A.P.; LIMA, H.J.D. Polissacarídeo não-amiláceo solúvel na dieta de suínos e aves. **Revista Eletrônica Nuritime**, v. 5, n.5, p. 673-689, 2008.

THIBAUT, J. F., SAULNIER, L., AXELOS, M. A. V; RENARD, C. M. G. C. Difficultés expérimentales de l'étude des macromolécules pectiques. **Bulletin de la Société Botanique Française**, n. 314, p. 319-337, 1991.

THIBAUT, J. F.; PETIT, R. Les substances pectiques: généralités et domaine d'application dans les industries alimentaires. **Industries alimentaires et agricoles**. v. 96, n. 12, dez. 1979.

TOGASHI, C.K.; FONSECA, J.B.; GASPAR, A.; SOARES, R.T.N.; DETMANN, E. Composição em ácidos graxos dos tecidos de frangos de corte alimentados com subprodutos de maracujá. **Brazilian Journal of Animal Science**, v. 36, p. 121-131, 2007.

TOGASHI, C.K.; FONSECA, J.B.; SOARES, R.T.N.; LEMOS, L.S.; DETMANN, E.; OLIVEIRA, R.A. influência dos subprodutos de maracujá amarelo sobre o desenvolvimento das vilosidades intestinais de frangos de corte. *In* 19ª REUNIÃO ANUAL DO INSTITUTO BIOLÓGICO, v.68, suplemento 2, 2006.

TOPPING, D.L. Soluble fiber polysaccharides: effects on plasma cholesterol and colonic fermentation. **Nutrition Reviews**, v.49, p.195-203, 1991

TROMBETA, G.; DI BONA, C.; GRAZI, E. The transition of polymers into a network of polymers alters per se the water activity. **International Journal of Biological Macromolecules**.v. 35, n. 1-2, p. 15-18, mar. 2005.

TSAI, A. C., ELIAS, J., KELLEY, J. J., LIN, C. R.-S.; ROBSON, J. R. K. Influence of certain dietary fibers on serum and tissue cholesterol levels in rats. **Journal Nutrition**, v. 106, p. 118- 123, 1976.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of Ruminant**, 2nd ed. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.

VÁSQUEZ-VELA, M.E.F.; TORRES, N.; TOVAR, A.R. White adipose tissue as endocrine organ and its role in obesity. **Archives of Medical Research**, v.39, p. 715-725, 2008.

VERGARA-JIMENEZ, M.; CONDE, K.; ERICKSON, S.K.; FERNANDEZ, M.L. Hypolipidemic mechanisms of pectin and psyllium in guinea pigs fed high fat–sucrose diets: alterations on hepatic cholesterol metabolism. **Journal of Lipid Research**, v.39, p. 1455–1465, 1998.

VORAGEN, A. G. J.; COENEN, G.- J.; VERHOEF, R. P.; SCHOLS, H. A. Pectin, a versatile polysaccharide present in plant cell walls. **Structural Chemistry**, v. 20, p. 263–275, 2009.

VORAGEN, G. J., PILNIK, W., THIBAUT, J. F., AXELOS, M. A. V., RENARD, C. M. G. C. In: **Food polysaccharides and their applications** (SEPHEM A. M., ed.), p 287–339. Marcel Dekker Inc., New York, 1995.

WELLS, A.F.; ERSHOFF, B.H. Beneficial effects of pectin in prevention of hypercholesterolemia and increase in liver cholesterol in cholesterol-fed rats. **Journal of Nutrition**, v.74, p. 87-92, 1961.

ZAMBIAZI, R.C.; ZAMBIAZI, M. Vegetable oil oxidation: effect of endogenous components. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.37, p.22-32, 2000.

CAPÍTULO 2 - DIGESTIBILIDADE DAS RAÇÕES CONTENDO PECTINA PARA FRANGOS DE CORTE

RESUMO: Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da ingestão contínua de pectina na ração sobre a digestibilidade dos nutrientes, o metabolismo energético, a viscosidade (VI) e o tempo de trânsito intestinal (TT), nas fases inicial e de crescimento, em frangos de corte. Foram utilizados 240 pintos machos Cobb[®], com um dia de idade, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, sendo quatro níveis de pectina na ração (0, 1, 3 e 5%), com seis repetições por tratamento composto por 10 aves em cada repetição. Na fase inicial do desenvolvimento dos frangos, a ingestão de pectina na ração aumentou a VI e o TT, e melhorou o aproveitamento da energia metabolizável aparente (EMA) e a aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), o coeficiente de metabolizabilidade aparente (CMA) e o aparente corrigido pelo balanço de nitrogênio (CMAn), os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDAPB) e da matéria orgânica (CDAMO), piorou o aproveitamento do Ca^{++} e o coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS). Os coeficientes de digestibilidade aparente do extrato etéreo (CDAEE), das cinzas (CDACi) e do fósforo (CDAP) não foram influenciados pelos níveis de pectina na ração. Na fase de crescimento, a ingestão de pectina aumentou a VI, o CDACi e o CDAMO e, diminuiu o CDAMS, CDAEE, CDAPB e CDACa. O TT, a EMA, a EMAn, a CMA, a CMAn e o CDAP apresentaram comportamento quadrático em relação aos níveis de pectina na ração. Concluiu-se que a ingestão de pectina melhorou o aproveitamento dos nutrientes na fase inicial dos frangos e interferiu de forma negativa na digestibilidade dos nutrientes na fase de crescimento dos frangos de corte.

Palavras-chave: aditivo, fibra solúvel, metabolismo, nutrientes, viscosidade

CHAPTER 2 - DIGESTIBILITY OF THE DIETS CONTAINING PECTIN FOR BROILERS

SUMMARY: This study aimed to evaluate the effect of continuous pectin intake on digestibility of nutrients, energy metabolism, viscosity (V) and intestinal transit time (TT), the initial and growth phase in broilers. A total of 240 male Cobb[®] chicks, with one day of age, distributed in a randomized design, four levels of pectin in the diet (0, 1, 3 and 5%) with six replicates per treatment consisted of 10 birds in each replicate. In the early development of chickens, the intake of pectin in the diet increased the TT and V, and improved utilization of apparent metabolizable energy (AME) and corrected apparent nitrogen balance (AMEn), the coefficient of metabolizable apparent (CMA) and the apparent corrected for nitrogen balance (CMAn), the apparent digestibility of crude protein (CADCP) and organic matter (CADOM), worsened the recovery of calcium and apparent digestibility of dry matter (CDADM). The apparent digestibility of ether extract (CADEE), ashes (CDAA) and phosphorus (CDAP) were not influenced by levels of pectin in the diet. In the growth phase, the intake of pectin increased IV, CDAC and CADOM and decreased the CDADM, CADEE, CADCP and CDACa. The TT, AME, AMEn, CMA, CMAn and CADP presented quadratic behavior in relation to levels of pectin in the diet. It was conclude that the pectin intake improves the utilization of nutrients in the initial phase of chickens and influences negatively the digestibility of nutrients in the growth phase of broilers.

Keywords: additive, maturity, metabolism, soluble fiber, viscosity

Introdução

A descoberta de novos aditivos que visem reduzir a deposição de lipídios, e, consequentemente, a deposição de gordura nos animais de produção é de grande interesse, pois atende a um mercado de consumo que envolve saúde pública. Do ponto de vista zootécnico, entretanto, a adição de novos aditivos na ração não deve afetar o desempenho produtivo das aves ou, pelo menos, não alterar a relação custo-benefício à ponto de seu uso tornar-se inviável.

Segundo LARBIER & LECLERQ (1994), a digestibilidade consiste na soma das atividades que ocorrem no trato gastrointestinal, incluindo ação enzimática, absorção, trânsito e atividade da microflora. A mensuração desses processos de digestão e absorção é essencial para definir a bio-disponibilidade dos nutrientes encontrados em alimentos naturais. A digestibilidade de um alimento varia de acordo com alguns fatores, baseados na composição do material e no seu processamento, e a outros fatores relacionados às aves (LARBIER & LECLERQ, 1994). Segundo HUANG et al. (2005), de uma forma geral, a utilização de nutrientes pode variar de acordo com a idade, o genótipo e o sexo da ave. Em trabalhos de NIR (1988) e DOESCHATE et al. (1993), é mencionado que pode haver grandes variações na digestibilidade de nutrientes em função da idade do animal.

Os carboidratos estruturais, normalmente indisponíveis, chamados de polissacarídeos não amiláceos (PNAs) são constituintes de grande parte dos alimentos alternativos de origem vegetal. Estes nutrientes podem ser fator limitante ao uso dos ingredientes nas dietas, embora, possuam funções específicas na nutrição de animais monogástricos. Por isto, são necessários estudos que elucidem os efeitos do seu uso em dietas destes animais.

Portanto, tendo em vista a sua importância e as escassas informações sobre os efeitos da inclusão de pectina sobre a digestibilidade das rações de frangos de corte, objetivou-se no presente estudo avaliar os efeitos da inclusão de diferentes níveis de pectina sobre a digestibilidade da ração de frangos de corte em diferentes fases, uma vez que as exigências nutricionais diferem de acordo com a idade da ave.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no aviário experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da Universidade Estadual Paulista, Campus Jaboticabal, no período de julho a agosto de 2008 e foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (protocolo número 21.122/10).

O ensaio de metabolismo foi realizado para analisar a digestibilidade de rações de frangos de corte que ingeriram diferentes níveis de pectina a partir do primeiro dia de vida. Foram utilizados duzentos e quarenta pintos de corte Cobb®, com um dia de idade, obtidos de incubatório comercial. As aves foram pesadas e distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em quatro tratamentos experimentais (0, 1, 3 e 5%). Na fase inicial (de 1 a 21 dias de idade), os tratamentos foram compostos de seis repetições com 10 aves, perfazendo um total de 60 aves por tratamento. Os pintos foram pesados para homogeneizados das repetições e alojados em baterias metálicas, contendo sistema de aquecimento por meio de lâmpadas e bebedouro e comedouro tipo calha. Na fase de crescimento (de 22 a 34 dias de idade), os tratamentos foram compostos de seis repetições com nove aves, totalizando-se 54 aves por tratamento. Nessa fase as mesmas aves foram alojadas em gaiolas de recria, também contendo bebedouro e comedouro tipo calha, e submetidas a regime de iluminação natural. As aves receberam água e ração à vontade a partir do primeiro dia de vida. Todas as rações foram à base de milho e farelo de soja (Tabela 1), reajustada de acordo com cada fase de criação, atendendo as recomendações de ROSTAGNO et al. (2005).

Os pintos foram vacinados contra doença de Marek e Bouda Aviária ainda no incubatório. Após alojamento, as aves foram vacinadas, via água de bebida, contra as doenças de Gumboro (cepa intermediária Lukert) e Newcastle (estirpe La Sota) no oitavo dia e contra a doença de Gumboro (cepa forte Austrália V-877) no 18º dia.

Tabela 1 – Composição percentual e nutricional calculada e formulada das rações, segundo as fases de criação dos frangos.

Ingredientes	Inicial				Crescimento			
	0%	1%	3%	5%	0%	1%	3%	5%
Milho	47,50	47,50	47,50	47,50	52,50	52,50	52,50	52,50
Farelo de soja	36,92	36,92	36,92	36,92	30,95	30,95	30,95	30,95
Óleo soja	5,75	5,75	5,75	5,75	7,40	7,40	7,40	7,40
Fosfato bicálcico	1,90	1,90	1,90	1,90	1,64	1,64	1,64	1,64
Calcário	0,82	0,82	0,82	0,82	0,75	0,75	0,75	0,75
Sal	0,47	0,47	0,47	0,47	0,43	0,43	0,43	0,43
L-Lisina HCL (78%)	0,61	0,61	0,61	0,61	0,30	0,30	0,30	0,30
DL-Metionina (99%)	0,34	0,34	0,34	0,34	0,40	0,40	0,40	0,40
L-Treonina	0,14	0,14	0,14	0,14	0,08	0,08	0,08	0,08
BHT	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Sup. Vit. e Min.	0,50 ¹	0,50 ¹	0,50 ¹	0,50 ¹	0,50 ²	0,50 ²	0,50 ²	0,50 ²
Inerte ³	5,00	4,00	2,00	0,00	5,00	4,00	2,00	0,00
Pectina*	0,00	1,00	3,00	5,00	0,00	1,00	3,00	5,00
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada								
EM (kcal/kg)	3.000	3.000	3.000	3.000	3.175	3.175	3.175	3.175
PB (%)	21,62	21,62	21,62	21,62	19,02	19,02	19,02	19,02
Ca (%)	0,92	0,92	0,921	0,92	0,81	0,81	0,81	0,81
Pd (%)	0,46	0,46	0,46	0,46	0,40	0,40	0,40	0,40
Na (%)	0,22	0,22	0,22	0,22	0,20	0,20	0,20	0,20
Lis dig (%)	1,50	1,50	1,50	1,50	1,13	1,13	1,13	1,13
Met dig (%)	0,63	0,63	0,63	0,63	0,66	0,66	0,66	0,66
Lis+Met dig(%)	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
Thr dig (%)	0,83	0,83	0,83	0,83	0,70	0,70	0,70	0,70
Composição bromatológica								
Mat. seca (%)	89,86	89,78	90,33	89,11	89,23	89,46	88,09	88,80
Umidade (%)	10,14	10,22	9,67	10,88	10,17	10,54	11,90	11,20
PB (%)	24,84	24,98	24,85	24,33	21,82	21,41	21,91	21,71
EE (%)	8,68	8,07	8,38	8,23	10,37	10,67	11,20	11,50
EB (kcal/kg)	4.082	4.132	4.147	4.202	4.557	4.546	4.828	4.991
Cinzas (%)	14,29	9,92	9,02	6,94	10,32	9,50	7,95	6,20
Ca (%)	2,83	2,75	2,22	2,32	2,65	2,49	2,08	1,22
P (%)	0,71	0,80	0,62	0,56	0,57	0,65	0,60	0,64

¹Suplemento mineral + vitamínico. Cada quilograma do produto contém: Se 54,6 mg, Cu 25.000 mg, pantotenato de Ca 1.900 mg, niacina 6930 mg, Mn 15.252 mg, I 260mg, Zn 18.250 mg, biotina 32 mg, colina 120 g, Vit A 1.400.000 UI, Vit B1 356 mg, Vit B12 2.000 mcg, Vit B2 1.920 mg, Vit B6 693 mg, Vit D 600.000, Vit E 5.000mg, Vit K 196mg, antioxidante 100mg, coccidiostático 25.000mg e promotor de crescimento (bacitracina de zinco) 10.000 mg

²Suplemento mineral + vitamínico. Cada quilograma do produto contém: Se 54,6 mg, Cu 25.000 mg, pantotenato de Ca 1.900 mg, niacina 69,30 mg, Mn 15.252 mg, I 260mg, Zn 18.250 mg, biotina 32 mg, DL-metionina 270 g, colina 120 g, Vit A 1.400.000 UI, Vit B1 356 mg, Vit B12 2.000 mcg, Vit B2 1.920 mg, Vit B6 693 mg, Vit D 600.000, Vit E 5.000 mg, Vit K 196,5 mg, antioxidante 100mg, coccidiostático 22.000mg e promotor de crescimento (bacitracina de zinco) 10.000 mg

³Inerte: caulim

* Pectina de alto grau de esterificação, alto grau de gelificação, alto teor de carboidratos solúveis (85%), não amidada, extraída de polpa cítrica (pectina GENU® tipo B rapid set-Z, CP Kelco, Limeira, Brasil)

As temperaturas e as umidades relativas dos galpões foram registradas durante todo o período experimental por meio de termo higrômetro digital localizado no centro dos galpões. As temperaturas foram mensuradas duas vezes ao dia e registrados os valores de temperatura e umidade máxima e mínima, sendo que suas médias foram 30,1°C, 28,4°C, 26,2°C, 25,2°C e 24,3°C e de 36,0%, 36,2%, 32,0%, 37,3% e 34,0%, da primeira à quinta semana do experimento, respectivamente.

As coletas totais das excretas foram realizadas nos períodos inicial (de 14 a 18 dias de idade) e de crescimento (de 27 a 31 dias de idade), utilizando-se bandejas metálicas revestidas com plástico instaladas sob as gaiolas. Para coletar-se as excretas referentes à ração ingerida apenas no período de coleta, foi adicionado 1% de óxido férrico à ração oferecida no primeiro e último dia do período de coleta. Assim, as coletas começaram e terminaram quando as excretas apareceram marcadas. As coletas foram realizadas duas vezes ao dia, no início da manhã e no final da tarde. Uma vez coletadas, as amostras de cada repetição foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas, pesadas e congeladas. A quantidade de ração consumida em cada um dos períodos de coleta foi calculada subtraindo-se a quantidade de ração não consumida da quantidade fornecida. As excretas de cada repetição foram descongeladas e homogeneizadas. Duas amostras de cada repetição (200g/amostra) foram retiradas, colocadas em recipientes de alumínio e mantidas em estufa de ventilação forçada a 55°C, por 72 horas, para secagem. Após secagem, as amostras foram moídas em moinho de faca para a determinação da matéria seca, nitrogênio total, fósforo (realizada no Laboratório de Nutrição Animal, do Departamento de Zootecnia, da FCAV) e cálcio (realizada Laboratório Central, da FCAV), seguindo metodologia descrita por SILVA & QUEIROZ (2002). As rações experimentais também foram analisadas quanto às composições em matéria seca, nitrogênio total, fósforo e cálcio, seguindo a mesma metodologia. A determinação da energia bruta das amostras de excretas e ração foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal, da Universidade Federal de Viçosa.

A energia metabolizável e os coeficientes de digestibilidade foram calculados utilizando-se as equações propostas por Matterson et al. (1965) e descritas a seguir:

EMA=(EB ingerida - EB excretada)/MS ingerida; EMAn=[EB ingerida - (EB excretada - 8,22*BN)]/MS ingerida; CMA= EMA/EB e CDAMS=[(MS ingerida - MS excretada)/MS ingerida)]*100, em que EMA= energia metabolizável aparente, EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio, EB=energia bruta, MS=matéria seca, BN= balanço de nitrogênio, CMA= coeficiente de metabolizabilidade aparente e CDAMS = coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca.

O tempo de trânsito intestinal (TT) foi avaliado no 14º e no 27º dia de idade, em cada repetição experimental, e correspondeu ao tempo entre a ingestão da ração e o aparecimento de excreta, ambas marcadas.

A viscosidade intestinal aos 20 e 34 dias de idade foi medida em viscosímetro digital Ostwald, no Laboratório de Nutrição Animal, da FCAV, operando a uma rotação de 60 s^{-1} , sendo expressa em unidades centipoises (cPs). Utilizou-se uma ave por repetição, a qual foi atordoada e posteriormente sofrendo deslocamento cervical, para coleta do conteúdo alimentar da região jejunal do intestino delgado. O material foi coletado em recipiente plástico e em seguida centrifugado a $12000 \times g$ durante seis minutos, em seguida foram retirados 0,5mL do sobrenadante, o qual foi utilizado na determinação da viscosidade.

Os dados foram verificados quanto à presença de *outliers*, e atendimento às pressuposições de normalidade dos erros estudantilizados e homogeneidade de variâncias. Os dados foram submetidos à análise de variância através do procedimento Proc GLM do programa SAS® (SAS Institute, 2002), procedendo-se à análise de regressão (linear ou quadrática) para os níveis de suplementação com pectina.

Resultados

Fase Inicial

A Tabela 2 apresenta os dados obtidos na fase inicial para tempo de trânsito intestinal (TT), viscosidade intestinal (VI), umidade na excreta (UE), energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida (EMAn), coeficientes de metabolizabilidade aparente (CMA) e aparente corrigida (CMAn), e digestibilidade

aparente da matéria seca (CDAMS), da proteína bruta (CDAPB), da matéria orgânica (CDAMO) e do cálcio (CDACa). Todos esses parâmetros foram influenciados significativamente ($P \leq 0,05$) nessa fase do desenvolvimento dos frangos pelo nível de pectina na ração.

As equações das regressões para TT, VI e UE em função dos níveis de pectina são apresentadas na Figura 1. O TT e a VI aumentaram de forma significativa ($P \leq 0,05$) e linear em função dos níveis de pectina na ração (Fig. 1A e B), enquanto a UE diminuiu de forma linear (Fig. 1C). A variação na concentração de pectina explicou mais que 83% da variabilidade na VI, mais que 77% na variabilidade na UE e menos que 30% da variabilidade no TT.

As EMA e EMAn e os CMA e CMAn foram descritas por efeito linear significativo ($P \leq 0,05$) em função dos níveis de pectina (Fig. 2A, B, C e D, respectivamente), ou seja, essas energias e coeficientes aumentaram com o aumento nos níveis de pectina. A variação na concentração de pectina explicou 40% da variabilidade na EMA e EMAn e 30% da variabilidade nos CMA e CMAn.

Como mostrado na Figura 3, os dados indicaram efeito quadrático para o CDAMS, sendo estimado o nível de 3,65% de pectina para a máxima digestibilidade da matéria seca, e efeito linear crescente para o CDAMO e o CDAPB em função da concentração de pectina. A variação nos níveis de pectina justificaram em torno de 43% da variabilidade no CDAMS, 90% na variabilidade no CDAPB, 50% na variabilidade do CDAPB. Já o CDAEE não foi influenciado ($P > 0,05$) pelos níveis de pectina ingeridos (CDAEE: $y=80,22$).

No que se refere aos CDACi, CDACa e CDAP (Fig. 4), o primeiro e o último coeficientes não foram influenciados pelo nível de pectina (CDACi: $y=32,45$; CDAP: $y=68,11$). O segundo coeficiente foi descrito por um efeito significativo ($P \leq 0,05$) e linear em função do nível de pectina (Fig. 4B), ou seja, ele diminuiu à medida que o nível de pectina aumentou. A variação na concentração de pectina respondeu por cerca de 58% da variabilidade no CDACa.

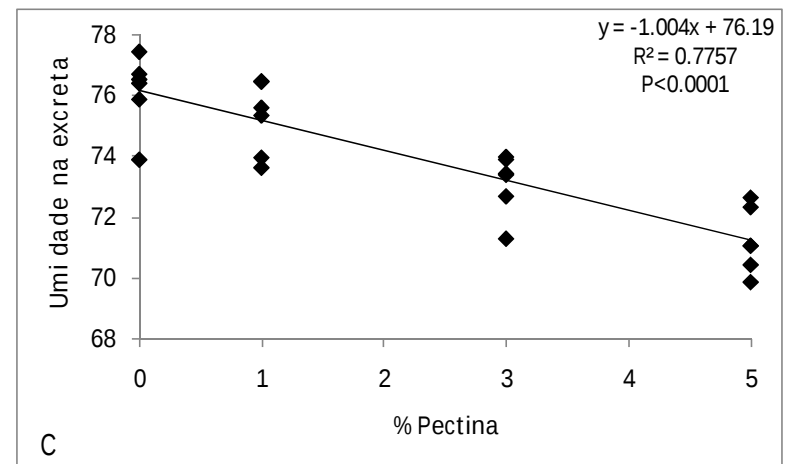
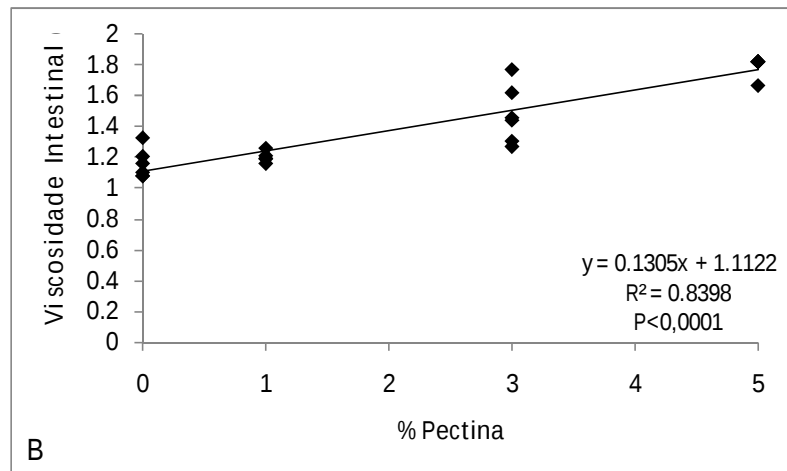
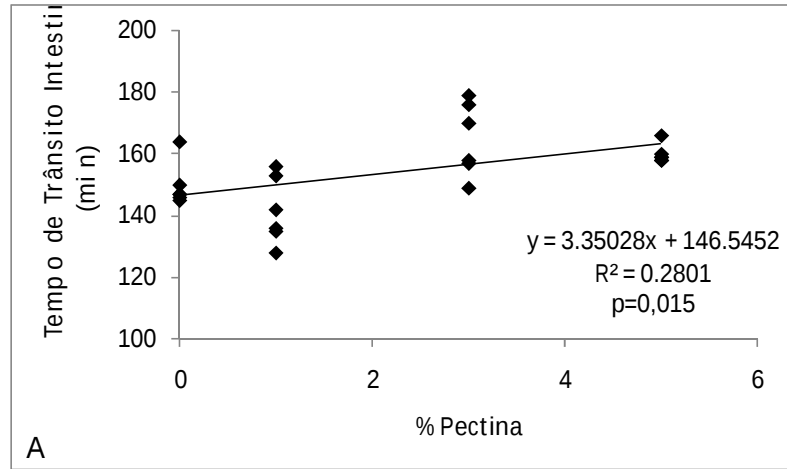
A Tabela 3 mostra os coeficientes de correlação de Pearson para VI com TT e UE, bem como para VI, TT e EU com EMA, EMAn, CMA, CMAn, CDAMS, CDAMO,

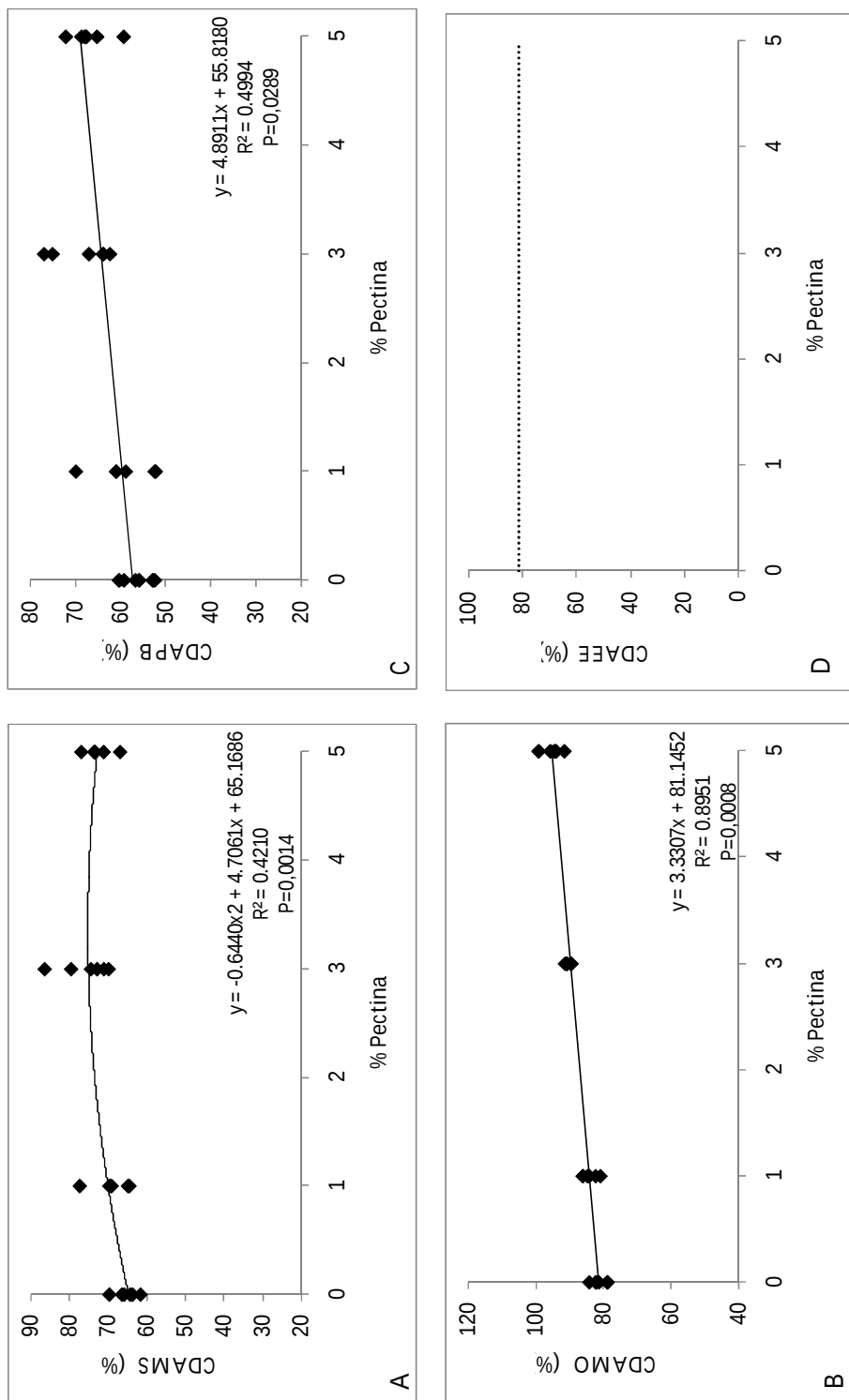
CDAEE, CDAPB, CDACI, CDACa, CDAP. A VI foi correlacionada positivamente com o TT e apresentou alta correlação negativa com a UE. A UE também foi correlacionado negativamente com o TT. A energia metabolizável e coeficiente de metabolizabilidade não apresentaram correlações significativas com o TT, mas elas foram correlacionadas negativamente com UE. A EMA e o CMA não foram significativamente correlacionadas com a VI, mas a EMAn e o CMAn apresentaram correlação positiva com VI. Não houve correlação significativa do CDAMS, CDAEE e CDAPB com o TT, mas o CDAMO foi correlacionado negativamente com TT. O CDAMS e o CDAPB foram correlacionados positivamente e o CDAMO negativamente com a VI. Não ocorreu correlação significativa do CDAEE com a VI. Em relação à UE, o CDAMS e o CDAPB apresentaram correlação negativa, o CDAMO correlação positiva, e CDAE não foi correlacionado significativamente. O CDACi foi correlacionado positivamente com o TT e com a VI e correlacionado negativamente com a UE. O CDACa apresentou correlação negativa com TT e com VI e correlação positiva com UE. Não ocorreu correlação significativa ($P>0,05$) do CDAP com o TT, a VI e a UE.

Tabela 2 – Valores médios dos parâmetros analisados de acordo com os níveis de pectina na ração, obtidos para a fase inicial do desenvolvimento dos frangos.

Pectina (%)	TT	VI*	UE	EMA	EMAn	CMA	CMAn	Coeficiente de digestibilidade Aparente						
								MS	EE	PB	MO	Cinzas	Ca	P
0	149	5,10	76,15	2857	2670	69,98	65,39	65,23	80,62	56,30	81,29	37,42	85,14	64,02
1	141	5,34	75,25	3027	2828	73,24	68,44	69,12	82,46	59,27	84,08	25,29	88,67	71,43
3	168	69,03	73,13	3213	2986	77,48	72,00	75,74	84,16	68,19	90,48	47,23	70,57	66,03
5	160	271,3	71,18	3100	2911	74,80	68,29	72,57	78,72	66,82	94,81	48,60	72,25	60,78
CV (%)	5,22	8,07	1,53	3,41	3,45	3,40	3,33	3,92	9,99	6,03	1,48	31,56	7,09	13,35

Dados comparados utilizando-se variável transformada ($y^{0,00558}$). TT – tempo de trânsito (min), VI – viscosidade intestinal (Centipoise), UE – Umidade na excreta (%), EMA – Energia metabolizável aparente (kcal/kg), EMAn (Energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (kcal/kg), CMA - coeficiente de metabolizabilidade aparente (%), CMAn – coeficiente de metabolizabilidade aparente corrigido pelo balanço de nitrogênio (%), CDA – coeficientes de digestibilidade aparente da: MS – matéria seca (%), EE - extrato etéreo (%), PB – proteína bruta (%), MO – matéria orgânica (%), Ci – cinzas (%), Ca – cálcio (%) e P – fósforo (%).
CV(%)= coeficiente de variação.





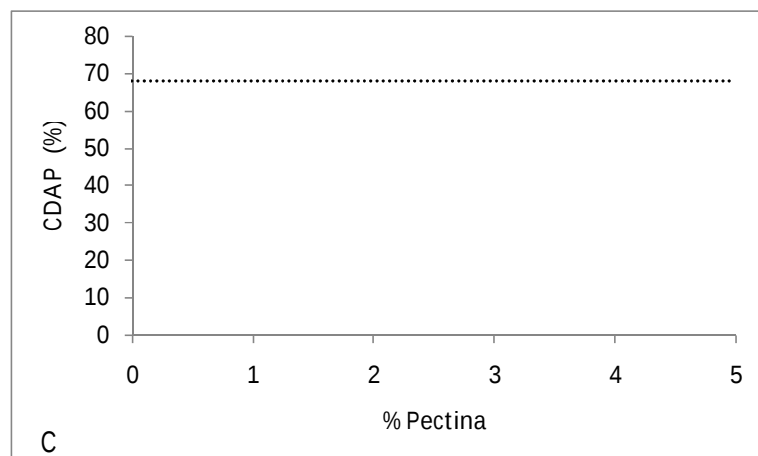
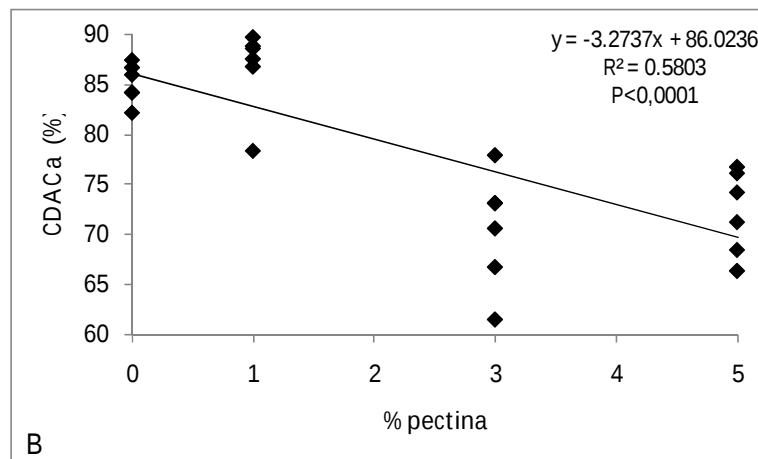
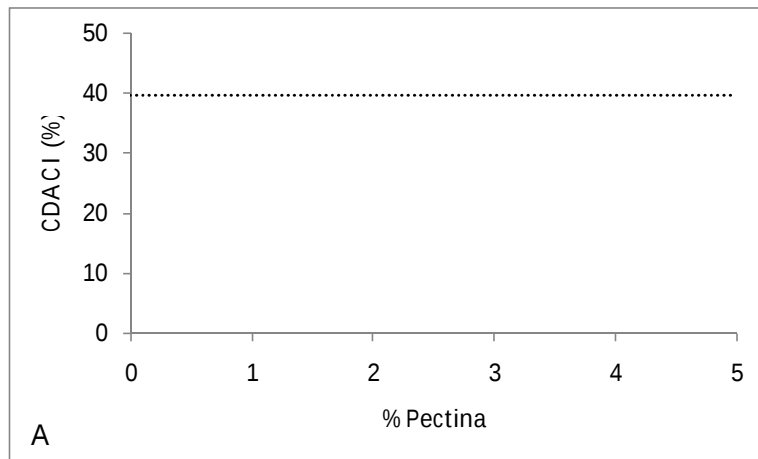


Tabela 3 – Coeficientes de correlação linear de Pearson (r²) entre o tempo de trânsito (TT), viscosidade intestinal (VI) e umidade da excreta (UE) contra os demais parâmetros avaliados na fase inicial dos frangos de corte.

	TT	VI	UE	EMA	EMAn	CMA	CMAn	Coeficiente de digestibilidade aparente					
								MS	EE	PB	MO	Cinzas	Ca
TT	-	0,43*	-0,57*	ns	ns	ns	ns	ns	-0,66*	0,56*	-0,66*	ns	
VI	-	-	-0,81*	ns	0,45*	ns	0,63*	0,47*	ns	0,57*	-0,60*	ns	
UE	-	-	-	-0,54*	-0,58*	-0,50*	-0,44*	-0,58*	ns	-0,66*	0,61*	ns	

*Nível de significância de 5% pelo teste T.

TT – tempo de trânsito (min), VI - viscosidade intestinal (Centipoise), UE – Umidade na excreta (%), EMA – Energia metabolizável aparente (kcal/kg), EMAn (Energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (kcal/kg), CMA - coeficiente de metabolizabilidade aparente (%), CMAAn – coeficiente de metabolizabilidade aparente corrigido pelo balanço de nitrogênio (%), CDA – coeficientes de digestibilidade aparente da: MS – matéria seca (%), EE - extrato etéreo (%), PB – proteína bruta (%), MO – matéria orgânica (%), Ci – cinzas (%), Ca – cálcio (%) e P – fósforo (%).

Fase de Crescimento

A Tabela 4 apresenta os dados obtidos na fase de crescimento para TT, VI, UE, EMA, EMAn, CMA, CMAn, CDAMS, CDAPB, CDAMO e CDACa. Todos esses parâmetros foram influenciados significativamente ($P \leq 0,05$) pelo nível de pectina na ração.

O TT foi apresentado efeito quadrático significativo ($P \leq 0,05$) em função do nível de pectina (Fig. 5 A), sendo estimado que a ingestão de 2,014% de pectina responsável pelo o maior TT. A variação no nível de pectina respondeu por cerca de 50% da variabilidade no TT. Para VI e UE, os dados indicaram efeito linear e quadrático significativos ($P \leq 0,05$) em função do nível de pectina, respectivamente (Fig. 5 B e C). A VI aumentou com o aumento nos níveis de pectina, o qual explicou cerca de 83% da variabilidade desse parâmetro. A menor porcentagem de UE ocorre com ingestão estimada em 2,583% de pectina. Cerca de 63% da variabilidade da UE registrada no presente estudo foi explicada pela variação nos níveis de pectina.

Os valores de EMA, EMAn, CMA e CMAn apresentaram efeito quadrático significativo ($P \leq 0,05$) em função dos níveis de pectina na ração (Fig. 6). Os maiores valores de EMA e EMAn foram estimados em 1,18 e 1,49% de pectina, respectivamente, e cerca de 56% e 51 % da variabilidade nos valores dessas energias, respectivamente, foi influenciado pela variação nos níveis de pectina. Para CMA e CMAn, os maiores valores ocorreram com níveis estimados de 0,02 e 0,56% de pectina, respectivamente. A variação nos níveis de pectina responderam por mais 80% ou mais da variabilidade nos valores desses coeficientes de metabolizabilidade.

Como mostrado na Figura 7, os valores de CDAMS, CDAEE e CDAPB apresentaram efeito linear em função dos níveis de pectina, e os valores de CDAMO por efeito quadrático, ambos significativos. Os três primeiros coeficientes diminuíram com o aumento no nível de pectina na ração e cerca de 64%, 52 e 68% de suas variabilidades foram explicadas pela variação no nível de pectina. O maior valor de CDAMO ocorre com nível de pectina estimado em 0,368%. A variação no nível de pectina na ração respondeu por 81% da variabilidade registrada nesse parâmetro. Os

CDACi e CDACa foram registrados por efeito linear em função do nível de pectina, e o CDAP por efeito quadrático (Fig. 8), sendo estimado que o nível de 2,174% de pectina ingerida na ração promove o maior aproveitamento de fósforo. O CDAMO aumentou e o CDACa diminuiu com o aumento no nível de pectina, o qual respondeu por 40% na variabilidade do primeiro e por cerca de 82% na variabilidade do segundo. Os maiores valores de CDAP foram registrados com a ingestão de níveis de pectina entre 1 e 3%. Apenas 22% da variabilidade do CDAP foi justificada pela variação no nível de pectina.

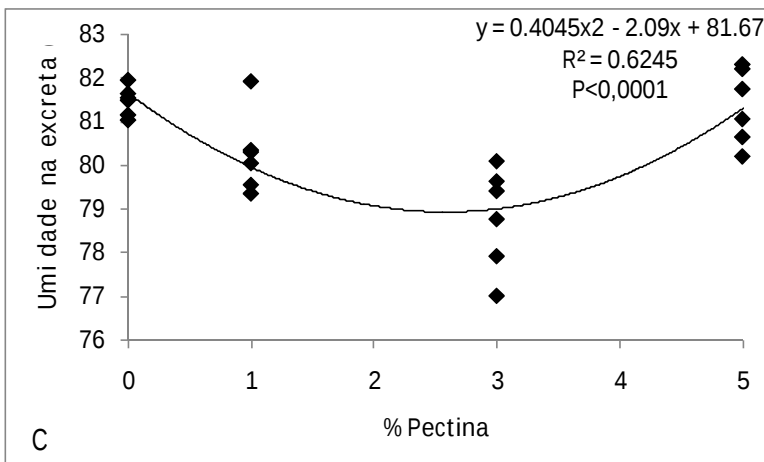
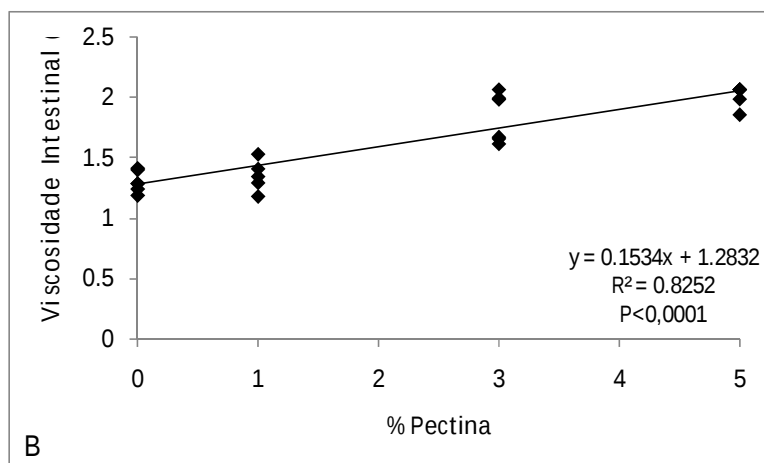
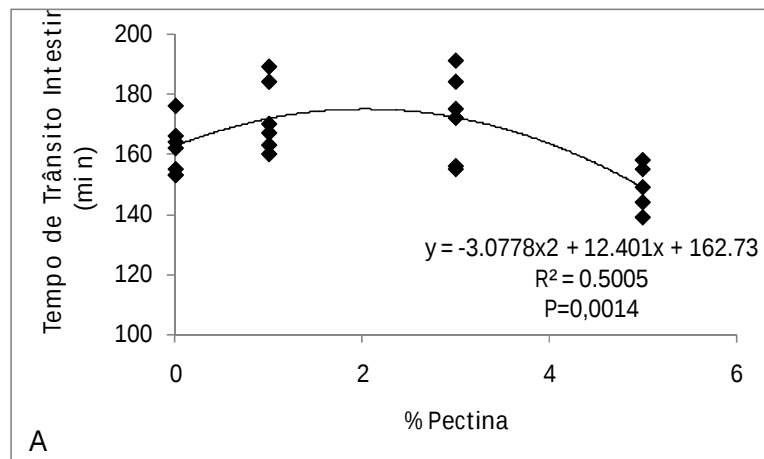
A Tabela 5 mostra os coeficientes de correlação de Pearson para VI com TT e UE, bem como para VI, TT e UE com EMA, EMAn, CMA, CMAn, CDAMS, CDAMO, CDAEE, CDAPB, CDACi, CDACa, CDAP, obtidos para frangos na fase de crescimento.

Não ocorreu correlação significativa ($P>0,05$) entre TT e VI e entre VI e UE. TT e UE apresentaram correlação moderada negativa. EMA, EMAn, CMA e CMAn apresentaram correlação moderada positiva com TT. EMA e EMAn apresentaram correlação moderada negativa com a VI, enquanto que a correlação do CMA e CMAn com a VI foi alta e negativa. Não houve correlação significativa ($P>0,05$) dos valores dessas energias e coeficientes com a UE. Os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, do EE, da PB e da MO apresentaram correlação moderada positiva com o TT e alta correlação negativa com a VI. Não ocorreu correlação significativa ($P>0,05$) desses quatro coeficientes de digestibilidade com a UE. Houve significativa ($P\leq 0,05$) correlação positiva entre CDAP e TT e entre CDACi e VI, e alta correlação negativa entre CDACa e VI. Entretanto, não ocorreu correlação significativa ($P>0,05$) do CDACi e do CDACa com o TT, do CDAP com a VI e do CDACi, do CDACa e do CDAP com o UE.

Tabela 4 – Valores médios dos parâmetros analisados de acordo com as concentrações de pectina na ração, obtidos para a fase de crescimento dos frangos.

Pectina (%)	TT	VI*	UE	EMA	EMAn	CMA	CMAn	Coeficiente de Digestibilidade Aparente					
								MS	EE	PB	MO	Cinzas	Ca P
0	167	9,04	81,48	3457	3244	75,86	71,20	66,80	82,86	64,92	72,86	13,71	83,28 44,20
1	172	12,37	80,30	3374	3154	74,20	69,37	66,31	75,89	65,50	72,09	15,90	84,45 56,43
3	172	150,14	78,80	3415	3254	70,76	67,43	63,25	74,52	55,69	68,17	22,92	48,95 50,01
5	148	258,58	81,37	3045	2867	61,01	57,83	57,09	59,28	50,79	60,84	25,01	31,10 42,35
CV (%)	6,65	8,08	1,07	4,16	4,07	4,08	3,98	4,62	10,77	7,43	3,71	30,60	18,14 19,18

*Dados comparados utilizando-se variável transformada ($y^{0,126/74}$). TT – tempo de trânsito (min), VI – viscosidade intestinal (Centipoise), UE- Unidade na excreta (%), EMA – Energia metabolizável aparente (kcal/kg), EMAn (Energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (kcal/kg), CMA - coeficiente de metabolizabilidade aparente (%), CMAn – coeficiente de metabolizabilidade aparente corrigido pelo balanço de nitrogênio (%), CDA – coeficientes de digestibilidade aparente da: MS – matéria seca (%), EE - extrato etéreo (%), PB – proteína bruta (%), MO – matéria orgânica (%), Ci – cinzas (%), Ca – cálcio (%) e P – fósforo (%).
CV(%)= coeficiente de variação.



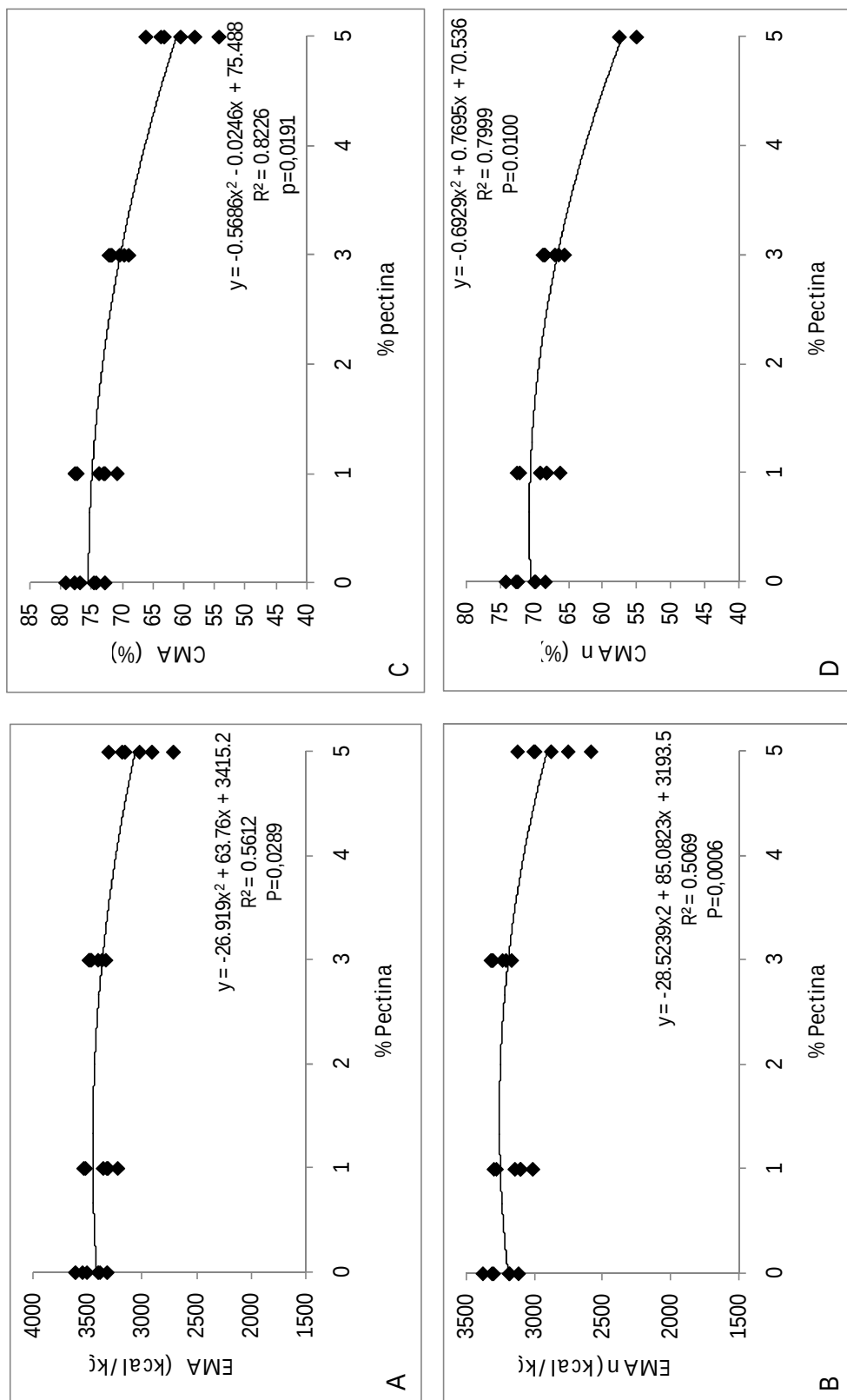


Figura 6 - Regressão para: (A) Energia metabolizável aparente (EMA), (B) Energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), (C) Coeficiente de metabolizabilidade da energia aparente (CMA) e (D) Coeficiente de metabolizabilidade da energia aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (CMAn), em função do nível de pectina na ração, obtidos para frangos de corte na fase de crescimento.

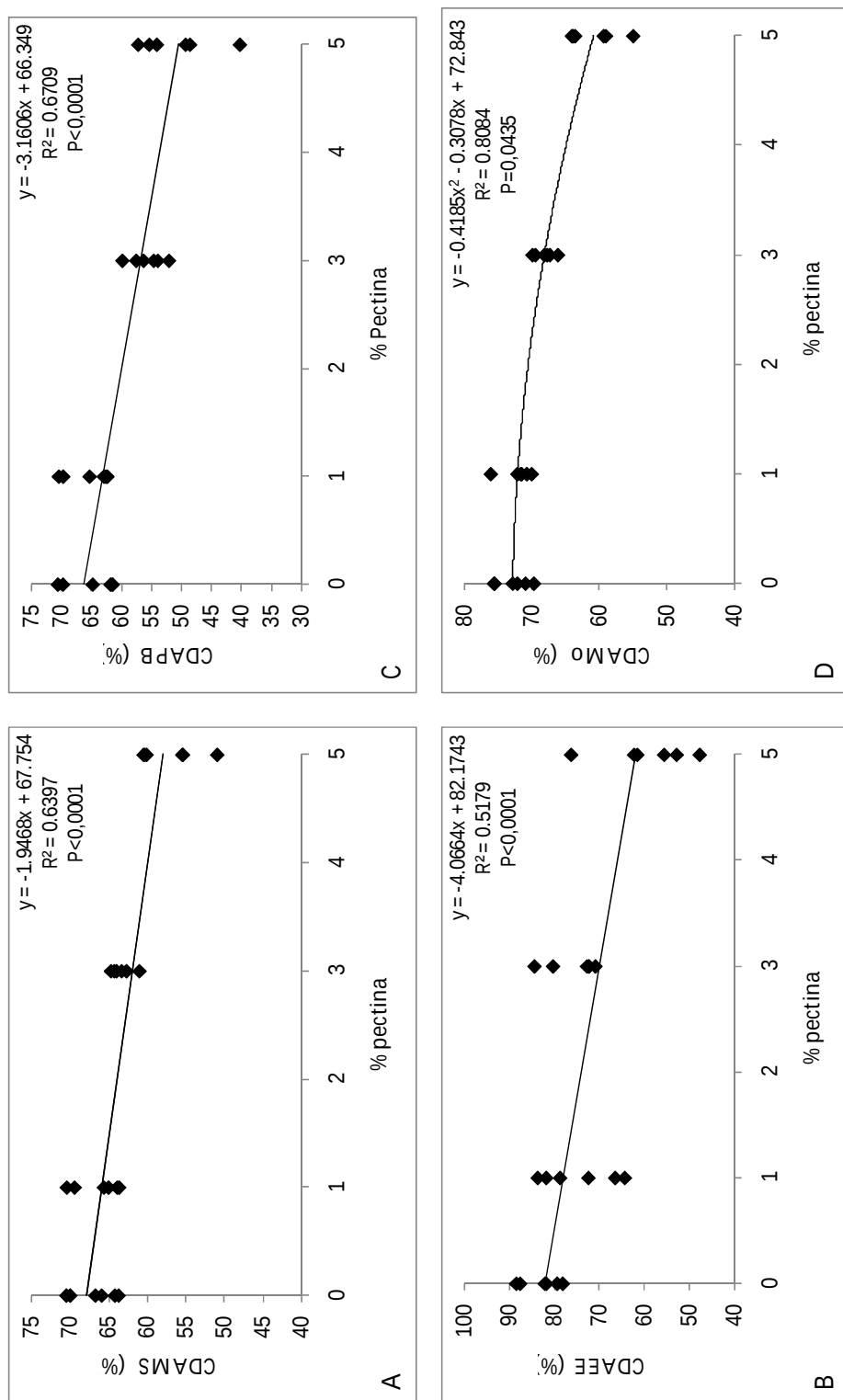


Figura 7 – Regressão para coeficientes de digestibilidade aparente: (A) matéria seca (CDAMS), (B) Extrato etéreo (CDAAE), (C) proteína bruta (CDAPB) e (D) matéria orgânica (CDAMo), em função do nível de pectina, obtidos para frangos de corte, na fase de crescimento.

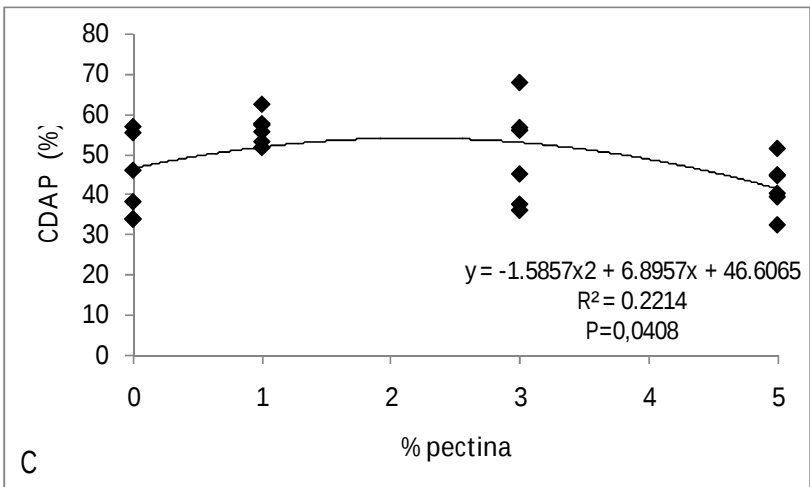
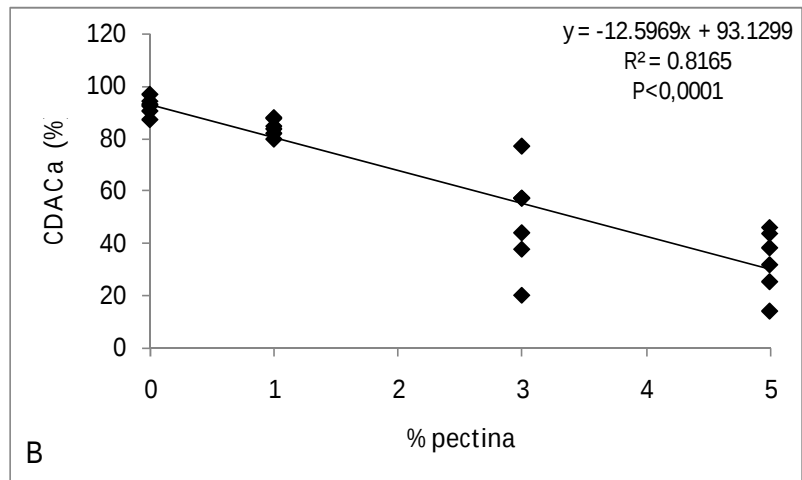
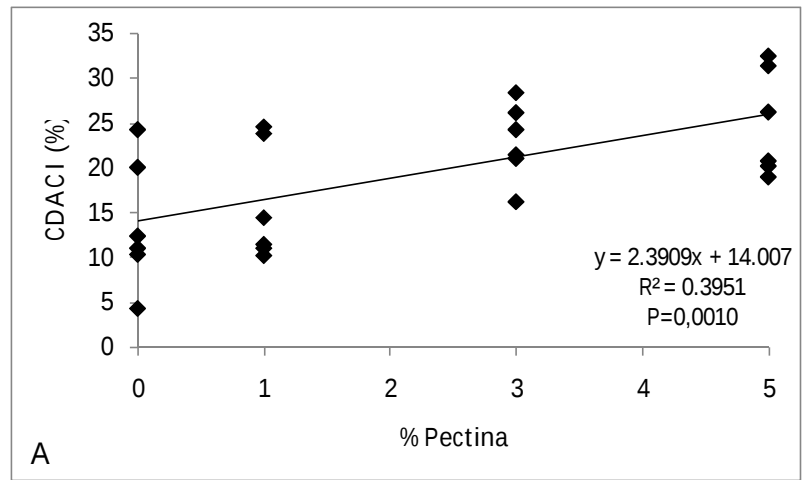


Tabela 5 – Coeficientes de correlação linear de Pearson (r^2) entre o tempo de trânsito (TT), viscosidade intestinal (VI) e umidade na excreta (UE) contra os demais parâmetros avaliados na fase de crescimento dos frangos de corte.

TT	VI	UE	EMA	EMAn	CMA	CMAn	Coeficiente de Digestibilidade Aparente					
							MS	EE	PB	MO	Cinzas	Ca
TT	-	ns	-0,54*	0,57*	0,57*	0,58*	0,54*	0,42*	0,41*	0,57*	ns	ns
VI	-	ns	-0,60*	-0,51*	-0,81*	-0,78*	-0,74*	-0,69*	-0,79*	-0,79*	0,56*	-0,84*
UE	-	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

*Nível de significância de 5% pelo teste T.

TT – tempo de trânsito (min), VI - viscosidade intestinal (Centipoise), UE – Umidade na excreta (%), EMA – Energia metabolizável aparente (kcal/kg), EMAn (Energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (kcal/kg), CMA - coeficiente de metabolizabilidade aparente (%), CMAn – coeficiente de metabolizabilidade aparente corrigido pelo balanço de nitrogênio (%), CDA – coeficientes de digestibilidade aparente da: MS – matéria seca (%), EE - extrato etéreo (%), PB – proteína bruta (%), MO – matéria orgânica (%), Ci – cinzas (%), Ca – cálcio (%) e P – fósforo (%)

Discussão

O presente estudo analisou o efeito da adição de diferentes níveis de pectina na ração sobre o aproveitamento energético, digestibilidade dos nutrientes e absorção mineral pelos frangos na fase inicial e de crescimento.

Na fase inicial do desenvolvimento dos frangos, o aumento no nível de pectina na ração induziu um correspondente aumento na VI e diminuição na UE, o que explicou a alta correlação negativa registrada entre essas duas variáveis. Simultaneamente ocorreu aumento no TT com o aumento no nível de pectina, mas a fibra respondeu apenas por cerca de 30% da variabilidade dessa variável. VI foi correlacionada positivamente e a UE negativamente com o TT. Isso indica que VI e UE são mecanismos que influenciaram o TT.

Fibras solúveis têm a propriedade de hidratar-se e formar géis (FIETZ & SALGADO, 1999; TROMBETA, 1999; CONTE et al., 2003; SANTOS JÚNIOR, 2003), o que explica o aumento no TT e na VI e a diminuição na UE com o aumento no nível de pectina ingerido e as relações registradas entre essas três variáveis no presente estudo para a fase inicial do desenvolvimento frango. Esses dados estão de acordo com os obtidos por outros autores que têm registrado aumento na VI com a inclusão de polissacarídeos não amiláceos solúveis purificados na ração animal (AMIRKOLAIE et al., 2005; LEENHOUWERS et al., 2007).

O aumento no nível de pectina na ração resultou em aumento no aproveitamento energético (EMA, EMAn, CMA e CMAn) na fase inicial, mas pouco (<40%) de suas variabilidades foi justificada pela variação nos níveis da fibra. Essa pequena, mas significativa melhora no aproveitamento energético pelos frangos na fase inicial ocorreu concomitantemente com o aumento no CDAMO e no CDAPB. Considerando que não ocorreu influência da pectina sobre o CDAEE, os dados mostram que o aumento na absorção energética envolveu aumento na digestibilidade da matéria orgânica e, conseqüentemente, da proteína bruta. Esse ponto de vista é reforçado pela correlação positiva observada para a EMAn, o CMAn, o CDAMS e o CDAPB com a VI e pela ausência de correlação significativa da EMA, do CMA e do CDAEE com a VI. Isso

indica que a propriedade absorção de água e de geleificação da pectina (FIETZ & SALGADO, 1999; TROMBETA, 1999; CONTE et al., 2003; SANTOS JÚNIOR, 2003) influenciou a EMAn, o CMA_n e a digestibilidade da matéria seca e da proteína bruta.

Na fase inicial, os frangos apresentaram melhor coeficiente de digestibilidade da matéria orgânica (CDAMO) com o aumento da inclusão de pectina na ração. De acordo com CHOCT & ANNISON (1992), o tempo de retenção do indicador insolúvel (fibra Cr-mordente de farelo de trigo) diminuiu entre a primeira e a terceira semana de idade das aves, enquanto que o tempo de retenção do indicador solúvel (Cr-EDTA) aumentou. Estes autores sugeriram que isso pode estar relacionado com o início do funcionamento dos cecos, ao aumento na taxa de fermentação e conseqüente maior desaparecimento da fração solúvel da fibra. Segundo BENÍCIO (1996), essas variações ocorrem devido à quantidade e ao tipo de microrganismos que colonizam o trato gastrointestinal. As condições bioquímicas da digesta, como resultado das respostas fisiológicas da composição química do alimento no hospedeiro afetam a disponibilidade e concentração do substrato e, dessa forma, a formação dos produtos da microbiota (BARROW, 1992). SHAKOURI et al. (2006) avaliando o efeito de diferentes PNAs sobre a população microbiana no íleo, verificaram que a adição de pectina na dieta aumentou a contagem da população anaeróbia nas partes proximais do intestino. LANGHOUT et al. (1999), por sua vez, encontraram maior população de bactérias anaeróbias no íleo quando adicionou 3% de pectina com alta metoxilação à ração, enquanto WANGER & THOMAS (1978) encontraram maior contagem de bactérias anaeróbias no intestino delgado como um todo. Dessa forma, o melhor aproveitamento da matéria orgânica registrada na fase inicial observado no presente estudo pode estar relacionado com a maior população microbiana no trato gastrointestinal dos frangos que receberam os maiores níveis de pectina.

O CDAEE não foi influenciado pelo aumento no nível de pectina na ração na fase inicial. Segundo IDE et al. (1989) e IKEGAMI et al. (1990), os polissacarídeos não amiláceos podem influenciar o metabolismo lipídico no intestino uma vez que a viscosidade pode aumentar a secreção biliar e, conseqüentemente, resultar em perdas significativas desses ácidos nas fezes. Os resultados do presente estudo discordam dos

obtidos pelos autores anteriormente citados e dos obtidos por EDNEY et al. (1989), que, avaliando os efeitos de carboidratos solúveis, observaram que houve piora na digestibilidade fecal da gordura com o aumento da viscosidade intestinal.

O CDACi também não foi alterado pela ingestão de pectina, indicando que na fase inicial a influencia dos níveis de ingestão da fibra sobre a digestibilidade da matéria seca não envolveu a digestibilidade de cinzas. Por outro lado, o aproveitamento do cálcio diminui com o aumento dos níveis de pectina na ração, e não ocorreu alteração na digestibilidade do fósforo. Esses dados corroboram com os de HETLAND & SVIHUS (2001), que não encontraram efeito de diferentes tipos de carboidratos sobre a digestibilidade das cinzas. Por outro lado, eles discordam dos encontrados por VAN DER KLIS et al. (1993) que, pesquisando concentrações de carboximetil celulose (CMC), encontraram menor absorção de minerais com o aumento de CMC na ração dos frangos. O CDACi foi correlacionado positivamente com a VI e o TT, enquanto que o CDACa foi correlacionado negativamente com o TT e com a VI. A redução no aproveitamento de cálcio está relacionada com o aumento da viscosidade devido à formação do gel, uma vez a estrutura tridimensional do gel de pectina envolve a seqüência de dois ácidos galacturônicos dispostos paralelamente, formando a ponte entre íons cálcio e as carboxilas livres (BRAUDO, 1991).

Na fase de crescimento dos frangos, o aumento no nível de pectina na ração continuou induzindo aumento na VI. Entretanto, diferentemente do observado na fase inicial, os maiores TT e as menores UE foram estimadas em 2,01 e 2,58% de pectina, respectivamente, explicando a ausência de correlação da VI com o TT e com a UE e a moderada correlação negativa do TT com a UE. Observou-se que nessa fase o TT diminuiu e a UE aumentou com a ingestão de níveis de pectina acima de 3%. Segundo os dados do Capítulo 3, o consumo de água pelas aves na fase de crescimento aumentou com a ingestão de ração com maiores níveis de pectina. Assim, é possível que a redução no TT e concomitante aumento na UE com o consumo acima de 3% de pectina tenha sido resultante de um maior consumo de água. Por outro lado, substâncias que alteram funções motoras, absortivas e secretórias do trato gastrointestinal podem produzir constipação ou diarreia, desidratação e má-nutrição

(SANTOS JÚNIOR, 2003). Nesse contexto, a alta viscosidade da digesta aumenta a secreção endógena intestinal de água (CHOCT, 1997). Dessa forma, não se pode deixar de considerar que a ingestão de ração com nível alto de pectina tenha provocado perda de líquido tecidual para o intestino na fase de crescimento dos frangos.

Ao contrário do observado na fase inicial, na fase de crescimento do frango, ocorreu redução no aproveitamento energético da ração pelos frangos com a inclusão dos níveis altos de pectina. Entretanto, a maior EMA e EMAn e os maiores CMA e CMAn foram estimados com 1,184, 1,491 e 0,022 e 0,555% de pectina, respectivamente. Variação nos valores de EM com a idade da ave também foi constatada por SHIRES et al. (1987) para linhagens de frango alimentadas com dietas a base de canola e farelo de soja. Esses autores analisaram a taxa de passagem das dietas e associaram o menor aproveitamento energético das rações com a diminuição na taxa de passagem da digesta pelo trato gastrointestinal (consumo) que ocorre com o aumento da idade das aves. ANNISON & CHOCT (1992) também atribuíram a variação nos valores de EM encontrados para aves submetidas a dietas baseadas em cereais com alto concentração de fibra à idade dos animais e a taxa de passagem da digesta. No presente estudo, EMA, EMAn, CMA e CMAn foram correlacionadas positivamente com TT e negativamente com VI. Além disso, as aves apresentaram papo dilatado e cheio de ração e movimentos abdominais fortes e freqüentes nas aves que ingeriram 3 e 5% de pectina na ração (dados não mostrados), indicativos de dificuldades no trânsito intestinal. Dessa forma, é possível que a redução nos coeficientes de metabolizabilidade e de energias aparentes apresentada na fase de crescimento pelos frangos que ingeriram ração com pectina seja resultante de menor taxa de passagem da digesta e do aumento da VI. Assim, as diferenças nos efeitos da inclusão de pectina sobre EMA, EMAn, CMA e CMAn observadas no presente estudo entre as fases inicial e de crescimento dos frangos mostram que o efeito da ingestão de pectina varia de acordo com seu nível de inclusão e com a fase de desenvolvimento do frango.

Como já mencionado, o CDAEE não foi influenciado pelo aumento no nível de pectina na ração na fase inicial. Entretanto, ele diminuiu na fase de crescimento à medida que o nível de ingestão da fibra aumentou. Esses dados concordam os de

EDNEY et al. (1989) que também verificaram piora na digestibilidade fecal da gordura com o aumento da viscosidade intestinal. Redução na absorção de lipídios pode ser parcialmente explicada pelo seqüestro dos sais biliares pelas fibras solúveis, fosfolípidos e colesterol (VAHOUNY et al. 1980). Pesquisas *in vitro* realizadas por ISAKSSON et al. (1982) mostraram que a fibra tem mais efeitos inibitórios sobre a lipase que sobre outras enzimas digestivas. Segundo esses autores, a viscosidade atrasa a taxa de absorção de moléculas simples em vez de reduzir a quantidade absorvida, devendo o mecanismo exato ser provavelmente diferente para cada molécula envolvida. Além disso, no caso das maiores partículas, como as micelas, existe provavelmente uma maior resistência nas conexões e peristaltismo intestinais, sendo esta maior que a difusão (EDWARDS et al., 1988).

Diferentemente do observado na fase inicial, na fase de crescimento, o aumento da concentração de pectina aumentou o aproveitamento de cinzas, diminui a absorção de Ca, e a concentração de 2,17% de pectina proporciona melhor absorção de P. Isso mostra que a melhora no CDACi possivelmente resultou do aumento na absorção de outros minerais que não o Ca e P. Tais dados discordam dos obtidos por HETLAND & SVIHUS (2001) que não encontraram efeito de diferentes tipos de carboidratos sobre a digestibilidade das cinzas. Eles também discordam dos encontrados por VAN DER KLIS et al. (1993) que, pesquisando concentrações de carboximetil celulose (CMC), encontraram menor absorção de minerais com o aumento de CMC na ração dos frangos. Como registrado para a fase inicial, o CDACi foi correlacionado positivamente e o CDACa negativamente com a VI na fase de crescimento dos frangos.

Conclusão

Conclui-se que o efeito da adição de pectina na ração sobre o tempo de trânsito intestinal, a umidade nas excretas e a digestibilidade da ração muda com a fase do crescimento do frango e que o tempo de trânsito e a viscosidade intestinal influenciam de forma negativa a digestibilidade da ração na fase de crescimento do que na fase inicial do frango.

Referências

AMIRKOLAIE, A.K.; LENHOUWERSM, J.I.M; VERRETH, A.J.; ASCHRAMA ,J.W. Type of dietary fibre (soluble and insoluble) influences digestion, faeces characteristics and faecal waste production in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture Research**, v. 36, p. 1157-1166, 2005.

ANNISON, G.; CHOCT, M. The anti-nutritive activities of cereal non-starch polysaccharides in broiler diets and strategies minimising their effects. **World's Poultry Science Journal**, v.47, p.232-242, 1992.

BARROW, P.A.. Probiotics for chicken. In: Fuller, R. (Ed.), **Probiotics: The scientific basis**. Chapman and Hall, London, pp: 229-234, 1992

BENÍCIO, L.A.S. Restrição ao uso de aditivos (promotores de crescimento) em rações de aves – visão da indústria, São Paulo, SP, 1996. In: Conferência de Ciência e Tecnologia Avícolas – Apinco, 1996, São Paulo, SP. **Anais...** São Paulo: APINCO, p.17-26, 1996.

BRAUDO, E. E. Polyuronide interactions with polycordinate metal íons. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v.5, n.1/2, p. 75-85, May 1991.

CHOCT, M. Feed Non-Starch Polysaccharides: Chemical Structures and Nutritional Significance. *Feed Milling International*, June Issue, pp.13-26, 1997.

CONTE, A.J.; TEIXEIRA A.S.; FIALHO E.T.; SCHOULTEN N.A.; BERTECHINI A.G. Efeito da Fitase e Xilanase sobre o Desempenho e as Características Ósseas de Frangos de Corte Alimentados com Dietas Contendo Farelo de Arroz. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p.1147-1156, 2003.

DOESCHATE, R.A.H.M.; SCHEELE, C.W.; SCHREURS, V.V.A.M.; VANDER KLIS, J.D. Digestibility studies in broilers chickens: influence of genotype, age, sex and method of determination. **British Poultry Science**, v.34, p.131-146, 1993.

EDNEY, M.J.; CAMBELL, G.L.; CLASSEN, H.L. The effect of β -glucanase supplementation on nutrient digestibility and growth in broilers given diets containing barley, oats groats, or wheat. **Animal Feed Science and Technology**, v. 25, p. 193-200, 1989.

EDWARDS, C.A.; JOHNSON, L.L.; READ, N.W. Do viscous polysaccharides slow absorption by inhibiting diffusion or convection? **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 42, p.307-312, 1988.

FIETZ, V.R.; SALGADO, M.S. Efeito da pectina e da celulose nos níveis séricos de colesterol e triglicerídeos em ratos hiperlipidêmicos. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 19, n.3, p.3218-321, 1999.

HETLAND, H.; SVIHUS, B. Effect of oat hulls on performance, gut capacity and feed passage time in broiler chickens source. **British Poultry Science**, v.42, n.3, p.354-361, 2001.

HUANG, K. H.; RAVINDRAN, V.; LI, X.; BRYDEN, W. L.. Influence of age on the apparent ileal digestibility of feed ingredients for broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 46, p.: 236 – 245. 2005.

IDE, T.; HORRI, M.; KAWASHIMA, K.; YAMAMOTO, T. Bile acid conjugation and hepatic taurine concentration in rats fed on pectin. **British Journal of Nutrition**, v. 62, p.539-550, 1989.

IKEGAMI, S.; TSUCHIHASHI, F.; HARADA, H.; TSUCHIHASHI, T; NISHIDE, E.; INNAMI, S. Effect of viscous indigestible polysaccharides on pancreatic-biliary secretion and digestive organs in rats. **Journal of Nutrition**, v. 120, p. 353-360, 1990.

ISAKSSON, G.; LUNDQUIST, I.; IHSE, I. Effect of dietary fiber on pancreatic enzyme activity in vitro; the importance of viscosity, pH, ionic strength, adsorption, and time of incubation. **Gastroenterology**, v.82, p. 918-924, 1982.

LANGHOUT, D.J.; SCHUTTE, J.B.; VAN LEEUWEN, P.; WIEBENGA, J.; TAMMINGA, S. Effect of dietary high-and low-methylated citrus pectin on the activity of the ileal microflora and morphology of the small intestinal wall of broiler chicks. **British Poultry Science**, v.40, p.340-347, 1999.

LARBIER, M.; LECLERQ, B. **Nutrition and Feeding of Poultry**. Nottingham: Nottingham University, 1994. 350p.

LEENHOUWERS, J.I.; ORTEGA, R.C.; VERRETH, J.A.J.; SCHRAMA, J.W. Digesta characteristics in relation to nutrient digestibility and mineral absorption in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed cereal grains of increasing viscosity. **Aquaculture**, v. 27, p. 556-565, 2007.

MATTERSON, L.D.; POTTER, L.M.; STUTZ, M.W. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. **Agricultural Experimental Station Research Report**, v.7, p.3-11, 1965.

NIR, I. Mecanismos de digestão e absorção de nutrientes durante a primeira semana. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas: Simpósio Internacional sobre Manejo de Pintos de Corte. **Anais...**, Campinas, 1998; p. 121-139, 1998

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.

SANTOS JÚNIOR, J.C.M. Laxantes e Purgativos: O Paciente e a Constipação Intestinal. **Revista Brasileira de Coloproctologia**, v.23, n.2, p.130-140, 2003.

SAS Institute, SAS (Statistical Analysis System). Users guide. SAS institute Inc., Cary, NC. 2002.

SHAKOURI, M.D.; KERMANSHAHI, H.; MOHSENZADEH; M. Effect of different non starch polysaccharides in semi purified diets on performance and intestinal microflora of young broiler chickens **International Journal of Poultry Science**, v. 5, n.6, p. 557-561, 2006.

SHIRES, A.; THOMPSON, J. R.; TURNER, B. V.; KENNEDY, P. M.; GOH, Y.K. Rate of passage of corn-canola and cornsoybean meal diets through the gastrointestinal tract of broiler and White Leghorn chickens. **Poultry Science**, v.66, p.289–298, 1987.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos**: métodos químicos e biológicos. 3^a ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.

TROMBETA, G.; DI BONA, C.; GRAZI, E. The transition of polymers into a network of polymers alters per se the water activity. **International Journal of Biological Macromolecules**.v. 35, n. 1-2, p. 15-18, mar. 2005.

VAHOUNY, G.V.; TOMBES, R.; CASSIDY, M.M.; KRITCHEVSKY, D.; GALLO, L.L. Dietary fibres: V. binding of bile salts, phospholipids and cholesterol from mixed micelles by bile acid sequestrants and dietary fibres. **Lipids** v. 15, p.1012.-1018, 1980.

VAN DER KLIS, J. D.; VERSTEGEN, M. W.; VAN VOORST, A.. Effect of a soluble polysaccharide (carboxy methyl cellulose) on the absorption of minerals from the gastrointestinal tract of broilers. **British Poultry Science**, v. 34, p. 985–997, 1993.

WANGER, D.D.; THOMAS, O.P. Influence of diets containing rye or pectin on the intestinal flora of chicks. **Poultry Science**, v. 57, p.971-975, 1978.

CAPÍTULO 3 - INFLUÊNCIA DA PECTINA NA RAÇÃO SOBRE O DESEMPENHO E RENDIMENTO DE CARCAÇA DE FRANGOS DE CORTE

RESUMO: O presente estudo avaliou o efeito da ingestão de pectina sobre o desempenho semanal e nos períodos de 1 a 35 e 1 a 42 dias, rendimento de carcaça e cortes aos 35 dias e aos 42 dias, e o consumo de água diário e sua relação com o consumo de ração na terceira e sexta semanas de vida, em frangos de corte. Foram utilizados 720 pintos machos Cobb®, com um dia de idade, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcela subdividida, sendo quatro níveis de pectina na ração (0, 1, 3 e 5%) e seis idades (1ª, 2ª, 3ª, 4ª, 5ª e 6ª semana), com seis repetições por tratamento, sendo os parâmetros avaliados semanalmente e nos períodos de 1-35 dias e 1- 42 dias de idade. A viabilidade criatória não foi influenciada pelos níveis de pectina na ração. A ingestão de pectina interferiu no crescimento e desenvolvimento semanal das aves. Tanto aos 35 quanto aos 42 dias, o peso vivo (PV), o consumo de ração (CR) e o ganho de peso (GP) diminuíram e a conversão alimentar (CA) aumentou com a ingestão de pectina. Não houve efeito da pectina sobre o CR e o consumo de água (Cag) na terceira semana. Na sexta semana o Cag e a relação consumo de água: consumo de ração aumentaram com a ingestão de pectina. Aos 35 dias o PV, o peso da carcaça (PC), peso do peito (PP), rendimento de peito (RP) e peso da coxa +sobrecosta (PC+S) diminuíram com o aumento da ingestão da fibra. Já o rendimento de carcaça (RC) e o rendimento de coxa+sobrecosta (RC+S) diminuíram com o aumento no consumo da pectina. Aos 42 dias, o RC+S não foi influenciado, mas os demais parâmetros diminuíram com o aumento na ingestão de pectina. Os dados mostram que a ingestão contínua de até 1% de pectina na ração mantém o desempenho máximo das aves e que o consumo acima desse nível, prejudica os parâmetros zootécnicos e aumenta o consumo de água na fase de maior crescimento.

Palavras-chave: aditivo, consumo de água, fibra solúvel, parâmetros zootécnicos

CHAPTER 3 - THE INFLUENCE OF PECTIN ON DIETS OVER PERFORMANCE AND CARCASS YIELD OF BROILERS

SUMMARY: This study evaluated the effect of pectin intake on weekly performance and during periods of 1 to 35 and 1 to 42 days, daily water consumption and its relation to feed intake in the third and sixth weeks of life in broilers. We used 720 male Cobb® chicks, with one day of age, distributed in a completely randomized design with four levels of pectin in the diet (0, 1, 3 and 5%) with six replicates per treatment, and the parameters were evaluated weekly and during periods 1 to 35 days and 1 to 42 days old. The viability was not influenced by levels of pectin in the diet, the intake of pectin did not interfere the growth and development of poultry weekly. At 35 and 42 days, body weight (BW), feed intake (FI) and weight gain (WG) decreased and feed conversion (FC) increased with pectin intake. No effect of pectin on the FI and water consumption (WC) in the third week. In the sixth week, the WC and ratio of WC and feed intake were increased with the intake of pectin. At 35 days carcass weight (BW), breast weight, breast yield and thigh+drumstick weight, carcass yield and thigh+drumstick yield decreased with increased consumption of pectin. At 42 days, the thigh+drumstick yield was not affected, but other parameters decreased with increased pectin intake. The data show that the continuous intake of up to 1% pectin in the diet keeps the performance of the birds and the consumption above that level, affect the performance parameters and increases the consumption of water in the phase of higher growth.

Keywords: additive, performance parameters, soluble fiber, water consumption

Introdução

Atualmente a avicultura brasileira procura cada vez mais utilizar-se de manejo adequado para atingir a expressão máxima do potencial produtivo das linhagens de corte, possibilitada por seus desenvolvimentos genéticos. Isso envolve necessariamente o desenvolvimento e aprimoramento do manejo nutricional, da sanidade e do bem-estar animal. Do ponto de vista nutricional, o bom desempenho das aves dependem da ingestão adequada de energia e de compostos como a água, sais minerais, lipídios, carboidratos, vitaminas e proteínas pelo organismo (BOARO, 2009).

Nos últimos anos, tem aumentado o interesse pela utilização de novas fontes alimentares para o balanceamento de rações que atendam as exigências para maximizar o desempenho. Esse interesse surgiu na última década com a introdução do conceito "alimento funcional", definido como o alimento que contém substâncias com atividade biológica que podem estar envolvidas na prevenção e tratamento de doenças. Nesse contexto, pesquisas têm analisado, entre outras coisas, a utilização de fibras solúveis na alimentação de animais, que podem trazer benefícios para o metabolismo gastrointestinal (FLICKINGER et al., 2003). Fibras solúveis, como a pectina, são hábeis, por exemplo, para alterar o metabolismo lipídico (DELZENNE et al., 2002; CARR et al., 2003; TAKAHASHI & SAKATA, 2005), o funcionamento cecal (JUŚKIEWICZ et al., 2006), a microbiota intestinal e a resposta inflamatória intestinal (TEIRLYNCK et al., 2009; SAKI et al., 2010) e prevenir a formação de lesões intestinais (SATO et al., 2010). Os efeitos da ingestão de fibra solúvel têm sido relacionados com a alteração da viscosidade intestinal que ocorre com sua ingestão, e que resulta de sua propriedade de absorver água e geleificar (SMITS & ANNISON, 1996; FIETZ & SALGADO, 1999; ROSA & UTPATEL, 2007).

Para maximização da expressão do potencial de crescimento animal, o desejável é que os benefícios promovidos pelo uso de fibras solúveis na dieta venham acompanhados da manutenção e/ou melhora do desempenho atual das linhagens utilizadas. Poucos dados são encontrados na literatura mostrando a influência da fibra solúvel sobre o desenvolvimento de frangos de corte. Assim, o objetivo desse estudo foi

avaliar os efeitos da fibra solúvel, pectina, sobre o desenvolvimento, o desempenho, o rendimento de carcaça e cortes nobres e a ingestão de água de frangos de corte.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no aviário experimental, da FCAV, UNESP, Campus Jaboticabal, no período de novembro a dezembro de 2008 e foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (protocolo número 21.122/10).

Setecentos e vinte pintos machos (Cobb[®]), com um dia de idade, obtidos de incubatório comercial, foram pesados individualmente e divididos em quatro tratamentos (0, 1, 3 e 5% de pectina na ração), sendo 180 aves por tratamento. As aves foram distribuídas homogeneamente pelo peso médio corporal ($45 \pm 0,02\text{g}$) em boxes (2,50 x 1,50m) em galpão de alvenaria, sendo seis boxes por tratamento (30 aves/box). Os boxes foram forrados com casca de arroz e equipados com bebedouros de alumínio tipo copo de pressão, comedouro tubular infantil e fonte de aquecimento constituída de lâmpadas incandescentes de 200 watts. Após o sétimo dia de idade, foram utilizados bebedouros pendulares e comedouros tubulares com capacidade de 25 kg. A partir do 14º dia de idade, as aves foram submetidas ao regime de luz diário de 23h e 1 h de escuro. As rações foram à base de milho e farelo de soja (Tabela 1), reajustadas, de acordo com as recomendações de ROSTAGNO et al. (2005), para as fases inicial (1 a 21 dias) e de crescimento (22 a 42 dias) dos frangos. As aves receberam água e ração à vontade durante todo o período experimental.

As aves foram vacinadas contra doença de Marek e Bouda Aviária ainda no incubatório. No oitavo dia de idade, as aves foram vacinadas contra as doenças de Gumboro (cepa intermediária Lukert) e Newcastle (estirpe La Sota) e aos 18 dias contra a doença de Gumboro (cepa forte Austrália V-877). As vacinações foram via água nas duas idades.

Tabela 1 – Composição percentual e nutricional calculada das rações, segundo as fases de criação

Ingredientes	Inicial				Crescimento			
	0%	1%	3%	5%	0%	1%	3%	5%
Milho	47,50	47,50	47,50	47,50	52,50	52,50	52,50	52,50
Farelo de soja	36,92	36,92	36,92	36,92	30,95	30,95	30,95	30,95
Óleo soja	5,75	5,75	5,75	5,75	7,40	7,40	7,40	7,40
Fosfato bicálcico	1,90	1,90	1,90	1,90	1,64	1,64	1,64	1,64
Calcário	0,82	0,82	0,82	0,82	0,75	0,75	0,75	0,75
Sal	0,47	0,47	0,47	0,47	0,43	0,43	0,43	0,43
L-Lisina HCL (78%)	0,61	0,61	0,61	0,61	0,30	0,30	0,30	0,30
DL-Metionina (99%)	0,34	0,34	0,34	0,34	0,40	0,40	0,40	0,40
L-Treonina	0,14	0,14	0,14	0,14	0,08	0,08	0,08	0,08
BHT	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Sup. Vit. e Min.	0,50 ¹	0,50 ¹	0,50 ¹	0,50 ¹	0,50 ²	0,50 ²	0,50 ²	0,50 ²
Inerte ³	5,00	4,00	2,00	0,00	5,00	4,00	2,00	0,00
Pectina*	0,00	1,00	3,00	5,00	0,00	1,00	3,00	5,00
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada								
EM (kcal/kg)	3.000	3.000	3.000	3.000	3.175	3.175	3.175	3.175
PB (%)	21,62	21,62	21,62	21,62	19,02	19,02	19,02	19,02
Ca (%)	0,92	0,92	0,921	0,92	0,81	0,81	0,81	0,81
Pd (%)	0,46	0,46	0,46	0,46	0,40	0,40	0,40	0,40
Na (%)	0,22	0,22	0,22	0,22	0,20	0,20	0,20	0,20
Lis dig (%)	1,50	1,50	1,50	1,50	1,13	1,13	1,13	1,13
Met dig (%)	0,63	0,63	0,63	0,63	0,66	0,66	0,66	0,66
Lis+Met dig(%)	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
Thr dig (%)	0,83	0,83	0,83	0,83	0,70	0,70	0,70	0,70

¹ Suplemento mineral + vitamínico. Cada quilograma do produto contém: Se 54,6 mg, Cu 25.000 mg, pantotenato de Ca 1.900 mg, Mn 15.252 mg, I 260mg, Zn 18.250 mg, ácido nicotínico 6.930 mg, biotina 32 mg, colina 120 g, Vit A 1.400.000 UI, Vit B1 356 mg, Vit B12 2.000 mcg, Vit B2 1.920 mg, Vit B6 693 mg, Vit D3 600.000, Vit E 5.000mg, Vit K 196mg, antioxidante 100mg, anticoccidiano 25.000mg e promotor de crescimento (bacitracina de zinco) 10.000 mg

²Suplemento mineral + vitamínico. Cada quilograma do produto contém: Se 54,6 mg, Cu 25.000 mg, pantotenato de Ca 1.900 mg, niacina 69,30 mg, Mn 15.252 mg, I 260mg, Zn 18.250 mg, biotina 32 mg, DL-metionina 270 g, colina 120 g, Vit A 1.400.000 UI, Vit B1 356 mg, Vit B12 2.000 mcg, Vit B2 1.920 mg, Vit B6 693 mg, Vit D 600.000, Vit E 5.000 mg, Vit K 196,5 mg, antioxidante 100mg, coccidiostático 22.000mg e promotor de crescimento (bacitracina de zinco) 10.000 mg

³Inerte: caulin

* Pectina de alto grau de esterificação, alto grau de gelificação, alto teor de carboidratos solúveis (85%), não amidada, extraída de polpa cítrica (pectina GENU® tipo B rapid set-Z, CP Kelco, Limeira, Brasil)

A temperatura e a umidade relativa no interior do galpão foram registradas durante todo o período experimental, utilizando-se dois termohigrômetros digitais localizados em pontos equidistantes do galpão. As temperaturas foram mensuradas duas vezes ao dia, registrando-se os valores de máxima e mínima para temperatura e de Umidade Relativa, sendo as médias de 31,3°C, 29,3°C, 27,3°C, 26,4°C, 23,0°C, 23,0°C e de 40,8%, 50,0%, 58,0%, 54,9%, 53,0%, 51,8%, da primeira à sexta semana do experimento, respectivamente.

Os seguintes parâmetros zootécnicos foram avaliados: o desempenho (ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e viabilidade criatória), o rendimento de carcaça e de cortes, o consumo de água e a relação consumo de água por consumo de ração.

Desempenho

O ganho de peso (GP) das aves foi avaliado semanalmente e nos períodos de 1 a 35 e de 1 a 42 dias de idade, correspondendo à diferença entre o peso final e o peso inicial das aves em cada período estudado.

O consumo de ração (CR) foi avaliado semanalmente e nos períodos de 1 a 35 e 1 a 42 dias de idade, sendo obtido para cada box dividindo-se o peso da ração consumida pelo número de aves alojadas.

A conversão alimentar (CA) correspondeu à relação entre o ganho de peso e o consumo de ração, e foi avaliada semanalmente e nos períodos de 1 a 35 e 1 a 42 dias de idade.

A viabilidade criatória (VC) foi avaliada semanalmente e nos períodos de 1 a 35 e 1 a 42 dias de idade para cada repetição e obtida dividindo-se o número total de aves no final de cada período pelo número total de aves no início do período, multiplicado por 100.

Consumo de água

O consumo de água (Cag) foi avaliado nos períodos de 14 a 21 e de 35 a 42 dias de idade. Para isso, um galão com capacidade de cinco litros de água foi acoplado à

cada bebedouro. Os equipamentos de cada box (galão + mangueiras + bombas + bebedouro pendular) foram pesados inicialmente sem água e identificados. Após esse procedimento, os galões foram enchidos com água e todos os equipamentos foram pesados novamente, anotando-se individualmente seus pesos, para a obtenção do peso da água contida em cada um deles. Diariamente, nos 7 dias seguintes, os equipamentos contendo a água não ingerida foram pesados e, pela diferença de peso, calculou-se a quantidade de água ingerida em cada dia. Para controle da perda de água por evaporação, um equipamento, contendo água e previamente pesado, foi colocado no galpão e utilizado para o cálculo da perda evaporativa diária de água. Esse valor foi utilizado nos cálculos do consumo real de água. O consumo de água foi calculado como o consumo médio diário por ave, dividindo-se o consumo diário de água no box pelo número total de aves. A relação entre o consumo médio diário de água e de ração também foi avaliada para os dois períodos.

Rendimento de carcaça

O rendimento de carcaça e de cortes foi avaliado aos 35 e 42 dias de idade. Para isso, duas aves por box foram retiradas, identificadas e numeradas, submetidas a um jejum de oito horas, pesadas e, em seguida, submetidas aos procedimentos usuais de atordoamento, sangria, depenagem e evisceração. O rendimento de carcaça foi calculado em relação ao peso vivo no momento do abate e os rendimentos de peito e de coxa+sobrecoxa em relação ao peso da carcaça sem os pés, o pescoço e a cabeça, as vísceras e a gordura abdominal.

Análises estatísticas

Os dados foram verificados quanto à presença de *outliers* e testou-se as pressuposições de normalidade dos erros estudantizados (teste de Cramer-von-Misses) e de homogeneidade de variâncias (teste de Levene). Depois de constatada a não violação dessas pressuposições, os dados foram submetidos à análise de variância e posterior análise de regressão (linear ou quadrática) por meio do procedimento GLM do programa SAS[®] (SAS Institute, 2002), considerando-se $\alpha=0,05$.

Resultados

Desempenho semanal

Os efeitos dos níveis de inclusão de pectina e da idade das aves (dada em semanas) sobre o ganho de peso (GP), o consumo de ração (CR), a conversão alimentar (CA) e a viabilidade criatória (VC) estão apresentados na Tabela 2. A variável VC foi influenciada apenas pela idade, porém a regressão não foi significativa ($P > 0,05$). Houve interação significativa entre níveis de pectina na ração e idade para GP, CR e CA ($P \leq 0,05$).

A Tabela 3 apresenta os desdobramentos da interação entre níveis de pectina e idade e a Tabela 4 mostra as equações de regressão obtidas para as três variáveis de desempenho.

Como mostrado na Tabela 3, o CR em função da semana de idade apresentou aumento linear significativa ($P \leq 0,05$) em todos os níveis de pectina utilizados. Além disso, ocorreu efeito significativo ($P \leq 0,05$) dos níveis de pectina sobre essa variável na 3ª, 4ª e 5ª semanas de idade. O CR em função dos níveis de pectina foi descrito por efeitos quadráticos na 3ª e 5ª semanas e por efeito linear na 4ª semana. Na 3ª semana, foi estimado que o maior CR ocorreu nas aves que ingeriram dietas com 2,185% de pectina e menor nas que ingeriam 5%. Na 4ª semana, o CR aumentou com o aumento no nível de pectina, sendo maior para as aves que receberam 5%. Na 5ª semana, estimou-se que o maior CR ocorreu nas aves que ingeriram 1,861% de pectina. A idade respondeu por mais de 72% da variabilidade no CR com até 1% de pectina e por mais de 97% na variabilidade no CR contendo 3% ou mais da fibra (Tabela 4). A variação no nível de pectina na ração explicou acima de 90% da variabilidade registrada no CR na 3ª, 4ª e 5ª semanas (Tabela 4).

O GP em função da idade em semanas também foi apresentado efeito linear significativo ($P \leq 0,05$) em todos os níveis de pectina, e aumentou com a idade (Tabela 3). Efeitos significativos ($P \leq 0,05$) dos níveis de pectina sobre o GP foram registrados na 3ª, 4ª e 6ª semanas. O GP em função dos níveis de pectina seguiu efeito quadrático na 3ª e 6ª semanas e efeito linear na 4ª semana. Na 3ª semana, o maior GP foi estimado para as aves que ingeriram 0,95% de pectina. Na 4ª semana, o GP diminuiu com o

aumento de pectina na ração, sendo seu menor valor registrado para as aves que receberam ração com 5% de pectina. Na 6ª semana, o maior GP foi estimado com o consumo de 0,536% de pectina. Para $P \leq 0,07$, efeito dos níveis de pectina sobre o GP também seria considerado significativo na 5ª semana, sendo os maiores valores registrados para 1% de pectina e os menores para 5%. Como mostrado na Tabelas 4, a idade respondeu por mais de 89% da variabilidade no GP observado com a ingestão de ração contendo 0, 1, 3 e 5% de pectina, e o nível de pectina por praticamente 100% da variabilidade no GP observada da 3ª à 6ª semana de idade, respectivamente.

Para CA, foi registrado efeito linear significativo ($P \leq 0,05$) em função da idade para 0, 1 e 3% de pectina e efeito quadrático significativo ($P \leq 0,05$) para 5% (Tab. 3). No primeiro caso, a CA aumentou ao longo das semanas. No segundo caso, a CA aumentou até a 4ª semana e diminuiu da 4ª até a 6ª semana mantendo-se ainda com valores altos. Ainda para CA, houve influência significativa ($P \leq 0,05$) dos níveis de pectina apenas na 3ª semana de idade, na qual essa variável foi descrita em função da idade por efeito linear ($P \leq 0,05$), tendo aumentado ao longo das semanas de vida. A idade respondeu por 90 à 94% da variabilidade observada na CA das aves que receberam ração com 0 e 5% de pectina e por 70 à 75% da variabilidade apresentada nessa variável pelas aves alimentadas com ração contendo 1 e 3% da fibra (Tab. 4). Por sua vez, os níveis de pectina responderam por 99% da variabilidade da CA registrada na 3ª semana de idade (Tab. 4)

Tabela 2 – Efeito do nível de pectina (%) e da idade (semanas) sobre o ganho de peso (GP), o consumo de ração (CR), a conversão alimentar (CA) e a viabilidade criatória (VC) de frangos de corte.

	CR	GP	CA*	VC (%)
Pectina (%)				
0	763	454	1,53	98,87
1	692	460	1,44	99,69
3	745	410	1,70	99,59
5	678	285	2,19	99,06
Idade (Sem)				
1	134	139	0,99	99,58
2	301	204	1,52	99,85
3	553	312	1,82	99,42
4	1022	530	2,05	100,00
5	1121	602	2,02	98,01
6	1182	625	1,91	98,98
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,1273
I	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
P x I	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,6960
Regressão I	-	-	-	ns
CV (%)	9,73	8,14	4,63	1,20

*Dados comparados utilizando-se variável transformada ($y^{-0,054}$)

CV(%)= coeficiente de variação

ns=Regressão não significativa

Tabela 3 - Desdobramentos da interação entre níveis de pectina na ração e idade para ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de pectina.

Idade (Sem)	Pectina (%)				Linear	Quadrática
	0	1	3	5		
Consumo de ração						
1	134	136	142	124	0,5179	0,2298
2	297	328	318	259	0,3723	0,1098
3	557	594	596	467	0,0576	0,0426
4	950	962	1044	1135	0,0103	0,3220
5	1176	1196	1156	969	0,0877	0,0438
6	1462	1250	1212	1114	0,0985	0,5759
L	<0,0001	0,0425	0,0012	0,0091		
Q	0,4478	0,3808	0,3107	0,5008		
Ganho de peso						
1	145	159	130	123	0,1640	0,8336
2	223	229	224	139	0,1736	0,1311
3	358	358	316	215	0,0370	0,0076
4	605	608	519	387	0,0323	0,1793
5	717	722	636	333	0,0806	0,0683
6	674	680	633	515	0,0532	0,0154
L	0,0027	0,0028	0,0009	0,0046		
Q	0,4133	0,4721	0,5077	0,6257		
Conversão alimentar ¹						
1	0,94	0,87	1,12	1,02	0,3813	0,7047
2	1,33	1,43	1,42	1,89	0,1169	0,3762
3	1,55	1,66	1,89	2,18	0,0210	0,1450
4	1,57	1,70	1,90	2,93	0,0702	0,2257
5	1,65	1,69	1,82	2,86	0,1092	0,1810
6	2,15	1,83	1,92	2,30	0,5511	0,2005
L	0,0043	0,0316	0,0280	0,0129		
Q	0,9952	0,0709	0,0586	0,0233		

¹Dados comparados utilizando-se variável transformada= $y^{-0,054}$.

Tabela 4- Equações de regressão para ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) em função das semanas de desenvolvimento do frango para cada nível de pectina (0,1, 3 e 5%) e em função dos níveis de pectina para cada semana (3^a, 4^a, 5^a e 6^a).

Variáveis	Pectina (%)				
	0	1	3	5	
GP ¹	Equação	276,29x-204,33 (0,99)	244,06x-109,87 (0,97)	252,83x-229,73 (0,72)	221,37x-96,8 (0,85)
	R ²				
CR ¹	Equação	127,97+16,267 (0,92)	123,83x+25,933 (0,91)	112,97x+14,267 (0,95)	77,543x+13,933 (0,89)
	R ²				
CA	Equação	0,1966x+0,8487 (0,90)	0,1606x+0,9680 (0,74)	0,1489x+1,1573 (0,70)	-0,1534x ² +1,3612x-0,241 (0,94)
	R ²				
	Idade (semana)				
	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	
GP ¹	Equação	9,15x ² +13,82x+674,46 (0,99)	-45,271x+631,61 (0,99)	-	-7,27x ² +7,79x+357,82 (1)
	R ²				
CR ¹	Equação	41,5x ² +180,7x+413,23 (0,96)	63,7x+863,5 (0,92)	51,75x ² +192,65x+1030,8 (0,99)	-
	R ²				
CA	Equação	-0,1254x+1,5378 (0,99)	-	-	-
	R ²				

¹Valores expressos em gramas (g).

Desempenho de 1 a 35 dias e de 1 a 42 dias

Os resultados para o peso vivo (PV), o consumo de ração (CR), o ganho de peso (GP), a conversão alimentar (CA) e viabilidade criatória (VC) nos períodos de 1 a 35 e de 1 a 42 dias de idade estão apresentados na Tabela 5. Nos dois períodos analisados, todas essas variáveis, exceto a VC, foram influenciados significativamente ($P \leq 0,05$) pelos níveis de pectina na ração.

No período de 1 a 35 dias (Fig. 1), o PV, o CR e o GP foram descritos por efeito quadrático significativo ($P \leq 0,05$) em função dos níveis de pectina. Os maiores PV e GP foram obtidos com ingestão de pectina estimada em 0,728% (aproximadamente 2123g e 2078g, respectivamente), e os menores foram apresentados pelas aves que ingeriram 5% da pectina. A variação no nível de inclusão de pectina respondeu por mais de 97% da variabilidade dessas duas variáveis no período em questão. Os maiores CR foi estimado em 2,082% de pectina (em média 3264g) e o menor valor foi registrado para aves que consumiram 5% de pectina. Os níveis de pectina responderam apenas por 40% da variabilidade do CR no período. A CA em função dos níveis de pectina também foi descrita por efeito quadrático (Fig. 1D), seus piores valores foram obtidos para as aves que receberam ração com 5% de pectina e o melhor foi estimado para o consumo de 0,348% de pectina. Mais que 95% de sua variabilidade foi explicada pelos níveis de pectina.

De 1 a 42 dias de idade (Fig. 2), o PV e o GP tiveram efeito quadrático significativo ($P \leq 0,05$) em função dos níveis de pectina. Seus maiores valores foram obtidos em torno de 1% de pectina (2804 e 2759 g, respectivamente), sendo estimado que a ingestão de 0,849% de pectina proporciona maior PV, e seus menores valores foram observados para aves que ingeriram 5% da fibras na ração. Cerca de 95% da variabilidade do PV e GP dos frangos no período foi explicada pela variação nos níveis de pectina. O CR diminuiu significativa ($P \leq 0,05$) e linearmente com o aumento nos níveis de pectina na ração, mas a variação nos níveis dessa fibra justificaram menos que 40% de sua variabilidade no período. A CA em foi descrita em função dos níveis por efeito quadrático significativo ($P \leq 0,05$) e, diferentemente do observado no período para as demais variáveis, seu pior valor foi registrado com a ingestão de 1,096% de

pectina na ração. Mais de 93% da variabilidade na CA no período foi explicada pela variação nos níveis de pectina.

Tabela 5 - Valores médios para peso vivo (PV), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA) e viabilidade criatória (VC) de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de pectina nos períodos de 1 a 35 dias e de 1 a 42 dias de idade.

Pectina (%)	PV (g)	GP (g)	CR (g)	CA	VC (%)
1 à 35 dias					
0	2094	2049	3114	1,52	96,30
1	2123	2078	3272	1,57	99,38
3	1872	1827	3257	1,78	98,15
5	1242	1197	2955	2,47	96,91
P	<0,0001	<0,0001	0,0203	<0,0001	0,3799
CV(%)	3,45	3,54	5,67	4,47	3,30
1 à 42 dias					
0	2737	2691	4577	1,70	92,36
1	2804	2759	4521	1,64	99,31
3	2506	2461	4468	1,81	97,32
5	1784	1752	4068	2,33	96,53
P	<0,0001	<0,0001	0,0018	<0,0001	0,0646
CV(%)	4,18	4,26	4,77	4,36	4,53

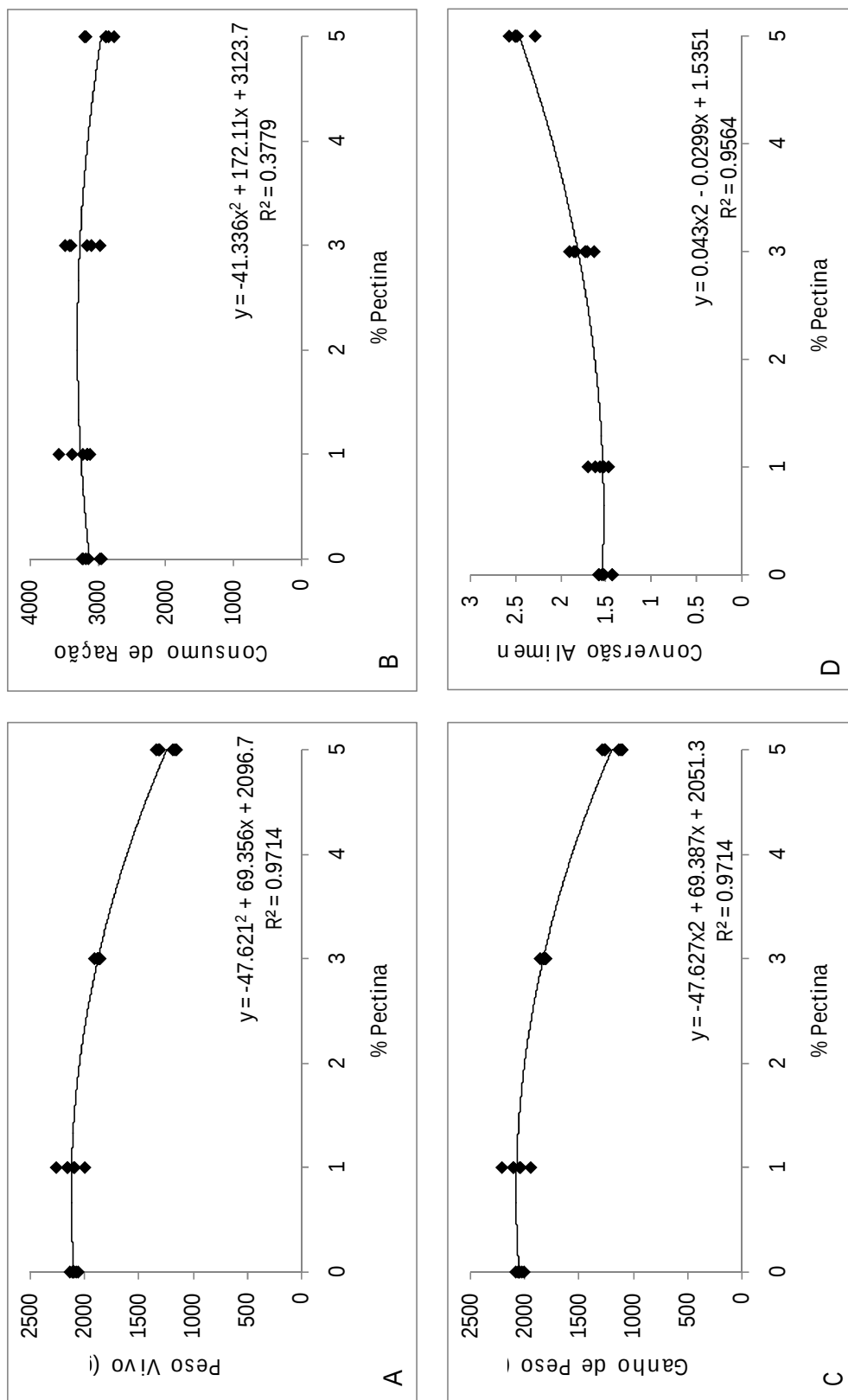


Figura 1 – Regressão para: (A) peso vivo (g), (B) consumo de ração (g), (C) ganho de peso (g) e (D) conversão alimentar, em função dos níveis de pectina, em frangos de corte, obtidos no período de 1 a 35 dias de idade.

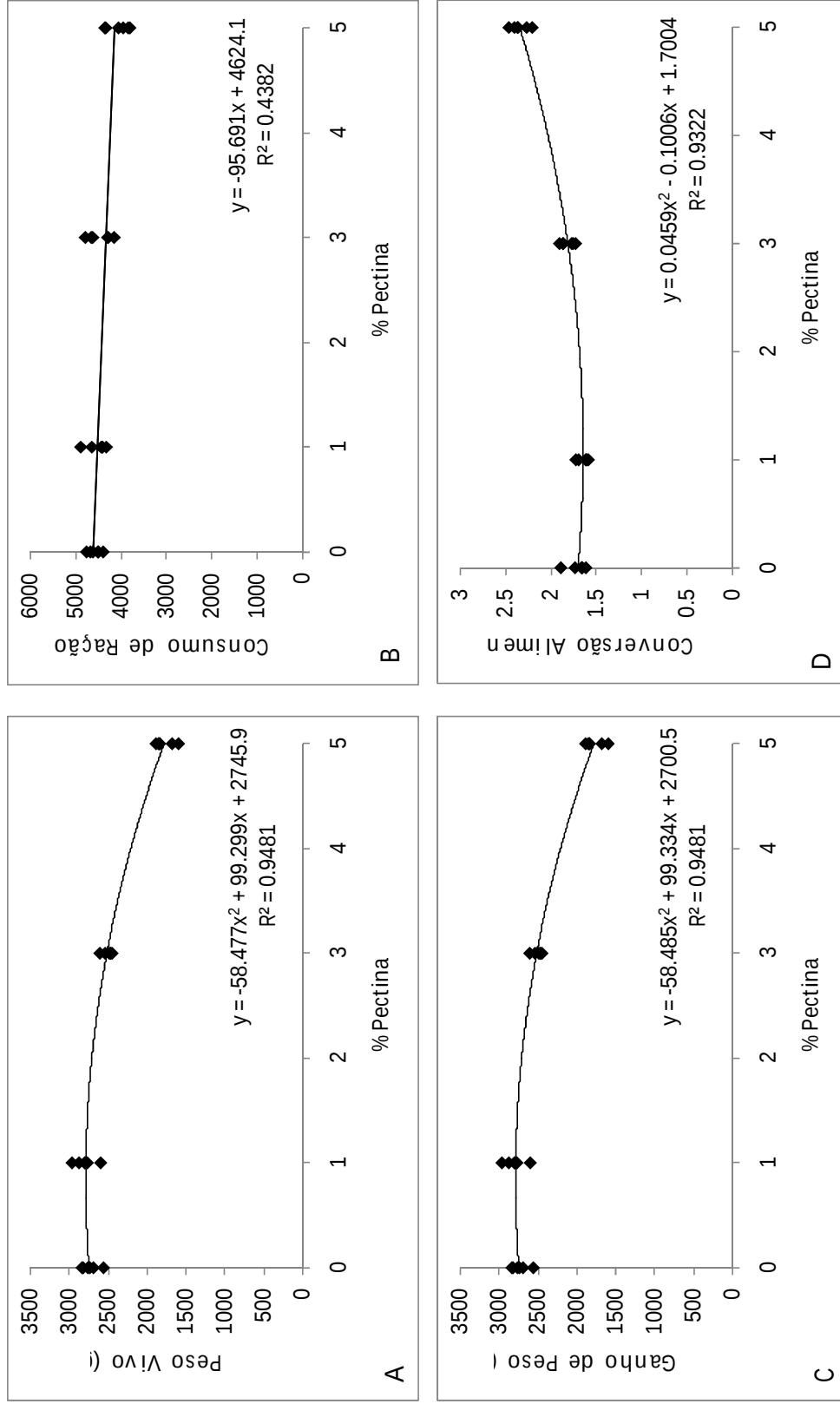


Figura 2 – Regressão para: (A) peso vivo (g), (B) consumo de ração (g), (C) ganho de peso (g) e (D) conversão alimentar, em função dos níveis de pectina, em frangos de corte, obtidos no período de 1 a 42 dias.

Consumo de água

De acordo com a Tabela 6 e Figura 3, não houve efeito significativo dos níveis de pectina sobre o consumo de água (CAG) na terceira semana (14-21 dias). Contudo, na sexta semana, a CAG aumentou de forma linear significativa ($P \leq 0,05$) em função dos níveis de pectina ingeridos. A relação consumo de água por consumo de ração (CAG:CR) na 3ª semana foi descrita por efeito quadrático em função dos níveis de pectina. A menor CAG:CR foi estimada para um consumo de 0,157% de pectina e a maior para 5% (2,43 e 3,14, respectivamente). A relação CAG:CR na 6ª semana aumentou de forma linear significativa ($P \leq 0,05$) em função do aumento nos níveis da fibra na ração. Como mostrado na Fig. 3, a variação nos níveis de pectina respondeu por cerca de 30% da variabilidade no CAG e por cerca de 69% da variabilidade na relação CAG:CR na 3ª e 6ª semanas de vida dos frangos.

Tabela 6 – Consumo médio diário de água por ave (CAG) e relação consumo médio diário de água por consumo de ração (CAG:CR) na terceira e sexta semana de idade de frangos de corte que receberam ração com diferentes níveis de pectina

Pectina (%)	Consumo de água (mL/d)		Relação CAG:CR (mL/g)	
	14 a 21	35 a 42	14 a 21	35 a 42
0	207,87	494,09	2,48	2,35
1	204,75	571,03	2,42	3,19
3	207,40	566,66	2,45	3,27
5	208,46	605,49	3,14	3,80
P	0,9160	0,0107	<0,0001	<0,0001
CV (%)	4,71	9,30	8,40	7,78

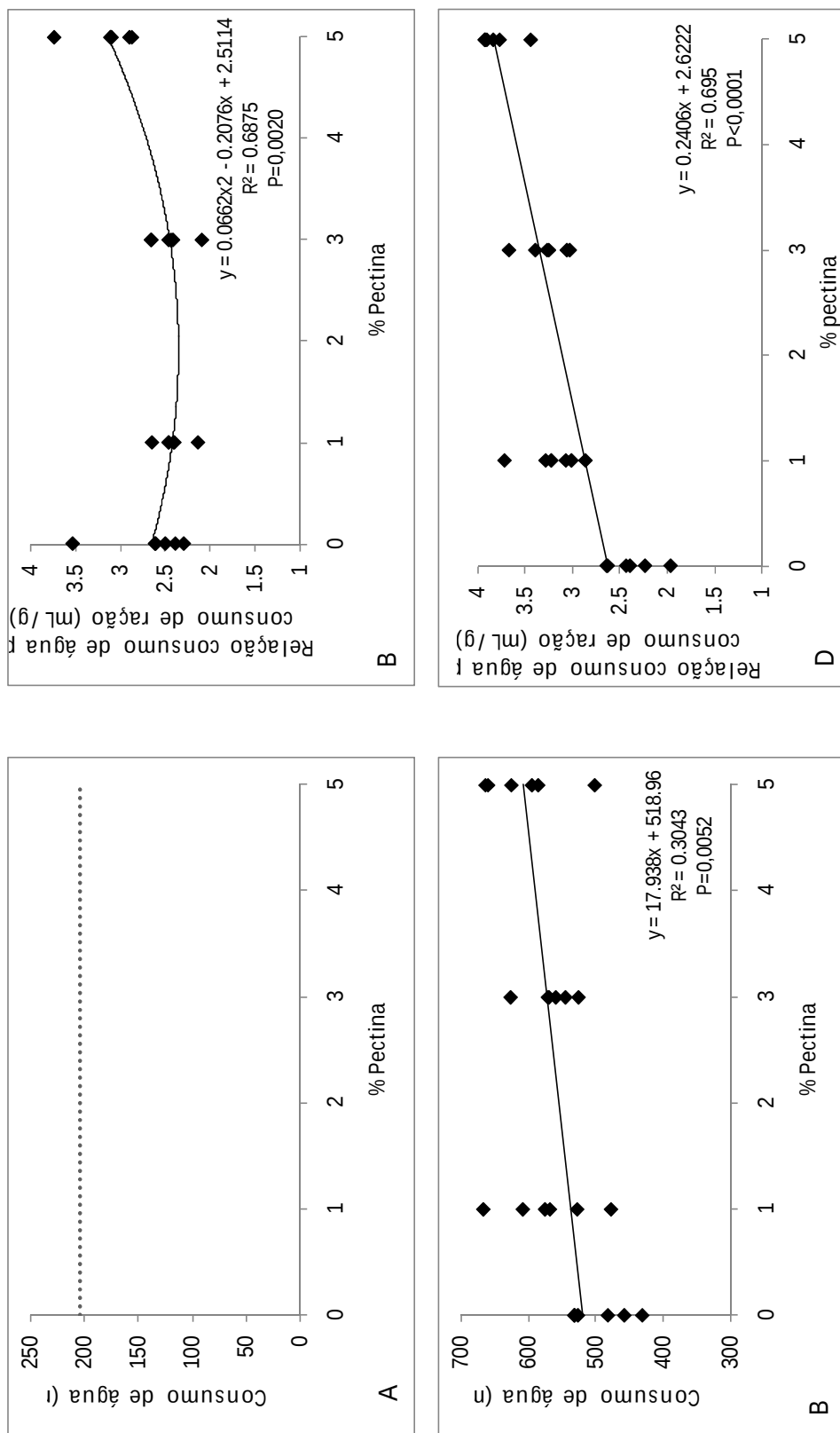


Figura 3 – Regressão para consumo médio diário de água (mL) por ave, em função dos níveis de pectina na ração, para frangos de corte, na terceira (A) e sexta (C) semana. Regressão para relação entre consumo médio diário de água por consumo de ração (mL/g), em função dos níveis de pectina na ração, para frangos de corte, na terceira semana (B) e sexta semana (D).

Rendimento de carcaça

Os dados sobre os efeitos da inclusão de diferentes níveis de pectina na ração sobre o peso de carcaça (PC), rendimento de carcaça (RC), peso de peito (PP), rendimento de peito (RP), peso de coxa+sobrecoxa (PC+S) e rendimento de coxa+sobrecoxa (RC+S) de frangos de corte aos 35 e 42 dias de idade são apresentados na Tabela 7 e Figuras 4 e 5.

Aos 35 dias de idade, todas as variáveis estudadas foram influenciadas ($P \leq 0,05$) pelos níveis de pectina ingeridos pelas aves (Tab. 8). Como mostrado na Figura 4, o PV, o PC, o PP, o RP e o PC+S apresentaram efeito quadrático em função dos níveis de pectina, enquanto que o RC e o RC+S foram descritos por efeito linear decrescente. Para as três variáveis de peso, os maiores valores foram obtidos com níveis abaixo de 1% de pectina e os menores para 5%, sendo estimado os níveis de 0,315, 0,502 e 0,578% de pectina para promover o valor máximo dessas variáveis.. Para RP, os maiores valores ocorreram entre 1 e 3% de pectina e os menores para 5%. O RC e o RC+S diminuíram com o aumento dos níveis de pectina, sendo seus menores valores apresentados por aves que ingeriram ração contendo 5% de fibra. A variação nos níveis de pectina responderam por mais de 81% da variabilidade no PC, PP, PC+S e RC aos 35 dias de idade.

Aos 42 dias de idade, apenas o RC+S não foi influenciado significativamente ($P > 0,05$) pelos níveis de pectina avaliados (Tab. 7). Todos os demais parâmetros estudados diminuíram em função dos níveis da fibra de forma linear significativa ($P \leq 0,05$) (Fig. 5), sendo seus menores valores registrados com 5% de pectina. A variação nos níveis da fibra na ração justificaram entre 73 e 76% da variabilidade nos PC, PP, PC+S e cerca de 62% e 53% da variabilidade no RC e RP, respectivamente, aos 42 dias de idade.

Tabela 7 - Valores médios para peso da carcaça (PC), rendimento de carcaça (RC), peso do peito (PP), rendimento de peito (RP), peso de coxa+sobrecoxa (PC+S) e rendimento de coxa+sobrecoxa (RC+S) de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de pectina aos 35 e 42 dias de idade.

Pectina %	PC (g)	RC (%)	PP (g)	RP (%)	PC+S (g)	RC+S (%)
35 d						
0	1476,13	73,35	501,96	24,94	419,21	20,84
1	1505,25	73,06	540,63	26,24	429,75	20,84
3	1216,72	70,35	429,50	24,93	342,83	19,84
5	852,79	67,55	289,79	22,95	246,88	19,53
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0025	<0,0001	0,0023
CV(%)	9,20	1,60	8,36	5,15	9,88	3,18
42 d						
0	2199,78	76,12	797,5	27,60	661,38	22,95
1	2065,42	75,49	718,33	26,74	599,54	22,35
3	1880,33	75,49	640,29	25,78	556,38	22,31
5	1426,35	72,56	467,88	23,60	428,71	21,95
P	<0,0001	0,0021	<0,0001	0,0011	<0,0001	0,3583
CV(%)	9,44	2,35	10,54	5,77	8,58	4,25

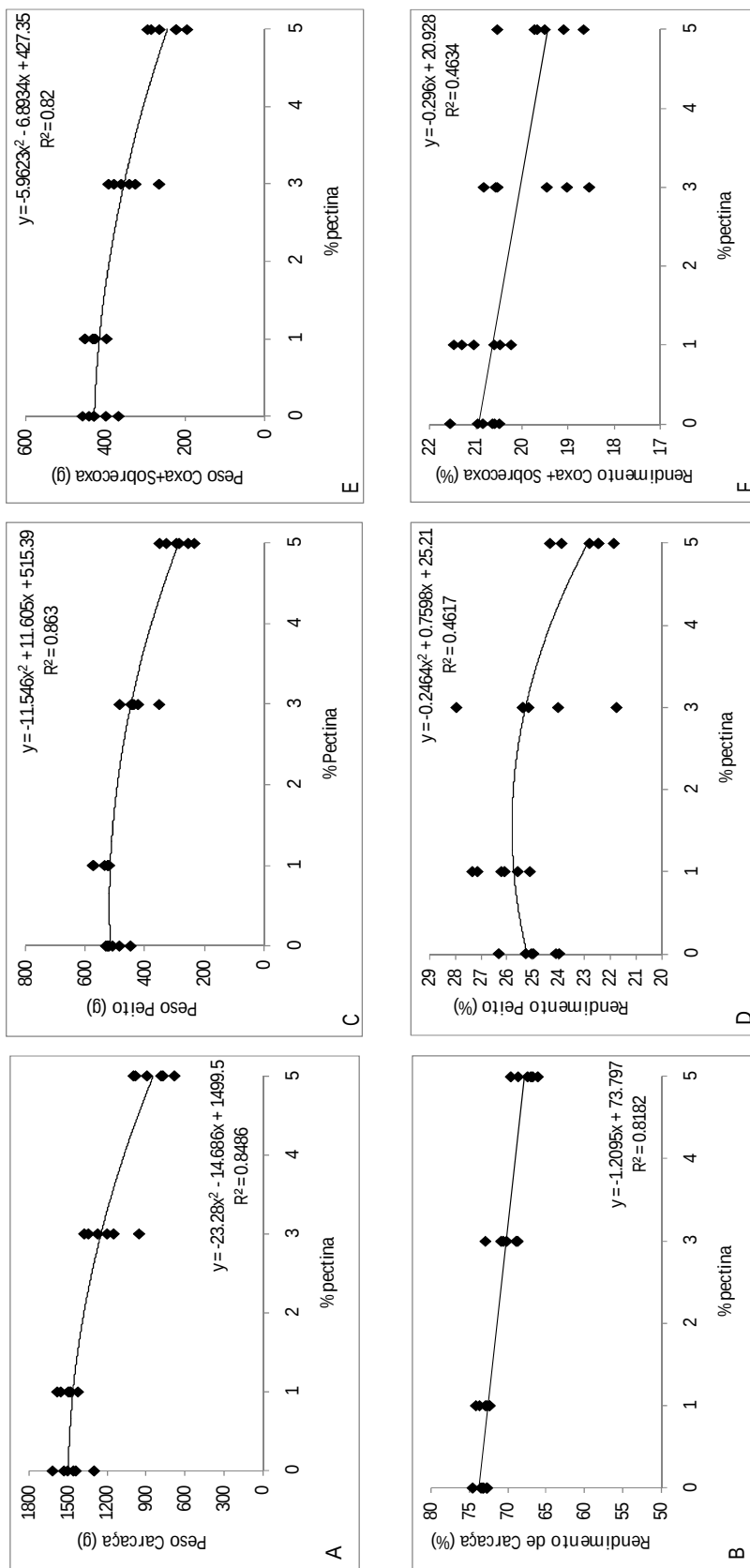


Figura 4 – Regressão para: (A) peso da carcaça, (B) rendimento de carcaça, (C) peso peito (g), (D) rendimento de peito (%), (E) peso coxa+sobrecoxa (g) e (F) rendimento coxa + sobrecoxa (%), em função dos níveis de pectina, para frangos de corte, obtidos aos 35 dias.

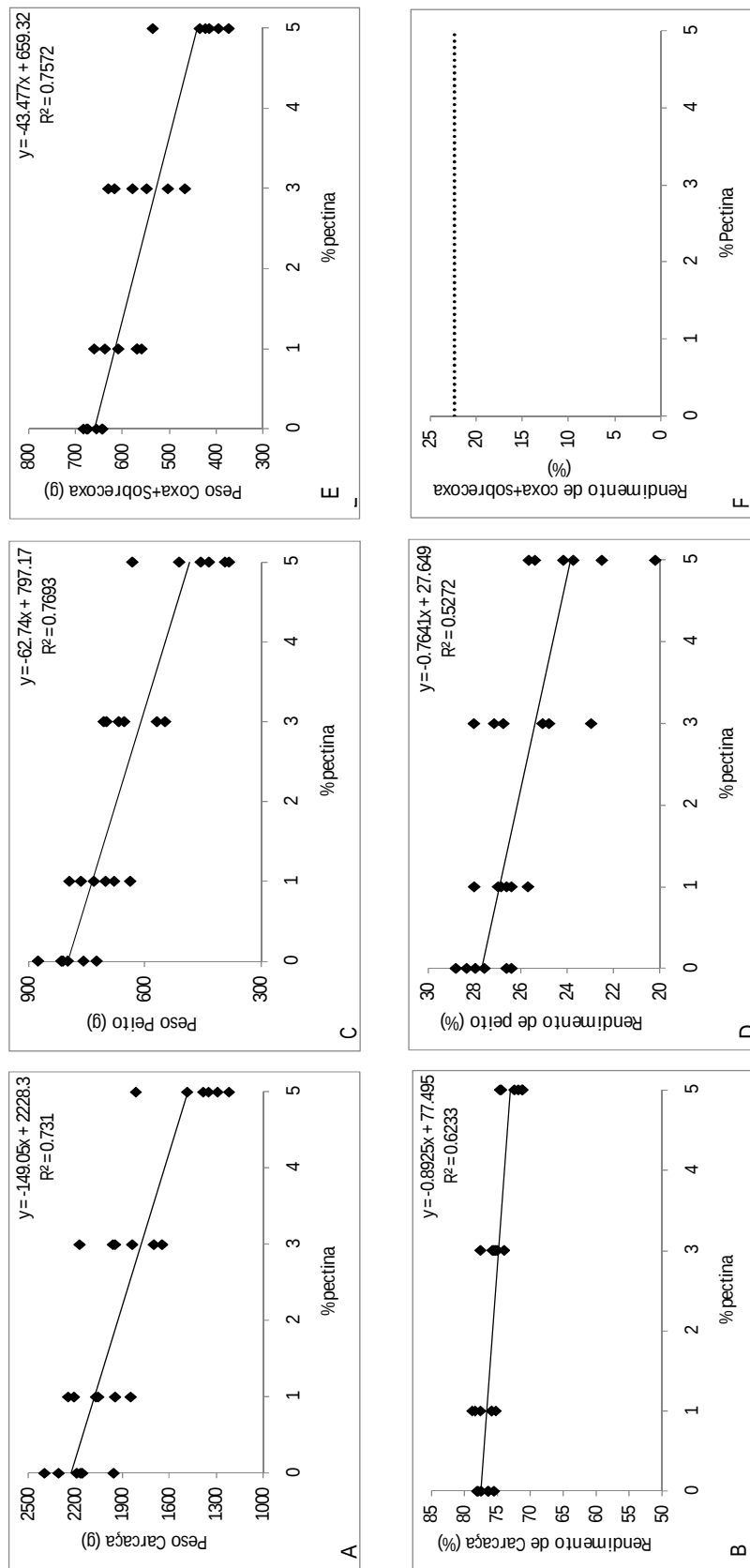


Figura 5 – Regressão para: (A) peso da carcaça, (B) rendimento de carcaça, (C) peso peito (g), (D) rendimento de peito (%), (E) peso coxa+sobrecoxa (g) e (F) rendimento coxa + sobrecoxa (%), em função dos níveis de pectina, para frangos de corte, obtidos aos 42 dias.

Discussão

Independentemente do nível de pectina ingerido, o consumo de ração, o ganho de peso e a conversão alimentar semanais aumentaram até a idade de abate. Isso indica que nenhum dos níveis de fibra utilizados inibiram o crescimento dos frangos e que esses apresentam piora na conversão alimentar com a idade. GONZÁLEZ-ALVARADO et al. (2010) também observaram piora na conversão alimentar nas aves controle ao longo do período estudado.

O nível de pectina na ração começou a influenciar o desempenho dos frangos a partir da 3ª semana de vida. O CR ora diminuiu (3ª e 5ª semanas) ora aumentou (4ª semana) com o aumento do nível de pectina. Apesar do registro de regressão significativa apenas na 3ª semana, os dados numéricos mostram piora na CA com o aumento do nível de pectina nas semanas seguintes. Essas alterações no CR e na CA respondem pelas diferenças de 150g e de 500g no GP observadas aos 35 e 42 dias, respectivamente, entre os frangos que não ingeriram (0%) e os que ingeriam 5% de pectina. Como esperado, o efeito negativo da ingestão de 5% de pectina sobre o CR e a CA ocorreu acentuadamente a partir da 4ª semana (28 dias de idade), período de maior GP dos frangos. Redução no consumo diário de ração com a inclusão de carboidratos solúveis na ração também foi observada em aves por RAZDAN & PETTERSSON (1994) e JIMÉNEZ-MORENO et al. (2010) e em suínos por ANGUITA et al. (2007). Carboidratos solúveis, principalmente os rico em pectina, retêm maior quantidade de água, gerando maior bolo alimentar (BACH KNUDSEN, 2001), o que promove dilatação no trato gastrointestinal (SERENA et al., 2007) e aumento da viscosidade da digesta, conforme observado no Capítulo 2, reduzindo o consumo de ração pelas aves. A piora na CA com o aumento no nível de pectina deve ser resultante da diminuição concomitante no CR, bem como da piora na digestibilidade dos nutrientes registrada com o aumento na adição da fibra na ração para a fase de crescimento dos frangos observados no Capítulo 2.

De acordo com os dados, nas duas idades analisadas, os maiores PV e GP total foram apresentados pelas aves que ingeriram 1% de pectina. Esses resultados

mostram efeito nível específico da pectina sobre o GP ou PV à idade de abate (35 e 42 dias), ou seja, que níveis baixos de pectina ($\leq 1\%$) podem ser utilizados com o objetivo de melhorar o desempenho dos frangos, mas que níveis acima de 1% o influenciam negativamente. Esses achados do presente estudo corroboram os de GONZALEZ-ALVARADO et al. (2007) e JIMENEZ-MORENO et al. (2009 e 2010), que verificaram melhora no ganho de peso nos frangos de corte com níveis baixos de diferentes fontes de fibra.

A VC não foi afetada pelos níveis de pectina utilizados no presente trabalho, indicando, dessa forma, que os níveis empregados não promoveram efeitos severos nos frangos a ponto de levá-los a óbito antes da idade de abate.

A ingestão de água na 3ª semana de idade não foi influenciada pela ingestão de pectina. Entretanto, na mesma semana, a relação CAg:CR aumentou com o aumento dos níveis da fibra, provavelmente em função da diminuição observada no CR. Na 6ª semana, diferentemente do observado na 3ª, a ingestão de água aumentou com os níveis de pectina. Isso deve ter ocorrido pelo CR dos frangos ter sido muito maior na 6ª semana do que na 3ª. Na 6ª semana, a relação CAg:CR também foi maior com o aumento dos níveis de pectina. O aumento dessa variável deve ter sido provocada pelo aumento no CAg e concomitante diminuição no CR registrados no presente estudo em função do aumento do nível de pectina na ração. A relação CAg:CR estabelecida no NRC (1994) para frangos corresponde a 2,5mL de água por grama de ração ingerida. Dessa forma, nossos dados mostram que, na fase inicial, as aves que receberam 5% ingeriram volume de água por grama de ração maior que o estabelecido, o que não foi observado para as demais aves cujo consumo hídrico ficou próximo ao valor de referência. Na fase de crescimento, todas as aves que receberam pectina tiveram ingestão maior de água por grama de ração que a estabelecida para frangos, exceção feita às aves controle. Polissacarídeos solúveis absorvem água e sofrem geleificação, sendo a viscosidade da solução gelatinosa dependente de fatores como o tamanho da molécula, ramificação ou não das moléculas, presença de cargas livres, das estruturas adjacentes e, claro, da concentração (SMITS & ANNISON, 1996). Em baixas concentrações, os polissacarídeos aumentam a viscosidade pela interação direta com

as moléculas da água. Em altas concentrações, os polissacarídeos interagem entre si formando uma rede (gel) (MORRIS & ROSS-MURPHY, 1981). De acordo com dados obtidos no Capítulo 2, o aumento na ingestão de pectina causou aumento na VI dos frangos tanto na fase inicial como na de crescimento. Dessa forma, a maior ingestão de água por grama de ração apresentada pelos frangos na fase de crescimento em função do aumento dos níveis de pectina (presente estudo) deve ter sido provocada pelo aumento na VI das aves.

De acordo com os resultados do presente estudo, o aumento no nível de pectina na ração diminuiu os pesos e rendimentos de carcaça e cortes dos frangos aos 35 e 42 dias. Segundo PHILIP et al. (1995) e CLASSEN (1996), a geleificação da fibra solúvel em contato com a água reduz o tempo de trânsito do alimento e funciona como barreira à ação hidrolítica das enzimas, o que dificulta o contato dessas com as moléculas de amido, protéicas e lipídicas do alimento e diminui o contato do bolo alimentar com as células absorptivas da membrana intestinal. Segundo o Capítulo 2, o aumento dos níveis de pectina na ração aumentou a VI dos frangos e reduziu o TT na fase de crescimento. Esses efeitos provocam redução na digestão e na absorção dos nutrientes da ração, o que deve ter piorado a conversão alimentar e, conseqüentemente, causado a redução no crescimento e no peso e rendimento de carcaça e cortes das aves alimentadas com o mais alto nível de pectina na ração observada neste experimento. O aumento da viscosidade da digesta e da excreção de fezes pegajosas causada pela adição polissacarídeos não amiláceos (PNA) na ração dos monogástricos (IJI, 1999) é considerado o principal efeito dos PNA sobre a produtividade (CLASSEN & BEDFORD, 1991; SMITS & ANNISON, 1996), uma vez que podem levar a alterações na estrutura e função da mucosa intestinal (JOHNSON & GEE, 1986; BRUNSGAARD & EGGUM, 1995).

Conclusão

A ingestão contínua de até 1% de pectina na ração mantém o desempenho máximo das aves e o consumo acima desse nível, prejudica os parâmetros zootécnicos e aumenta o consumo de água na fase de maior crescimento.

Referências

ANGUITA, M., GASA, J.; NOFRARIAS, M.; MARTIN-ORUE, S. M.; JPEREZ, F. Effect of coarse ground corn, sugar beet pulp and wheat bran on the voluntary intake and physicochemical characteristics of digesta of growing pigs. **Livestock Science**, v.107, p.182–191, 2007.

BACH KNUDSEN, K. E. The nutritional significance of “dietary fibre” analysis. **Animal Feed Science and Technology**, v .90, n. 1-3, p. 3-20, 2001.

BOARO, M. Morfofisiologia do trato intestinal. In: Conferência APINCO 2009. FACTA, Porto Alegre, 261-274, 2009.

BRUNSGAARD, G.; EGGUM, B. O. Caecal and colonic tissue structure and proliferation as influenced by adaptation period and indigestible polysaccharides. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.112, n.3-4, p.573-583, 1995.

CARR, T.P.; WOOD, K.J.; HASSEL, G.A.; BAHL, R.; GALLAHER, D.D.’ Raising intestinal contents viscosity leads to greater excretion of neutral steroids but not bile acids in hamsters and rats Raising intestinal contents viscosity leads to greater excretion of neutral steroids but not bile acids in hamsters and rats. **Nutrition Research**, n.1, v.23, p. 91-102, 2003.

CLASSEN, H.L. Cereal grain starch and exogenous enzymes in poultry diets. **Animal Feed Science Technology**, n.62, p.21-27, 1996.

CLASSEN, H.L.; BEDFORD, M.R. The use of enzymes to improve the nutritive value of poultry feeds. In: Haresign, W., Cole, D.J.A..Butterworth Heinmann (Ed.) **Recent Advantages in Animal Nutrition**. Nottingham, p.95-116, 1991.

DELZENNE, N. M.; DAUBIOUL, C.; NEYRINCK, A.; LASA, M.; TAPER, H. S. Inulin and oligofructose modulate lipid metabolism in animals: review of biochemical events and future prospects. **British Journal of Nutrition**, v. 2, n.87, p.255–259, 2002.

FIETZ, V.R.; SALGADO, M.S. Efeito da pectina e da celulose nos níveis séricos de colesterol e triglicerídeos em ratos hiperlipidêmicos. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 19, n.3, p.3218-321, 1999.

FLICKINGER, E.; VAN LOO, J.; FAHEY, G. Nutritional responses to the presence of inulin and oligofructose in the diets of domesticated animals: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 43, p.19–60, 2003.

GONZÁLEZ-ALVARADO, J.M.; JIMÉNEZ-MORENO, E.; GONZÁLEZ-SÁNCHEZ, D.; LÁZARO, R.; MATEOS, G.G. Effect of inclusion of oat hulls and sugar beet pulp in the diet on productive performance and digestive traits of broilers from 1 to 42 days of age. **Animal Feed Science and Technology** (2010), doi:10.1016/j.anifeedsci.2010.08.010.

GONZALEZ-ALVARADO, J.M.; JIMENEZ-MORENO, E.; LAZARO, R.; MATEOS, G.G. Effect of type of cereal, heat processing of the cereal and inclusion of fiber in the diet on productive performance and digestive traits of broilers. **Poultry Science**, v. 86, p. 1705–1715, 2007.

IJI, P.A. The impact of cereal non-starch polysaccharides on intestinal development and function in broiler chickens **Worlds Poultry Science Journal**, v. 55, 375-388, 1999.

JIMÉNEZ-MORENO, E.; GONZÁLEZ-ALVARADO, J. M.; LÁZARO, R.; MATEOS, G. G. Effects of type of cereal, heat processing of the cereal, and fiber inclusion in the diet on gizzard pH and nutrient utilization in broilers at different ages. **Poultry Science**, v. 88, p.1925-1933, 2009.

JIMENEZ-MORENO, J. M. GONZALEZ-ALVARADO, D. GONZALEZ-SANCHEZ, R. LAZARO, AND G. G. MATEOS. Effects of type and particle size of dietary fiber on growth performance and digestive traits of broilers from 1 to 21 days f age, **Poultry Science**, v.89, n.10, p. 2197 – 2212, 2010.

JOHNSON, I. T.; GEE, J. M. Gastrointestinal adaptation in response to soluble non-available polysaccharides in the rat. **British Journal of Nutrition**, v.55, n.3, p.497-505, 1986.

JUŚKIEWICZ, J.; JANKOWSKI, J.; ZDUŃCZYK, Z.; MIKULSKI, D. Performance and Gastrointestinal Tract Metabolism of Turkeys Fed Diets with Different Contents of Fructooligosaccharides. **Poultry Science**, v. 85, p.886-891, 2006

MORRIS, E.R.; ROSS-MURPHY, S.B. **The Techniques in Carbohydrate Metabolism**. (Northcoste, P.H. ed.) Amsterdam, p. 2001-246, 1981.

NRC (National Research Council). **Nutrient Requirements of Poultry**. 9th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.,1994.

PHILIP, J.S.; GILBERT, H.J.; SMITHARD, R.R. Growth, viscosity and beta-glucanase activity of intestinal fluid in broiler chickens feed on barley-based diets with or without exogenous beta-glucanase. **British Poultry Science**, v.36, p.599-605, 1995.

RAZDAN, A.; PETTERSSON, D. Effect of chitin and chitosan on nutrient digestibility and plasma lipid concentrations in broiler chickens. **British Journal of Nutrition**, v. 72, p. 277-288, 1994.

ROSA, A.P.; UTTPATEL, R. Uso de enzimas nas dietas para frangos. In: VIII Simpósio Brasil Sul de Avicultura, 2007, Chapecó, 21007. **Anais...** Chapecó, p. 102-115, 2007.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.

SAS Institute, SAS (Statistical Analysis System). Users guide. SAS institute Inc., Cary, NC. 2002.

SAKI, A.A.; MATIN, H.R.H.; TABATABAI, M.M.; ZAMANI, P.; HARSINI, R.N. Microflora population, intestinal condition and performance of broilers in response to various rates of pectin and cellulose in the diet. **Archiv fur Geflugelkunde**, v.74, n.3, p. 183-188, 2010.

SATOH, H.; HARA, T.; MURAKAWA, D.; MATSUURA, M.; TAKATA, K. Anti-inflammatory drug-induced damage to the small intestine in cats. **Digestive Disease and Science**, v. 55, p.1264-1271, 2010.

SERENA, A., HEDEMANN, M. S.; BACH KNUDSEN, K. E. Feeding high fiber diets changes luminal environment and morphology in the intestine of sows. **Livestock Science**, v. 109, p.115–117, 2007.

SMITS, C.H.M.; ANNISON G. Non-starch polysaccharides in broiler nutrition – towards a physiologically valid approach to their determination. **World's Poultry Science Journal**, v., 52, 203–221, 1996.

TAKAHASHI, T.; SAKATA T. Crystalline cellulose reduces plasma glucose concentrations and stimulates water absorption by increasing the digesta viscosity in rats. **The Journal of Nutrition**, v. 135, p.2405-2410, 2005.

TEIRLYNCK, E.; BJERRUM, L.; EECKHAUT, V.; HUYGHEBAERT, G.; PASMANS, F.; HAESBROUCK, F.; DEWULF, J.; DUCATELLE, R.; VAN IMMERSEEL, F. The cereal type in feed influences gut wall morphology and intestinal immune cell infiltration in broiler chickens, **British Journal of Nutrition**, v. 102, p. 1453–1461, 2009.

CAPÍTULO 4. EFEITO DA PECTINA SOBRE ALGUNS PARÂMETROS BIOQUÍMICOS SANGUÍNEOS EM FRANGOS DE CORTE

RESUMO: Este estudo analisou o efeito da ingestão de pectina sobre alguns parâmetros sanguíneos ligados ao metabolismo lipídico, em frangos de corte. Foram utilizados 720 pintos machos Cobb®, com um dia de idade, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 4, sendo quatro níveis de pectina na ração (0, 1, 3 e 5%) e quatro idades de coleta (14, 28, 35 e 42 dias), com seis repetições por tratamento. Aos 28 dias de idade, a concentração de colesterol total diminuiu em função dos níveis de pectina. Nas aves que receberam 3 e 5% de pectina, o concentração de colesterol diminuiu ao longo do período experimental. Houve um pico de glicemia aos 28 dias de idade. O HDL não foi influenciado pelos níveis de pectina em nenhuma idade, mas diminuiu com a idade nas aves que não ingeriram e nas aves que ingeriram 5% de pectina. O LDL não foi influenciado pelos níveis de pectina e pela idade. O VLDL foi influenciado pelos níveis de pectina aos 28 e 35 dias de idade, ocorrendo aumento e diminuição em sua concentração, respectivamente. Do ponto de vista temporal, não houve regressão significativa para esse parâmetro. A proteína total sofreu redução linear com o aumento dos níveis de pectina aos 42 dias. Não ocorreu efeito ao longo da idade para essa variável. O ácido úrico não foi influenciado pelos níveis de pectina e pela idade. A uréia sofreu redução linear com o aumento dos níveis de pectina aos 28 dias e foi influenciada pela idade nas aves que não ingeriram pectina e ingeriram 3% de pectina, de forma quadrática e linear, respectivamente. Conclui-se que a ingestão de pectina não alterou o perfil glicêmico, mas alterou o metabolismo lipídico, com redução na concentração do colesterol total ao longo do período experimental e redução da proteína total aos 42 dias de idade.

Palavras-chaves: aditivo, fibra solúvel, parâmetros bioquímicos, metabolismo

CHAPTER 4 - EFFECT OF PECTIN ON SOME BLOOD BIOCHEMICAL PARAMETERS IN BROILERS

SUMMARY: This study examined the effect of pectin intake on some blood parameters related to lipid metabolism in broilers. We used 720 male chicks from Cobb®, with one day of age, distributed in a completely randomized in a factorial 4 x 4, with four levels of pectin in the diet (0, 1, 3 and 5%) and four ages of collection (14 , 28, 35 and 42 days) with six replicates. After 28 days of age, total cholesterol concentration decreased as levels of pectin. In birds that received 3 and 5% pectin, cholesterol concentrations decreased throughout the experimental period. A glicemic peak was observed at 28 days old. HDL was not affected by levels of pectin in any age, but decreased with age in birds that not fed and the birds that ate 5% of pectin. LDL was not influenced by levels of pectin and by age. The VLDL was influenced by levels of pectin at 28 and 35 days old, there was an increase and decrease in its concentration, respectively. From the viewpoint of time, wasn't any significant regression for this parameter. The total protein was decreased linearly with increasing pectin for 42 days. No effects were over the age for this variable. Uric acid was not influenced by levels of pectin and by age. The urea was reduced linearly with increasing levels of pectin at 28 days and was influenced by age in birds with no pectin fed and by those who ingested 3% pectin, quadratic and linear respectively. It concludes that ingestion of pectin did not affect the glycemie, but alters lipid metabolism, with reduction in the concentration of total cholesterol during the trial period and reduction in the total protein at 42 days old.

Keywords: additive, biochemistry, metabolism, soluble fiber

Introdução

Recentemente o número de pesquisas utilizando fibras solúveis tem aumentado devido sua potencial eficácia na regulação da glicemia, colesterolemia, lipidemia e triglicemia, e na prevenção de certas enfermidades em humanos e outros animais (GONÇALVES et al., 2007), apesar de seu impacto algumas vezes negativo sobre o desempenho, por causa da menor digestibilidade da proteína e energia (BINDELLE et al., 2008; SAKI et al., 2010).

No que se refere especificamente à pectina, fibra solúvel presente na parede das células de muitas plantas, vários estudos vêm demonstrando seus efeitos benéficos à saúde animal. Seu efeito hipocolesterolêmico, hipoglicêmico e hipolipidêmico têm sido elucidado por GARCIA-DIEZ et al. (1996); KUMAR et al. (1997); GONZALEZ et al. (1998); VERGARA-JIMENEZ et al. (1998); FIETZ & SALGADO (1999); SANCHEZ et al. (2008) e EUFRÁSIO et al. (2009), que têm verificado redução no colesterol hepático e sérico, glicose e lipídio. PIEDADE & CANNIATTI-BRAZACA (2003) observaram aumento na concentração de colesterol HDL e diminuição na concentração do colesterol LDL. Esses e outros autores, como KIRTHCHEVSKY & STORY (1986) e MARTINS et al. (2005), também mostraram que os efeitos benéficos da pectina sobre a saúde animal dependem da origem da pectina. Isso deve estar relacionado com suas propriedades físico-químicas de absorver água e formar gel, de viscosidade e da estabilidade dessa última em pH 5-9. A viscosidade da solução gelatinosa dependente de fatores como o tamanho e ramificação ou não das moléculas, a presença de cargas livres, as estruturas adjacentes e, principalmente, a concentração (SMITS & ANNISON, 1996). Em baixas concentrações, os polissacarídeos aumentam a viscosidade pela interação direta com as moléculas da água. Em altas concentrações, os polissacarídeos interagem entre si formando uma rede (gel), MORRIS & ROSS-MURPHY, 1981.

Do ponto de vista da produção animal, o interesse pelo uso de fibras solúveis na dieta não diz respeito apenas à saúde do animal, mas também a geração de produtos com menor deposição de gordura. O presente trabalho avaliou os efeitos de diferentes

níveis de pectina na ração sobre parâmetros sanguíneos relacionados ao metabolismo lipídico e proteico de frangos de corte.

Material e Métodos

Aves e manejo experimental

O presente estudo foi realizado no Setor de Avicultura e no Departamento de Fisiologia e Morfologia, da FCAV, UNESP, Campus de Jaboticabal e foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (protocolo número 21.122/10).

Setecentos e vinte pintos machos (Cobb-500[®]), com um dia de idade, obtidos de incubatório comercial, foram pesados individualmente e divididos homogeneamente pelo peso corporal (peso médio $45 \pm 0,02\text{g}$) em quatro tratamentos (0, 1, 3 e 5% de pectina na ração), sendo 180 aves por tratamento. As aves foram distribuídas em boxes (2,50 x 1,50m) em galpão de alvenaria, seis boxes por tratamento contendo 30 aves cada, forrados com casca de arroz e equipados com bebedouros de alumínio tipo copo de pressão, comedouro tubular infantil e fonte de aquecimento constituída de uma lâmpada de 200 watts. Após o sétimo dia de idade, foram utilizados bebedouros pendulares e comedouros tubulares com capacidade de 25 kg.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema de parcela subdividida constituído na parcela pelos níveis de pectina (0, 1, 3 e 5%) e na subparcela pelas idades de avaliação (14, 28, 35 e 42 dias), com seis repetições de 30 aves por nível de pectina, totalizando as 720 aves.

As rações foram à base de milho e farelo de soja (Tabela 1), reajustadas para as fases de criação (1 a 21 dias) e de crescimento (22 a 42 dias de idade), atendendo as recomendações de ROSTAGNO et al. (2005). As aves receberam água e ração à vontade durante todo o período experimental.

As aves foram vacinadas no incubatório contra doença de Marek e Bouda Aviária. Aos oito dias de idade, elas foram vacinadas contra as doenças de Gumboro (cepa intermediária Lukert) e Newcastle (estirpe La Sota), e aos 18 dias contra a

doença de Gumboro (cepa forte Austrália V-877). As vacinações foram realizadas via ingestão de água nas duas idades.

Tabela 1 – Composição percentual e nutricional calculada das rações, segundo as fases de criação

ingredientes	Inicial				Crescimento			
	0%	1%	3%	5%	0%	1%	3%	5%
Milho	47,50	47,50	47,50	47,50	52,50	52,50	52,50	52,50
Farelo de soja	36,92	36,92	36,92	36,92	30,95	30,95	30,95	30,95
Óleo soja	5,75	5,75	5,75	5,75	7,40	7,40	7,40	7,40
Fosfato bicálcico	1,90	1,90	1,90	1,90	1,64	1,64	1,64	1,64
Calcário	0,82	0,82	0,82	0,82	0,75	0,75	0,75	0,75
Sal	0,47	0,47	0,47	0,47	0,43	0,43	0,43	0,43
L-Lisina HCL (78%)	0,61	0,61	0,61	0,61	0,30	0,30	0,30	0,30
DL-Metionina (99%)	0,34	0,34	0,34	0,34	0,40	0,40	0,40	0,40
L-Treonina	0,14	0,14	0,14	0,14	0,08	0,08	0,08	0,08
BHT	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Sup. Vit. e Min.	0,50 ¹	0,50 ¹	0,50 ¹	0,50 ¹	0,50 ²	0,50 ²	0,50 ²	0,50 ²
Inerte ³	5,00	4,00	2,00	0,00	5,00	4,00	2,00	0,00
Pectina*	0,00	1,00	3,00	5,00	0,00	1,00	3,00	5,00
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada								
EM (kcal/kg)	3.000	3.000	3.000	3.000	3.175	3.175	3.175	3.175
PB (%)	21,62	21,62	21,62	21,62	19,02	19,02	19,02	19,02
Ca (%)	0,92	0,92	0,921	0,92	0,81	0,81	0,81	0,81
Pd (%)	0,46	0,46	0,46	0,46	0,40	0,40	0,40	0,40
Na (%)	0,22	0,22	0,22	0,22	0,20	0,20	0,20	0,20
Lis dig (%)	1,50	1,50	1,50	1,50	1,13	1,13	1,13	1,13
Met dig (%)	0,63	0,63	0,63	0,63	0,66	0,66	0,66	0,66
Lis+Met dig(%)	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
Thr dig (%)	0,83	0,83	0,83	0,83	0,70	0,70	0,70	0,70

¹ Suplemento mineral + vitamínico. Cada quilograma do produto contém: Se 54,6 mg, Cu 25.000 mg, pantotenato de Ca 1.900 mg, Mn 15.252 mg, I 260mg, Zn 18.250 mg, ácido nicotínico 6.930 mg, biotina 32 mg, colina 120 g, Vit A 1.400.000 UI, Vit B1 356 mg, Vit B12 2.000 mcg, Vit B2 1.920 mg, Vit B6 693 mg, Vit D3 600.000, Vit E 5.000mg, Vit K 196mg, antioxidante 100mg, anticoccidiano 25.000mg e promotor de crescimento (bacitracina de zinco) 10.000 mg

²Suplemento mineral + vitamínico. Cada quilograma do produto contém: Se 54,6 mg, Cu 25.000 mg, pantotenato de Ca 1.900 mg, niacina 69,30 mg, Mn 15.252 mg, I 260mg, Zn 18.250 mg, biotina 32 mg, DL-metionina 270 g, colina 120 g, Vit A 1.400.000 UI, Vit B1 356 mg, Vit B12 2.000 mcg, Vit B2 1.920 mg, Vit B6 693 mg, Vit D 600.000, Vit E 5.000 mg, Vit K 196,5 mg, antioxidante 100mg, coccidiostático 22.000mg e promotor de crescimento (bacitracina de zinco) 10.000 mg

³Inerte: caulin

* Pectina de alto grau de esterificação, alto grau de gelificação, alto teor de carboidratos solúveis (85%), não amidada, extraída de polpa cítrica (pectina GENU® tipo B rapid set-Z, CP Kelco, Limeira, Brasil)

As temperaturas e as umidades relativas dos galpões foram registradas durante todo o período experimental por meio de termo higrômetro digital localizado no centro dos galpões. As temperaturas foram mensuradas duas vezes ao dia e registrados os valores de temperatura e umidade máxima e mínima, sendo que suas médias, da primeira à sexta semana do experimento, foram 31,3°C, 29,3°C, 27,3°C, 26,4°C, 23,0°C, 23,0°C e de 40,8%, 50,0%, 58,0%, 54,9%, 53,0%, 51,8%, respectivamente.

Parâmetros Analisados

Aos 14, 28, 35 e 42 dias de idade, seis aves/tratamento, uma por repetição, foram utilizadas para a avaliação das concentrações plasmáticas de glicose, colesterol total, triglicérides, lipoproteínas (HDL, LDL e VLDL), proteína total, ácido úrico e uréia. Para isso, duas amostras de sangue por ave, uma com e outra sem anticoagulante (Glistab[®]), foram coletadas por punção da veia jugular. O sangue foi centrifugado a 3500rpm por 10 min, sendo o soro e o plasma congelados a -70°C, para posterior determinação dos parâmetros bioquímicos.

As dosagens de glicose, triglicérides, colesterol total, colesterol HDL, ácido úrico e uréia foram efetuadas utilizando-se kits (cat. 84, cat.59, cat.60, cat.13, cat. 73 e cat. 27, respectivamente da LABTEST Diagnóstica S.A., Belo Horizonte, MG). As amostras foram preparadas e os cálculos realizados conforme especificações do fabricante, sendo realizadas duas leituras por ave. Os valores de LDL e HDL foram obtidos por meio da equação de FRIEDWALD et al. (1972): $LDL = \text{colesterol total} - (\text{HDL} + \text{VLDL})$ e $VLDL = \text{triglicérides}/5$.

Os dados foram verificados quanto à presença de *outliers* e testou-se as pressuposições de normalidade dos erros estudantizados (teste de Cramer-von-Misses) e de homogeneidade de variâncias (teste de Levene). Depois de constatada a não violação dessas pressuposições, os dados foram submetidos à análise de variância e posterior análise de regressão pelo procedimento GLM do programa SAS[®] (SAS Institute, 2002), considerando-se o nível de significância igual a 10%. Quando as pressuposições foram violadas, as análises foram realizadas nos valores transformados e foram apresentadas as médias dos valores não transformados.

Resultados

Houve interação significativa entre os níveis de pectina e a idade ($P \leq 0,10$) para todas as variáveis: colesterol total e as lipoproteínas HDL, LDL, VLDL, triglicérides, glicose, proteína total, ácido úrico, uréia (Tabela 2).

A Tabela 3 apresenta as médias obtidas para colesterol total e as lipoproteínas HDL, LDL, VLDL, triglicérides, glicose, proteína total, ácido úrico, uréia no desdobramento da interação entre níveis de pectina e idade, e suas respectivas probabilidades da análise de regressão. Para a concentração da glicose plasmática, foi registrado regressão quadrática significativa ($P \leq 0,10$) em função da idade, sendo seu valor máximo observado aos 28 dias para aves que não receberam pectina (Tabela 3, Figura 1A). Houve redução linear na concentração de colesterol total com a idade nas aves que ingeriram 3 % ($P \leq 0,05$) e 5% ($P \leq 0,10$) de pectina (Figura 1B), bem como redução linear com o aumento dos níveis de pectina aos 28 dias de idade ($P \leq 0,10$), (Figura 1C). As concentrações de HDL diminuíram linearmente com a idade nas aves que consumiram ração contendo 0 ($P \leq 0,10$) e 5% ($P \leq 0,06$), (Figura 2A). Não houve regressão significativa ($P > 0,05$) para as concentrações de LDL e de ácido úrico nas idades e tratamentos analisados. As concentrações de VLDL e de triglicérides foram influenciados pelos níveis de pectina aos 28 e 35 dias (Figura 2B e 2C), nos quais foi descrito efeito quadrático ($p \leq 0,05$) e linear ($P \leq 0,10$), respectivamente, para ambos os parâmetros. As concentrações de VLDL e triglicérides aumentaram em função dos níveis de pectina aos 28 dias, sendo estimado os níveis de 0,381 e 0,390% de pectina em que ocorre menor concentração de VLDL e triglicérides, respectivamente, e ocorreu redução nas suas concentrações aos 35 dias. A concentração de proteína total diminuiu de forma linear ($P \leq 0,08$) com o aumento do nível de pectina na ração aos 42 dias de idade (Figura 3A). A concentração de uréia em função da idade foi descrita por efeito quadrática ($P \leq 0,05$) nas aves que não ingeriram de pectina (0%) e por efeito linear nas que receberam 3% ($P \leq 0,07$), (Figura 3B). Além disso, aos 28 dias ocorreu aumento linear ($P \leq 0,05$) na concentração de uréia com o aumento dos níveis de pectina na ração (Figura 3C).

Tabela 2 – Concentrações sanguíneas de colesterol total (C-total), lipoproteínas (HDL, LDL, VLDL), triglicérides, glicose, proteína total, ácido úrico e uréia em frangos de corte alimentados com diferentes níveis de inclusão de pectina obtidos em diferentes idades.

Glicose		C-Total	HDL	LDL	VLDL	Triglic.	Prot. Total	Á. Úrico	Uréia
mg/dL									
Pectina (%)									
0	208,45	101,78	38,52	55,91	6,20	30,99	2,54	6,03	6,83
1	240,71	105,78	44,84	53,97	6,55	32,70	2,73	6,79	6,69
3	216,97	92,62	36,70	50,98	4,90	24,52	2,67	7,46	7,24
5	227,14	83,93	31,97	41,08	5,81	29,06	2,50	6,23	7,17
Idade (d)									
14	188,89	111,32	41,08	61,89	5,17	25,83	2,36	5,96	7,76
28	283,13	108,93	48,13	51,44	6,84	34,22	2,72	13,93	10,73
35	216,71	81,31	29,52	45,35	6,76	31,81	2,17	4,17	5,69
42	202,89	83,35	33,40	42,84	4,60	22,97	3,19	3,60	3,86
P	0,2893	0,0012	0,0271	0,0268	0,2987	0,2987	0,3071	0,0213	0,3162
I	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0144	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Px I	0,0902	0,0105	0,0072	0,0009	<0,0001	<0,0001	0,0029	<0,0001	<0,0001
CV(%) ¹	27,89	21,70	37,26	34,71	54,97	43,23	17,96	36,58	20,73
CV(%) ²	22,60	25,72	36,50	33,81	28,04	27,73	14,95	24,45	14,86

Reg I=Regressão para idade.

Q=quadrática

CV(%)¹= coeficiente de variação para níveis de pectina

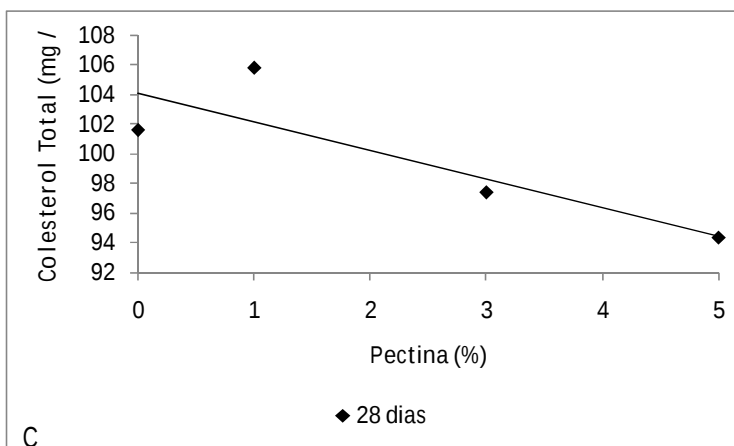
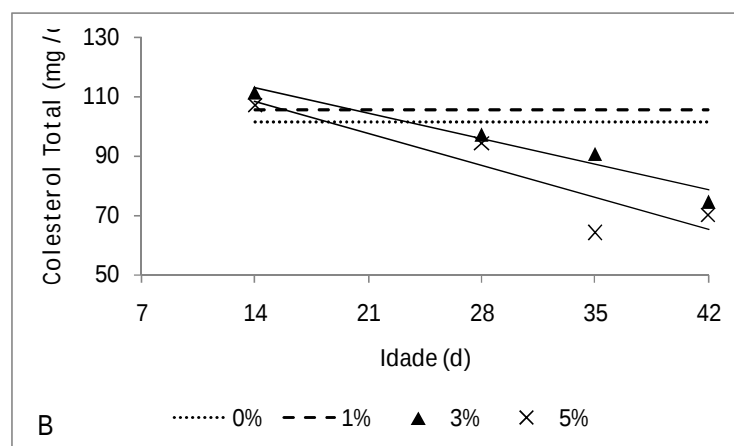
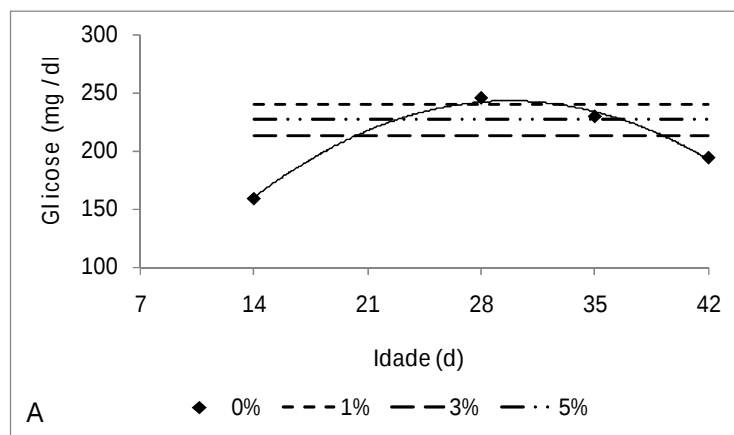
CV(%)²= coeficiente de variação para idade

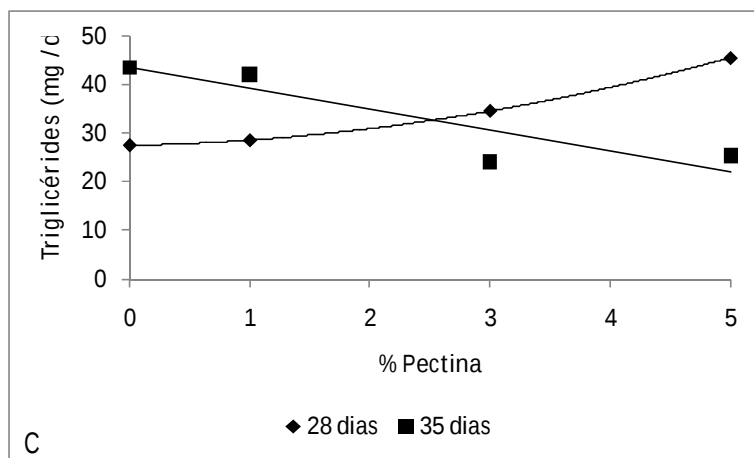
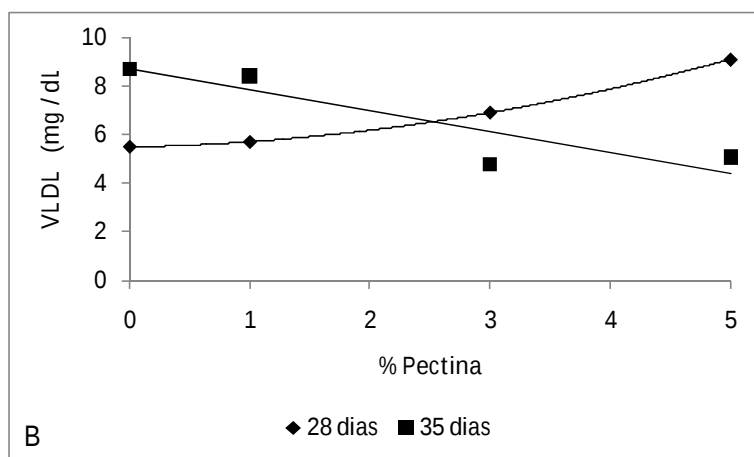
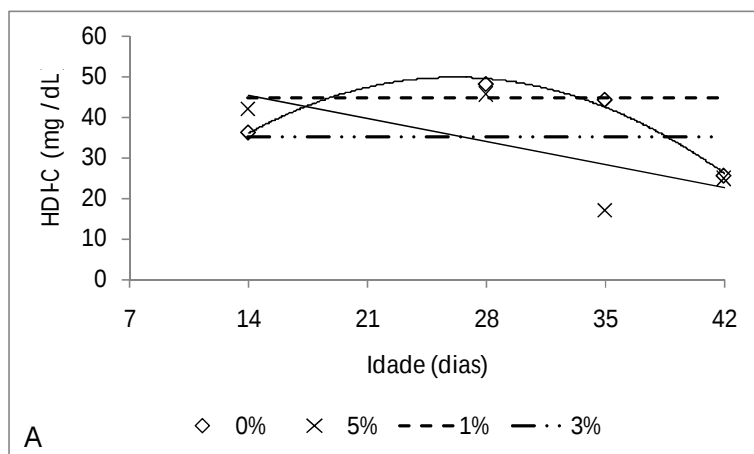
Tabela 3 – Concentrações de colesterol total, das lipoproteínas (HDL, LDL, VLDL), triglicérides, proteína total, ácido úrico e uréia, expressos em mg/dL, e probabilidades das regressões para as interações entre níveis de pectina e idade, em frangos de corte.

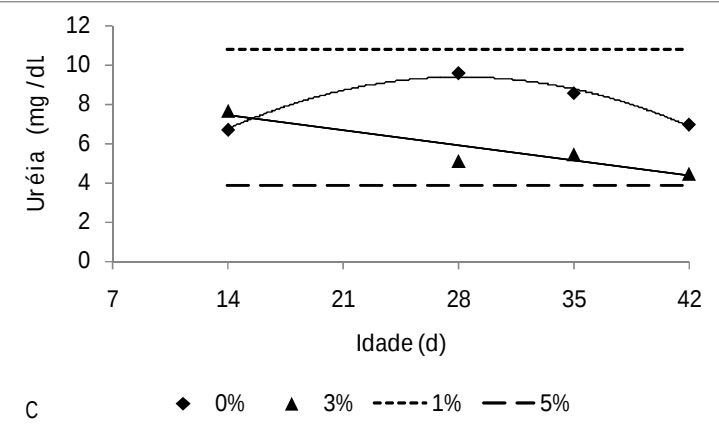
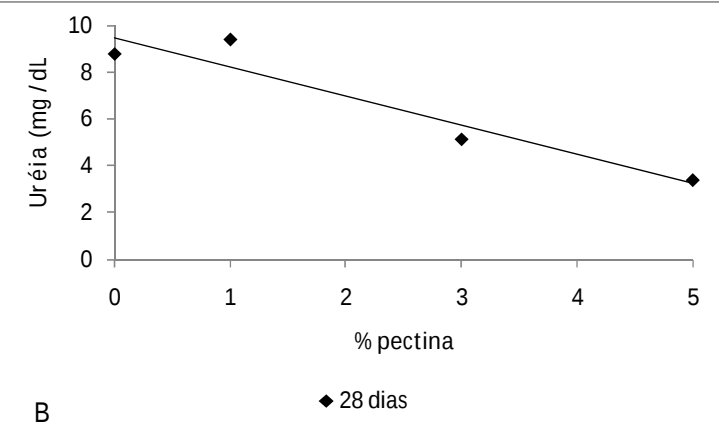
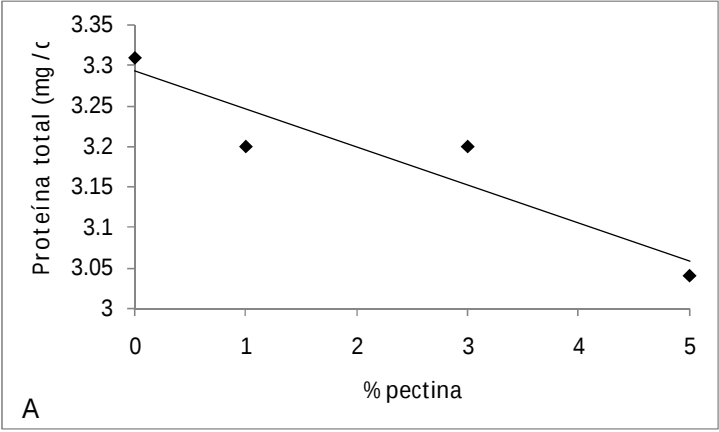
Idade (d)	Pectina (%)				Linear	Quadrática
	0	1	3	5		
Glicose						
14	159,24	241,75	145,59	199,44	0,9902	0,9598
28	245,39	319,12	275,13	292,87	0,7054	0,7600
35	229,57	188,43	215,79	226,92	0,7298	0,5684
42	194,32	213,54	214,40	189,31	0,7362	0,1073
L	0,5294	0,6254	0,4815	0,9143		
Q	0,0616	0,6410	0,3430	0,2398		
Colesterol Total						
14	88,03	138,47	111,53	107,24	0,9454	0,5985
28	132,65	111,36	97,84	94,32	0,0943	0,2065
35	94,86	75,44	90,83	64,12	0,3296	0,7845
42	90,76	97,84	74,74	70,05	0,1079	0,9559
L	0,9883	0,1734	0,0246	0,0944		
Q	0,3960	0,6069	0,2892	0,9466		
HDL-C						
14	36,19	43,73	42,64	42,07	0,1321	0,3244
28	48,16	48,82	49,82	45,71	0,4574	0,1784
35	44,26	38,64	12,67	17,03	0,1195	0,3983
42	25,47	48,19	34,97	24,92	0,6855	0,4789
L	0,6944	0,8876	0,5427	0,0598		
Q	0,0917	0,9312	0,9819	0,3933		
LDL-C						
14	47,46	85,67	63,09	51,32	0,8198	0,9474
28	77,63	42,73	29,94	28,47	0,1631	0,2661
35	34,94	28,38	75,57	42,01	0,5836	0,5242
42	58,82	45,59	36,76	40,24	0,2068	0,1054
L	0,9683	0,1867	0,7427	0,5703		
Q	0,8147	0,2005	0,9560	0,4280		
VLDL-C						
14	4,39	7,34	4,58	4,17	0,5811	0,7015
28	5,50	5,77	6,92	9,11	0,0262	0,0181
35	8,73	8,42	4,81	5,08	0,0998	0,5360
42	6,47	5,17	3,01	4,88	0,4372	0,1631
L	0,3002	0,6634	0,6161	0,9397		
Q	0,7295	0,8645	0,1793	0,4132		

Continuação da Tabela 3.

Idade (d)	Pectina (%)				Linear	Quadrática
	0	1	3	5		
Triglicérides						
14	21,93	36,72	22,90	20,07	0,5496	0,6810
28	27,51	28,53	34,62	45,56	0,0260	0,0162
35	43,65	42,11	24,09	25,41	0,0994	0,5369
42	32,33	25,89	15,06	24,41	0,4371	0,1656
L	0,3004	0,6635	0,6175	0,9103		
Q	0,7282	0,8647	0,1783	0,4089		
Proteína Total						
14	2,29	2,86	2,38	1,89	0,3415	0,4274
28	2,65	2,89	2,88	2,85	0,4377	0,4007
35	2,32	1,95	2,22	2,20	0,9451	0,7194
42	3,31	3,20	3,20	3,04	0,0703	0,8220
L	0.2927	0.9656	0.4856	0.2758		
Q	0.6101	0.6673	0.8154	0.9307		
Ácido Úrico						
14	5,16	7,74	5,74	5,23	0,5208	0,8679
28	13,03	11,54	19,71	13,45	0,2489	0,8749
35	3,22	4,82	5,41	3,23	0,5090	0,7189
42	4,03	4,14	3,22	3,00	0,4536	0,8206
L	0,9859	0,6695	0,7799	0,1680		
Q	0,3355	0,8965	0,2609	0,4962		
Uréia						
14	6,71	8,80	8,85	6,97	0,3221	0,2559
28	9,56	9,42	12,56	11,78	0,0073	0,9163
35	7,70	5,14	5,49	4,49	0,1861	0,7649
42	3,77	3,39	3,35	4,90	0,3909	0,9130
L	0,7645	0,2348	0,0704	0,5259		
Q	0,0473	0,8572	0,5736	0,2525		







Discussão

O presente estudo não registrou efeito da pectina sobre os valores glicêmicos de frangos durante o experimento. A ausência de efeito da pectina sobre a glicemia deve estar relacionada à estrita regulação do metabolismo do carboidrato existente em frangos de corte (SWENNEN et al., 2007), uma vez que as aves possuem alto grau de homeostase da glicose (SIMON, 1989), mesmo quando são submetidas ao jejum ou à realimentação (BELO et al., 1976). Independentemente da ingestão ou não de pectina na ração, os frangos apresentaram aumento de glicemia aos 28 dias. Isso pode estar relacionado com a ingestão da ração de crescimento, a qual continha maior porcentagem de carboidrato e óleo que a ração inicial.

Os níveis de colesterol total e HDL diminuíram ao longo da idade ou em parte dela com a ingestão de 3% e, principalmente, de 5% de pectina. Efeito hipocolesterolêmico dos maiores níveis de pectina também foi registrado por FIETZ & SALGADO (1999) e ARJMANDI et al. (1992 a, b). Segundo JUDD & TRUSWELL (1982), a propriedade das fibras solúveis em formar géis em contato com a água é o fator principal na redução do colesterol. Altos níveis de pectina na ração aumentam a viscosidade da digesta e pioram o aproveitamento de energia e a digestibilidade lipídica, conforme observado no Capítulo 2, e reduzem o consumo de ração (ARJMANDI et al., 1992 a, b; SILVA, Cap. 3). Dessa forma, a redução nos níveis colesterolêmicos e triglicêmicos observados no presente estudo com a ingestão de 3 e 5% devem ter sido resultantes da redução na digestibilidade lipídica e no consumo de ração causados pelo aumento na viscosidade intestinal. Os valores médios de colesterol total registrados no presente estudo para frangos nas diferentes idades e tratamentos estão abaixo do valor mínimo registrado por GONZÁLES et al. (2001) para frangos da linhagem Cobb com 10 dias de idade (117,9 a 158,9 mg/dL) e por VIEIRA (2007) para a linhagem Ross aos 42 dias de idade (125 a 133mg/dL). Essa diferença pode estar relacionada com diferenças entre as dietas. Segundo ROSS et al. (1973), 72 a 130 mg/dL são valores de colesterol total normais para frangos. Tomando-se essa faixa de variação dos níveis de colesterol como referência, verifica-se que os valores encontrados no presente estudo podem ser considerados normais e que na maioria das

idades e tratamentos eles estão mais próximos do valor mínimo do que do valor máximo.

Chama atenção resultados do presente estudo, os efeitos da pectina sobre as concentrações de VLDL e triglicérides aos 28 e 35 dias. Elas aumentaram com o aumento no nível de ingestão de pectina aos 28 dias e diminuíram aos 35 dias. Esses dados mostram, como esperado, uma relação positiva entre os valores de VLDL e triglicérides. De acordo com os dados do Capítulo 3, houve aumento no consumo de ração com o aumento da porcentagem de pectina de 14 para 28 dias de idade. Dessa forma, a ocorrência seqüencial de aumento de VLDL e triglicérides seguido de redução em ambos de 28 para 35 dias deve estar relacionado com o aumento e diminuição no consumo de ração, respectivamente. Considerando que a ração utilizada no presente estudo não possui colesterol, os dados indicam que o aumento de VLDL e triglicérides aos 28 dias tenha decorrido do maior consumo de carboidratos. ARJMANDI et al. (1992 a, b) consideraram o baixo peso corporal e a baixa ingestão de alimento dos ratos como efeitos hipocolesterolêmicos. Isso parece explicar a redução de VLDL e triglicérides registrada nesse estudo para os frangos aos 35 dias de idade. Aos 42 dias de idade, tais efeitos da ingestão de pectina não foram mais registrados, indicando a normalização do perfil lipídico. Como o triglicérides é o produto principal da síntese *de novo* na lipogênese hepática em frangos, este aumento nas concentrações dos triglicérides no plasma dos frangos alimentados com dietas cujo aproveitamento proteico foi menor (Capítulo 2), deve ser devido principalmente a uma estimulada lipogênese hepática (SWENNEN et al., 2007). A substituição das calorias provenientes da proteína por calorias provenientes dos carboidratos é associada a elevações na atividade das enzimas lipogênicas hepáticas, assim como a atividade lipogênica hepática *in vitro*, acarretando em maior deposição de gordura (ROSENBROUGH et al., 1996; 2002; 2004). Aumento na concentração dos triglicérides pode ser observada em casos como obesidade, diabetes, pancreatite aguda, síndrome nefrótica, uremia e hipotireoidismo, podendo ocorrer pelo aumento da atividade da lipase hormônio sensível (WANNMACHER & DIAS, 1992).

Concentração de ácido úrico é um parâmetro utilizado para avaliação do comprometimento funcional dos rins (CAMPBELL, 2007), por ser esse o produto final do metabolismo do nitrogênio e por sua eliminação ser pouco influenciada pelo fluxo de urina e o estado de hidratação do animal (LUMEIJ, 1997; FUDGE & JOSEPH, 2000). Nesse contexto, a ausência de efeito temporal dos níveis de pectina sobre a concentração de ácido úrico sugere que as aves não apresentaram alteração da função renal no presente estudo. Entretanto, aos 28 dias, ocorreu aumento na concentração do ácido úrico no sangue com o aumento nos níveis de ingestão de pectina. A concentração de ácido úrico no sangue varia conforme a espécie, a idade e a dieta (CAMPBELL, 2007). Como esse ácido é o principal produto final do metabolismo do nitrogênio nas aves, aumenta imediatamente após consumo de alimento com alto teor de ácidos nucléicos, podendo aumentar também em necrose tecidual severa ou inanição, devido ao aumento do metabolismo de compostos nitrogenados das proteínas e ácidos nucléicos (CAMPBELL, 2007, SCHMIDT et al., 2007). Segundo HURWITZ et al. (1998), a uréia excretada é um parâmetro usado na quantificação da degradação da arginina, a qual é necessária para a síntese de ácido úrico. As regressões significativas para as concentrações de uréia, entretanto, não foram acompanhadas de regressões significativas para as concentrações de ácido úrico, sugerindo uma relação das alterações da concentração da uréia mencionadas com a degradação de arginina, sem influência significativa sobre as concentrações de ácido úrico. Dessa forma, as maiores concentrações de uréia obtidas com a elevação de pectina na ração podem estar relacionadas com ingestão de proteína, com a taxa de excreção renal e pelo estado do fígado, que é o órgão responsável por sua síntese (SCHMIDT et al., 2007). A eficiência de retenção proteica (proteína retida/proteína consumida) diminui com o aumento do consumo protéico (SKLAN & PLAVNIK, 2002). Assim, os dados obtidos corroboram os de ROSEBROUGHT et al. (1996), COLLIN et al. (2003) e HADA (2008) e reforçar os de JACKSON et al. (1982), segundo os quais a utilização da proteína é inversamente relacionada ao seu consumo.

Estudando o consumo de baixo e alto conteúdo protéico na dieta, BRESSANI & BRAHAM (1964), verificaram que o alto consumo de água resulta em redução na

retenção de nitrogênio. Segundo os autores, isso ocorre provavelmente por dois fatores, isolados ou em conjunto: (1°) efeito “flushing”, eliminando os metabólitos do nitrogênio nos rins e em outros tecidos, e; (2°) o consumo de água, estando o baixo consumo de água associado a formação de uréia e o alto consumo de água a formação de amônia. Dessa forma, o aumento na concentração de uréia em função do aumento nível de pectina registrado aos 28 dias (presente trabalho) corrobora com os dados de BRESSANI & BRAHAM (1964), pois, segundo Silva (Capítulo 3), o consumo de água pelos frangos aumentou na fase de crescimento com o aumento de pectina na ração.

Conclusão

Conclui-se que a ingestão de pectina não alterou o perfil glicêmico, mas alterou o metabolismo lipídico, com redução na concentração do colesterol total ao longo do período experimental e redução da proteína total aos 42 dias de idade.

Referências

- ARJMANDI, B. H.; CRAIG, J.; NATHANI, S.; REEVES, R.D. Soluble dietary fiber and cholesterol influence in vivo hepatic and intestinal cholesterol biosynthesis in rats. **Journal of Nutrition**, v.122, p. 1559-1565, 1992a.
- ARJMANDI, B.H.; AHN, J.; NATHANI, S.; REEVES, R.D. Dietary soluble fiber and cholesterol affect serum cholesterol concentration, hepatic portal venous short-chain fatty acid concentration and fecal sterol excretion in rats. **Journal of Nutrition**, v.122, p.246-253, 1992b.
- BELO, P.S.; ROMSOS, D.A.; LEVEILLE, A.A. Blood Metabolites and Glucose Metabolism in the Fed and Fasted Chicken. **The Journal of Nutrition**, v.106, p.1135-1143, 1976.

BINDELLE, J. LETERME, P., BULDGEN, A. Nutritional and environmental consequences of dietary fiber in pig nutrition. **Biotechnology, Agronomy, Society and Environment**, v. 12, p. 69-80, 2008.

BRESSANI, R.; BRAHAM, J.E. Effect of water intake on nitrogen metabolism in dogs. **The Journal of Nutrition**, v.82, p. 469-474, 1964.

CAMPBELL, T. W. Bioquímica clínica de aves. In: THRALL, M. A. et al. **Hematologia e bioquímica clínica veterinária**. São Paulo: Roca, cap. 32, p. 448-460, 2007.

CHAMPE, P.C. & HARVEY, R.A. BIOQUÍMICA ILUSTRADA. Porto Alegre, Artes Médicas, 2006.

COLLIN, A.; MALHEIROS, R. D.; MORAES, V. M. B.; AS. V. P.; DARRAS, V. M.; TAOUIS, M.; DECUYPERE, E.; BUYSE, J. Effects of dietary macronutrient content on energy metabolism and uncoupling protein mRNA expression in broiler chickens. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, n.90, p.261–269, 2003.

EUFRÁSIO, M.R.; BARCELOS, M.F.P.; SOUSA, R.V.; ABREU, W.C.; LIMA, M.A.C.; PEREIRA, M.C.A. Efeito de diferentes tipos de fibras sobre frações lipídicas do sangue e fígado de ratos wistar. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.6, p. 1608-1614.

FIETZ, V.R.; SALGADO, M.S. Efeito da pectina e da celulose nos níveis séricos de colesterol e triglicerídeos em ratos hiperlipidêmicos. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 19, n.3, p.3218-321, 1999.

FRIEDWALD, W.T.; LEVY, R.I.; FREDRICKSON, D.S. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. **Clinical Chemistry**, v.18, n.6, p.499-502, 1972.

FUDGE, A. M; JOSEPH, V. Avian Complete Blood Count. In: FUDGE, A.M. **Laboratory Medicine –Avian and Exotic Pets**; W.B. Saunders, p.19-27, 2000.

GARCIA-DIEZ, F.; GARCIA-MEDIAVILLA, V.; BAYON, H.; GONZALEZ-GALLEGL, J. Pectin feeding influences fecal bile acid excretion, hepatic bile acid and cholesterol synthesis and serum cholesterol in rats. **The Journal of Nutrition**, v. 126, p.1766-1771, 1996.

GONÇALVES, M. C. R.; COSTA, M. J. C.; ASCIUTTI, L. S. R.; DINIZ, M. F. F. M. Fibras dietéticas solúveis e suas funções nas dislipidemias. **Revista Brasileira em Nutrição Clínica**, n.22, p. 167 – 173, 2007.

GONZÁLES, F.H.D.; HAIDA, K.S.; MAHL, D.; GIANNESI, G.; KRONBAUER, E. Incidência de doenças metabólicas em frangos de corte e uso do perfil bioquímico sanguíneo para o seu estudo. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.3, n.2, p.141-147, 2001.

GONZALEZ, M.; RIVAS, C.; CARIDE, B.; LAMAS, M.A.; TABOADA, M.C. Effect of orange and apple pectin on cholesterol concentration in serum, liver and faeces. **Journal of Physiology and Biochemistry**, v. 54, p.99–104,1998.

HADA, F.H. **Envolvimento da proteína, carboidrato, lipídio e selênio sobre as alterações metabólicas e bioquímicas em frangos submetidos ao calor**. 2008. 95f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

HURWITZ, S.; SKLAN, D.; TALPAZ, H. et al. The effect of dietary protein level on the lysine and arginine requirements of growing chickens. **Poultry Science**, v.77, p.689-696, 1998.

JACKSON, S.; SUMMERS, J.D.; LEESON, S. Effect of dietary protein and energy on broiler carcass composition and efficiency of nutrient utilization. **Poultry Science**, Champaign, v.61, p.2224-2231, 1982.

JUDD, P.A.; TRUSWELL, A.S. Comparation of the effects of high and low methoxyl pectin on blood and faecal lipids in man. **British Journal of Nutrition**, London, v.48, n.3, p.451-458, 1982.

KRITHCHEVSKY, D.; STORY, J. A. **Influence of dietary fiber on cholesterol metabolism in experimental animals.** In Handbook of Dietary Fiber in Human Nutrition. J. A. Spiller, editor. CRC Press, Boca Raton, p. 129–142, 1986.

KUMAR, G. P., SUDHEESH, S., USHAKUMARI, B., VALSA, A. K., VIJAYAKUMAR, S., SANDHYA, C., AND VIJAYALAKSHMI, N. R. A comparative study on the hypolipidemic activity of eleven different pectins. **Food Science and Technology**, v. 34, n.2, p.103-107, 1997.

LUMEIJ, J.T. Avian Clinical Biochemistry. In: Kaneko, J.J.; Harvey, J.W.; Bruss, M.L. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals** 5th edition. San Diego, Academic Press, 932p, 1997.

MARTINS, J.M., RIOTTOT, M.; ABREU, M.C.; VIEGAS-CRESPO, A.M.; LANÇA, M.J.; ALMEIDA, J.A.; FREIRE, J.B.; BENTO, O.P. Cholesterol-lowering effects of dietary blue lupin (*Lupinus angustifolius* L.) in intact and ileorectal anastomosed pigs. **Journal of Lipid Research**, v.46p. 1539-1547, 2005.

MORRIS, E.R.; ROSS-MURPHY, S.B. **The techniques in carbohydrate metabolism.** (Northcote, P.H. ed.) Amsterdam, p. 201-246, 1981.

PIEDEDE, J.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Comparação entre o efeito do resíduo do abacaxizeiro (caules e folhas) e da pectina cítrica de alta metoxilação na concentração de colesterol sanguíneo em ratos. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 23, n. 2, p.149-56. 2003.

ROSEBROUGH, R.W.; MITCHELL, A.D.; MCMURTRY, J.P. Dietary crude protein changes rapidly alter metabolism and plasma insulin-like growth factor I concentrations in broiler chickens. **The Journal of Nutrition**, v.126, p.2888-2898, 1996.

ROSEBROUGH, R.W.; POCH, S.M.; RUSSELL, B.A.; RICHARDS, M.P. Dietary protein regulates in vitro lipogenesis and lipogenic gene expression in broilers. **Comparative Biochemistry Physiology**, v.132, p.423-431, 2002.

ROSEBROUGH, R.W.; RICHARDS, M.P.; MCMURTRY, J.P. Further studies on dietary protein reversals and lipid metabolism in the broiler. **Growth, Development and Aging**, v.68, p.19-32, 2004.

ROSS, J.G.; CHRISTIE, G.; HALLIDAYN, W.G.F. et al. Hematological and blood chemistry “comparison values” for clinical pathology in poultry. **Veterinary Records**. V.102, n.2, p.765-772, 1973.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.

SÁNCHEZ, D.; MUGUERZA, B.; MOULAY, L.; HERNÁNDEZ, R.; MIGUEL, M.; ALEIXANDRE, D A. Highly methoxylated pectin improves insulin resistance and other cardiometabolic risk factors in Zucker fatty rats. **Journal of Agriculture. Food Chemistry**, v.56, p.3574–3581, 2008.

SAKI, A.A.; MATIN, H.R.H.; TABATABAI, M.M.; ZAMANI, P.; HARSINI, R.N. Microflora population, intestinal condition and performance of broilers in response to various rates of pectin and cellulose in the diet. **Archiv fur Geflugelkunde**, v.74, n.3, p. 183-188, 2010.

SAS Institute, SAS (Statistical Analysis System). Users guide. SAS institute Inc., Cary, NC. 2002.

SCHMIDT, E. M. S.; LOCATELLI -DITTRICH, R.; SANTIN, E; PAULILLO, A.C. Patologia clínica em aves de produção – Uma ferramenta para monitorar a sanidade Avícola – Revisão. **Archives of Veterinary Science** , v 12, n.3. p.9-20, 2007

SIMON, J. Chicken as a useful species for the comprehension of insulin action. **Critical Review of Poultry Biology**, v.2, p.121-148, 1989.

SKLAN, D.; PLAVINIK, I. Interactions between dietary crude protein and essential amino acid intake on performance in broilers. **British Poultry Science**, Abingdon, v. 43, n.3, p.442-449, 2002.

SMITS, CHM, ANNISON G. Non-starch polysaccharides in broiler nutrition – towards a physiologically valid approach to their determination. **World's Poultry Science Journal**, v., 52, 203–221, 1996.

SWENNEN, Q.; DECUYPERE, E.; BUYSE, J. Implications of dietary macronutrients for growth and metabolism in broiler chickens. **World's Poultry Science Journal**, v.63, p.541-556, 2007.

VERGARA-JIMENEZ, M.; CONDE, K.; ERICKSON, S.K.; FERNANDEZ, M.L. Hypolipidemic mechanisms of pectin and psyllium in guinea pigs fed high fat–sucrose diets: alterations on hepatic cholesterol metabolism. **Journal of Lipid Research**. Volume 39, 1998

VIEIRA, P.A.F. Caracterização dos resíduos da manga (*Mangifera indica* L.) e seus efeitos sobre o desempenho e os parâmetros bioquímicos em frangos de corte. 92f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

WANNMACHER, C.M.D.; DIAS, R.D. **Bioquímica fundamental**. 6.ed. Porto Alegre:Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1992. 498p.

CAPÍTULO 5 – TECIDO HEPÁTICO, ADIPOSO E MUSCULAR EM FRANGOS DE CORTE SUBMETIDOS À DIETAS COM OU SEM PECTINA

RESUMO: Foi avaliado o efeito da ingestão de pectina sobre a relação entre o peso corporal (PC) e o peso absoluto do fígado (PRF) e da gordura abdominal (PRG), o peso absoluto do fígado (PAF) e da gordura abdominal (PAG), a concentração de lipídio total hepática e nos músculos gastrocnêmio e peitoral maior, a espessura de hepatócitos vacuolizados (EH), a área (A) e o número (N) de adipócitos em frangos de corte. Foram utilizados 720 pintos machos Cobb[®], com um dia de idade, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 4, sendo 4 níveis de pectina na ração (0, 1, 3 e 5%) e 4 idades de coleta (14, 28, 35 e 42 dias), com seis repetições por tratamento. O PC aumentou semanalmente independentemente do nível de pectina ingerido e o PC reduziu aos 14, 28 e 35 dias de idades com o aumento da ingestão de pectina, enquanto que o PAF reduziu aos 14, 28 e 42 dias. Temporalmente, os PAF e os PAG aumentaram com a idade, independentemente do nível de pectina, mas o PAG que se manteve constante com 5% de pectina na dieta. O PRF e o PRG diminuíram aos 14 dias e 42 dias, respectivamente. Dentro de cada nível, houve redução no PRF ao longo da idade e aumento no PRG apenas quando não houve ingestão de pectina. A EH foi reduzida aos 42 dias de idade com o aumento da ingestão de pectina. O N de adipócitos diminuiu e sua A aumentou ao longo dos 42 dias com a ingestão de 0, 1 e 5% de pectina. O N de adipócitos aumentou aos 14 e 42 dias com a ingestão de pectina e sua A diminuiu aos 28 e 42 com o aumento da ingestão da fibra. A concentração total de lipídio hepática, nos músculos gastrocnêmio e peitoral maior diminuiu com o aumento nos níveis de pectina aos 42, 14 e 35 dias de idade, respectivamente. Conclui-se que o aumento na ingestão de pectina promove diminuição na camada de hepatócitos vacuolizados, no lipídio total hepático e na área dos adipócitos, e aumento no seu número de adipócitos, indicativos de redução na absorção e deposição lipídica e que a ingestão de 1% de pectina proporciona menor concentração de lipídio total no músculo peitoral maior aos 35 dias de idade.

Palavras-chave: adipócitos, esteatose, fibra solúvel, metabolismo lipídico, morfometria

CHAPTER 5 - HEPATIC TISSUE, ADIPOSE AND MUSCULAR IN BROILER SUBMITTED TO DIETS WITH OR WITHOUT PECTIN

SUMMARY: The effect of intake of pectin on the relationship between body weight (BW) and absolute liver weight (RLW) and abdominal fat (PRG), the absolute liver weight (PAF) and abdominal fat (PAG) the concentration of total lipids in liver and gastrocnemius and pectoral muscles, the thickness of vacuolated hepatocytes (EH), the area (A) and number (N) of adipocytes in broilers. We used 720 male chicks from Cobb®, with one day of age, distributed in a completely randomized in a factorial 4 x 4, with 4 levels of pectin in the diet (0, 1, 3 and 5%) and four ages of collection (14, 28, 35 and 42 days) with six replicates. The PC had increased weekly regardless of the level of ingested pectin and PC reduced in 14, 28 and 35 days of age with the increasing intake of pectin, while the PAF reduced in 14, 28 and 42 days. Temporally, the PAF and the PAG were increased with age, regardless of the level of pectin, but the PAG remained constant at 5% pectin in the diet. The PRF and PRG, had a decrease in 14 days and 42 days respectively. Within each level, had a reduction in the PRF over the age and a increase at PRG only when had no intake of pectin. The EH was reduced to 42 days with increasing intake of pectin. The N of adipocytes was decreased and the A its has increased over the 42 days with intake of 0, 1 and 5% pectin. the N of adipocytes decreased and the A increased over the 42 days with intake of 0, 1 and 5% pectin. the N of adipocytes increased at 14 and 42 days with intake of pectin and the A has reduced to 28 and 42 with increasing intake of fiber. The total concentration of lipid, hepatic, in gastrocnemius and pectoralis major muscles decreased with increased levels of pectin at 42, 14 and 35 days old, respectively. We conclude that increased in pectin intake, decreases the layer of vacuolated hepatocytes, in the liver total lipids and in the area of adipocytes, and increases the number of adipocytes, indicating a reduction in the absorption and lipidic deposition and that the ingestion of a 1% pectin provides lower total lipid concentration of the pectoralis major muscle at 35 days old.

Keywords: additive, metabolism, soluble fiber, steatosis

Introdução

Estudos têm mostrado que o uso de fibra solúvel em dietas de aves diminui a digestibilidade aparente de lipídio (SMITS et al., 1998; SKLAN et al., 2003) e em mamíferos (ARTISS et al., 2006; HAYS et al., 2004). Isso pode trazer alterações benéficas no metabolismo hepático de lipídios (SMITS et al., 1998; DELZENE et al., 2002; ARTISS et al., 2006; CHO et al., 2007) e, conseqüentemente, na adiposidade.

As principais funções do fígado no metabolismo dos lipídios consistem em degradar os ácidos graxos para produção de energia, sintetizar triacilgliceróis a partir dos carboidratos e proteínas, e sintetizar outros lipídios a partir dos ácidos graxos, particularmente colesterol e fosfolipídios (CHAMPE & HARVEY et al., 2006). Como as dietas das aves contêm baixas quantidades de gordura, o fígado desempenha papel fundamental em prover lipídios destinados para uso em todos os tecidos, incluindo o próprio fígado (DIAS, 1999).

No período pós-prandial, com maior oferta de nutrientes, ocorre aumento da liberação de insulina que estimula a lipogênese. Neste processo, reações bioquímicas em cadeia que tem início a partir de substratos lipídicos resultam em biossíntese e esterificação de ácidos graxos para a formação de triacilgliceróis que são incorporados e armazenados na gota lipídica dos adipócitos (KOVACS & WESTERP-PLATENGA, 2006; VÁSQUEZ-VELA et al., 2008).

As fibras isoladas ou em combinação podem diminuir a digestão e a absorção dos lipídios dietéticos e/ou seqüestrantes dos ácidos biliares, aumentar a produção de ácidos graxos de cadeias curta no cólon devido à fermentação, e/ou diminuir a porcentagem de ácidos biliares primários na bile (sintetizados pelo hepatócito), embora aumentem a de ácidos secundários, (sal biliar primário que sofreu ação bacteriana no intestino), TOPPING, 1991. Esses efeitos das fibras têm sido relacionados com sua propriedade de absorver água e formar gel (SMITS & ANNISON, 1996, FIETZ & SALGADO, 1999, ROSA & UTTPATEL, 2007), que aumenta a viscosidade do conteúdo intestinal.

A produção de frangos com menos gordura na carcaça tem significado econômico para determinadas regiões do país, particularmente para nichos específicos

de mercado, dispostos a remunerar melhor produtos de aves mais ajustados aos modernos conceitos de saúde do consumidor (TOGASHI, 2004). A preocupação com os teores de gordura e/ou colesterol em carne e produtos cárneos, vem sendo demonstrada através de pesquisas realizadas por pesquisadores (BRAGAGNOLO & RODRIGUEZ-AMAYA, 1992; MOURÃO et al., 2008) que investigaram estes nutrientes em carnes de frango.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos da ingestão de pectina sobre o desenvolvimento do fígado e tecido adiposo e determinar a deposição de lipídio no fígado e no músculo peitoral maior e gastrocnêmio de frangos de corte.

Material e Métodos

Aves e manejo experimental

O presente estudo foi realizado no Setor de Avicultura e no Departamento de Fisiologia e Morfologia, da FCAV, UNESP, Campus de Jaboticabal e foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (protocolo número 21.122/10).

Setecentos e vinte pintos machos (Cobb-500[®]), com um dia de idade, obtidos de incubatório comercial, foram pesados individualmente e divididos homogeneamente pelo peso corporal (peso médio $45 \pm 0,02\text{g}$) em quatro tratamentos (0, 1, 3 e 5% de pectina na ração), sendo 180 aves por tratamento. As aves foram distribuídas em boxes (2,50 x 1,50m) em galpão de alvenaria, sendo seis boxes por tratamento, com 30 aves cada. Os boxes foram forrados com casca de arroz e equipados com bebedouros de alumínio tipo copo de pressão, comedouro tubular infantil e fonte de aquecimento constituída de uma lâmpada incandescente de 200 watts. Após o sétimo dia de idade, foram utilizados bebedouros pendulares e comedouros tubulares com capacidade de 25 kg.

A vacinação contra doença de Marek e Bouba Aviária foi realizada no próprio incubatório. Aos oito dias de idade, as aves foram vacinadas contra as doenças de Gumboro (cepa intermediária Lukert) e Newcastle (estirpe La Sota), e aos 18 dias contra a doença de Gumboro (cepa forte Austrália V-877). As vacinações foram realizadas via ingestão de água nas duas idades.

O delineamento foi inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas estando nas parcelas os níveis de pectina (0, 1, 3 e 5%) e, na sub-parcela as idades (14, 28, 35 e 42 dias de idade), sendo utilizadas 6 repetições de 30 aves por tratamento.

As aves receberam água e ração à vontade durante todo o período experimental. Elas foram alimentadas com ração inicial (1 a 21 dias de idade) e de crescimento (22 a 42 dias de idade), ambas à base de milho e farelo de soja (Tabela 1), reajustadas de acordo com cada fase de criação atendendo as recomendações de ROSTAGNO et al. (2005).

A temperatura e a umidade relativa (UR) foram mensuradas duas vezes ao dia e seus valores médios foram 31,3°C, 29,3°C, 27,3°C, 26,4°C, 23,0°C, 23,0°C e de 40,8%, 50,0%, 58,0%, 54,9%, 53,0%, 51,8%, da primeira à sexta semana do experimento, respectivamente.

Tabela 1 – Composição percentual e nutricional calculada das rações, segundo as fases de criação

ingredientes	Inicial				Crescimento			
	0%	1%	3%	5%	0%	1%	3%	5%
Milho	47,50	47,50	47,50	47,50	52,50	52,50	52,50	52,50
Farelo de soja	36,92	36,92	36,92	36,92	30,95	30,95	30,95	30,95
Óleo soja	5,75	5,75	5,75	5,75	7,40	7,40	7,40	7,40
Fosfato bicálcico	1,90	1,90	1,90	1,90	1,64	1,64	1,64	1,64
Calcário	0,82	0,82	0,82	0,82	0,75	0,75	0,75	0,75
Sal	0,47	0,47	0,47	0,47	0,43	0,43	0,43	0,43
L-Lisina HCL (78%)	0,61	0,61	0,61	0,61	0,30	0,30	0,30	0,30
DL-Metionina (99%)	0,34	0,34	0,34	0,34	0,40	0,40	0,40	0,40
L-Treonina	0,14	0,14	0,14	0,14	0,08	0,08	0,08	0,08
BHT	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Sup. Vit. e Min.	0,50 ¹	0,50 ¹	0,50 ¹	0,50 ¹	0,50 ²	0,50 ²	0,50 ²	0,50 ²
Inerte ³	5,00	4,00	2,00	0,00	5,00	4,00	2,00	0,00
Pectina*	0,00	1,00	3,00	5,00	0,00	1,00	3,00	5,00
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada								
EM (kcal/kg)	3.000	3.000	3.000	3.000	3.175	3.175	3.175	3.175
PB (%)	21,62	21,62	21,62	21,62	19,02	19,02	19,02	19,02
Ca (%)	0,92	0,92	0,921	0,92	0,81	0,81	0,81	0,81
Pd (%)	0,46	0,46	0,46	0,46	0,40	0,40	0,40	0,40
Na (%)	0,22	0,22	0,22	0,22	0,20	0,20	0,20	0,20
Lis dig (%)	1,50	1,50	1,50	1,50	1,13	1,13	1,13	1,13
Met dig (%)	0,63	0,63	0,63	0,63	0,66	0,66	0,66	0,66
Lis+Met dig(%)	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
Thr dig (%)	0,83	0,83	0,83	0,83	0,70	0,70	0,70	0,70

¹ Suplemento mineral + vitamínico. Cada quilograma do produto contém: Se 54,6 mg, Cu 25.000 mg, pantotenato de Ca 1.900 mg, Mn 15.252 mg, I 260mg, Zn 18.250 mg, ácido nicotínico 6.930 mg, biotina 32 mg, colina 120 g, Vit A 1.400.000 UI, Vit B1 356 mg, Vit B12 2.000 mcg, Vit B2 1.920 mg, Vit B6 693 mg, Vit D3 600.000, Vit E 5.000mg, Vit K 196mg, antioxidante 100mg, anticoccidiano 25.000mg e promotor de crescimento (bacitracina de zinco) 10.000 mg

²Suplemento mineral + vitamínico. Cada quilograma do produto contém: Se 54,6 mg, Cu 25.000 mg, pantotenato de Ca 1.900 mg, niacina 69,30 mg, Mn 15.252 mg, I 260mg, Zn 18.250 mg, biotina 32 mg, DL-metionina 270 g, colina 120 g, Vit A 1.400.000 UI, Vit B1 356 mg, Vit B12 2.000 mcg, Vit B2 1.920 mg, Vit B6 693 mg, Vit D 600.000, Vit E 5.000 mg, Vit K 196,5 mg, antioxidante 100mg, coccidiostático 22.000mg e promotor de crescimento (bacitracina de zinco) 10.000 mg ³Inerte: caulin

* Pectina de alto grau de esterificação, alto grau de gelificação, alto teor de carboidratos solúveis (85%), não amidada, extraída de polpa cítrica (pectina GENU® tipo B rapid set-Z, CP Kelco, Limeira, Brasil)

Peso Corporal

Aos 14, 28, 35 e 42 dias de idade, 6 aves/tratamento, uma por repetição, foram utilizadas para coleta das amostras. Inicialmente, as aves tiveram seu peso corporal mensurado e, em seguida, foram sacrificadas por deslocamento cervical para a coleta dos diferentes tecidos e órgão.

Fígado

Os fígados foram pesados e, em seguida, foram extraídas amostras da região medial do lobo esquerdo de cada um deles, com aproximadamente 1 cm², as quais foram fixadas imediatamente em solução de Bouin por 24 horas. Em seguida, elas foram lavadas em álcool 70%, desidratadas em série de concentração crescente de etanol, diafanizadas em xilol e incluídas em parafina. Cinco cortes histológicos semi-seriados, de 5 µm de espessura, foram corados com hematoxilina e eosina, segundo metodologia de BEHMER et al. (1976), sendo as lâminas montadas com Bálsamo do Canadá. As análises morfométricas do tecido hepático foram feitas utilizando-se um programa de análise de imagem (*Leica*). A espessura da camada cortical de deposição de lipídio foi mensurada, sendo realizadas 125 medidas por ave.

Para a determinação da concentração de lipídio total, uma amostra da região medial do lobo direito do fígado foi extraída de cada ave. Imediatamente após coleta, as amostras foram embaladas em papel alumínio, identificadas e armazenadas em nitrogênio líquido para posterior análise pelo método proposto por BLIGH & DYER (1959). Os pesos dos fígados foram expressos em gramas e em porcentagem em relação ao peso corporal da ave.

Tecido adiposo

O rendimento da gordura abdominal foi avaliado aos 14, 28, 35 e 42 dias de idade. Para isso, foi utilizada uma ave por repetição. O rendimento foi calculado com base no peso vivo da ave no momento do abate. O tecido adiposo abdominal e visceral (tecido adiposo ao redor da moela e do estômago glandular) foi removido e pesado. Em seguida, amostras de aproximadamente 1 cm² (uma amostra/ave) foram retirada do

tecido adiposo abdominal e fixadas em solução de *Bouin* por 24 horas. Depois, elas foram lavadas em álcool 70%, desidratadas em série de concentração crescente de etanol, diafanizadas em xilol e incluídas em parafina. Cinco cortes histológicos semi-seriados, de 5 μm de espessura, foram corados com hematoxilina e eosina, segundo metodologia de BEHMER et al. (1976), sendo as lâminas montadas com Bálsamo do Canadá.

As análises morfológicas do tecido adiposo foram realizadas utilizando-se um programa de análise de imagem (*Leica*). O número médio de adipócitos/área foi determinado pela contagem de células em 25 campos de $3.002.720 \mu\text{m}^2$ /ave. A área média dos adipócitos foi obtida pela mensuração de 50 células/ave. Os pesos da gordura foram expressos em gramas e em porcentagem em relação ao peso corporal da ave.

Tecido muscular

Para a determinação de lipídio total, amostras foram retiradas da região *pars interbranchialis* do músculo peitoral maior e da região mediana do músculo gastrocnêmio. Elas foram imediatamente embrulhadas em papel alumínio, identificadas, imediatamente congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas em freezer à -70°C até o momento das análises. O lipídio total foi determinado gravimetricamente após extração com clorofórmio-metanol (2:1, v v⁻¹), como descrito por BLIGH & DYER (1959).

Estatística

Os dados foram verificados quanto à presença de *outliers* e testados quanto às pressuposições de normalidade dos erros estudantilizados (teste de Cramer-von-Misses) e de homogeneidade de variâncias (teste de Levene). Depois de constatada a não violação dessas pressuposições, eles foram submetidos à análise de variância e, em caso significativo, posterior análise de regressão utilizando-se o procedimento GLM do programa SAS[®] (SAS Institute, 2002), considerando-se o nível de significância de 10%.

Resultados

Peso Corporal e Fígado

Os dados referentes ao peso corporal e aos parâmetros analisados no fígado (pesos absoluto e relativo do fígado, espessura da camada lipídica e lipídio total) são apresentados na Tabela 2. Houve interação significativa ($p \leq 0,05$), entre os níveis de pectina e as idades para todas as variáveis. Os desdobramentos das interações com suas respectivas probabilidades constam na Tabela 3.

O peso corporal foi descrito em função da idade por efeito linear ($P \leq 0,05$) em todos os níveis de pectina na dieta (0, 1, 3 e 5%: $p \leq 0,05$), (Figura 1A), ocorrendo aumento de seus valores ao longo da idade (Tabela 3, Figura 1B). Cerca de 99% da variabilidade registrada no peso corporal em cada nível de pectina foi explicada pela variação da idade. Para peso corporal em função dos níveis de pectina houve regressão linear em todas as idades (14 e 42 dias: $p \leq 0,05$; 28 dias: $p \leq 0,06$; 35 dias: ($p \leq 0,075$), mostrando que o peso dos frangos diminuiu com o aumento dos níveis da fibra (Tabela 3, Figura 1A). Nesse caso, a variação nos níveis de pectina respondeu por 97% ou mais da variabilidade do peso corporal observada em cada idade.

O peso absoluto do fígado aumentou linearmente com a idade, em todos os níveis de pectina (0, 1 e 3%: $p \leq 0,05$; 5%: $p \leq 0,07$) (Tabela 3, Figura 2A), mas diminuiu de forma linear ($p \leq 0,05$) com aumento dos níveis de pectina aos 14, 28 e 42 dias de idade (Tabela 3, Figura 2B). A idade respondeu por mais de 97% da variabilidade no peso hepático em todos os níveis de pectina. Da mesma forma. Os níveis de pectina responderam por mais de 91% da variabilidade do peso do fígado registrado em cada uma dessas idades. Aos 35 dias, não foi registrada regressão significativa ($p \leq 0,05$). O peso hepático relativo foi descrito em função da idade por efeito quadrático ($p \leq 0,05$) nas aves que ingeriram ração com 0% de pectina e por efeito linear ($p \leq 0,05$) nas que ingeriram ração com os demais níveis de pectina. Em todos os níveis de fibra, ele diminuiu com a idade (Tabela 3, Figura 3A). A idade respondeu por mais de 93% da variação encontrada no peso relativo do órgão independentemente do nível de pectina. Houve diminuição linear ($p \leq 0,07$) do peso relativo do órgão com o aumento do nível de

pectina aos 14 dias (Tabela 3, Figura 3B). Nas demais idades, as regressões não foram significativas ($p>0,05$).

Como mostrado na Tabela 3, não houve regressão significativa ($p>0,05$) para a espessura da camada de hepatócitos vacuolizados em função da idade para nenhum dos níveis de pectina utilizados. Todavia, os dados numéricos mostram um aumento acentuado na espessura dessa camada aos 42 dias para as aves que ingeriram ração com 0%, 1% e 3% de pectina (Figura 4A). A camada de hepatócitos vacuolizados em função dos níveis de pectina foi descrita por efeito linear significativa ($p\leq 0,05$) apenas aos 42 dias (Figura 4B). Nesse caso, a variação no nível de pectina explicou 96% da variabilidade da espessura da camada de hepatócitos vacuolizados. Nas demais idades, não houve regressão significativa ($p>0,05$) para esse parâmetro com o aumento dos níveis de pectina.

Houve regressão significativa ($p\leq 0,05$) para a concentração de lipídio total hepático apenas aos 42 dias de idade (Figura 4C) e não houve regressão significativa em nenhum dos níveis de pectina (Tabela 3).

Tabela 2 – Valores médios do peso corporal (PC), pesos absoluto (PAF) e relativo (PRF) do fígado, camada de hepatócito vacuolizados (CV), lipídio hepático (LH), peso absoluto (PAG) e relativo (PRG) da gordura, área (A) e número (N) de adipócitos, concentração de lipídio total nos músculos gastrocômio (G) e peitoral maior (PM) em frangos de corte com 14, 28, 35 e 42 dias de idade, alimentados com diferentes níveis de pectina (0, 1, 3 e 5%).

Pectina (%)	Peso		Fígado				Tecido adiposo				Músculo	
	PC (g)	PAF(g)	PRF(%)	CV(µm)	LH(g/100g)		PAG(g)	PRG(%)	A (µm ²)	N	G(g/100g)	PM
0	1688	31,17	2,22	0,179	2,60		27,32	1,46	1618,22	11,59	0,96	0,83
1	1670	30,07	2,25	0,153	2,75		20,82	1,44	1603,72	10,63	1,08	0,69
3	1493	27,93	2,08	0,139	2,72		22,08	1,38	1430,92	12,30	0,89	0,80
5	1120	22,87	2,24	0,085	2,38		8,30	0,62	543,82	27,81	0,77	0,64
Idade (d)												
14	380	11,59	3,01	0,064	2,80		3,62	0,90	885,82	20,29	1,36	0,92
28	1289	27,76	2,16	0,073	2,70		15,93	1,18	1065,93	16,66	0,85	0,81
35	1847	33,77	1,87	0,089	2,37		23,28	1,30	1554,93	11,11	0,75	0,70
42	2455	39,90	1,72	0,330	2,55		37,74	1,51	1697,19	10,78	0,73	0,52
Pectina	<0,0001	<0,0001	0,1041	<0,0001	0,0320		<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,1325	0,4404
Idade (l)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
P x l	<0,0001	0,0302	0,0005	<0,0001	<0,0001		0,0015	0,0073	<0,0001	<0,0001	0,0014	<0,0001
CV(%) ¹	12,52	13,52	9,89	3,52	13,92		26,69	28,24	18,72	16,80	47,81	54,48
CV(%) ²	10,13	12,33	10,19	3,92	12,21		26,21	30,00	20,37	14,58	37,71	29,69

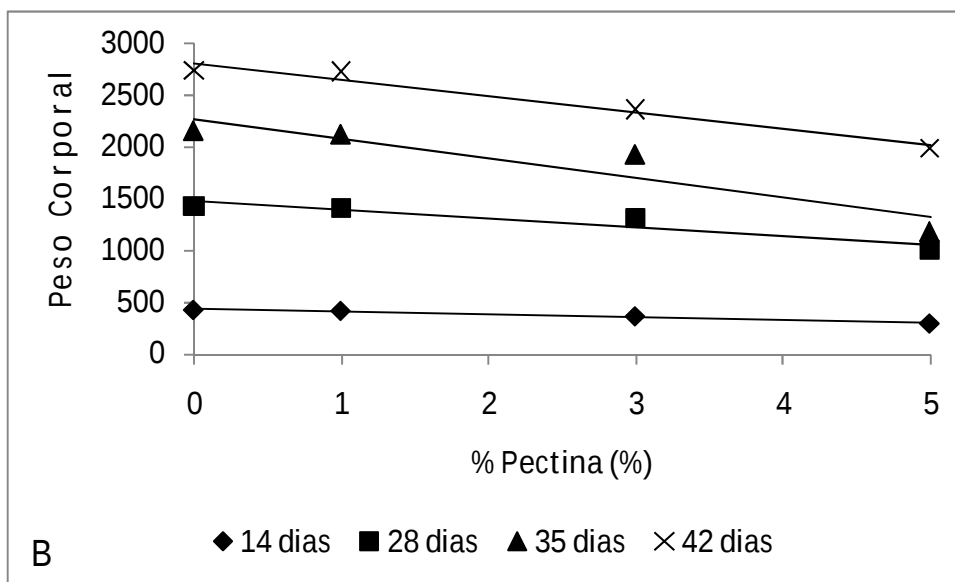
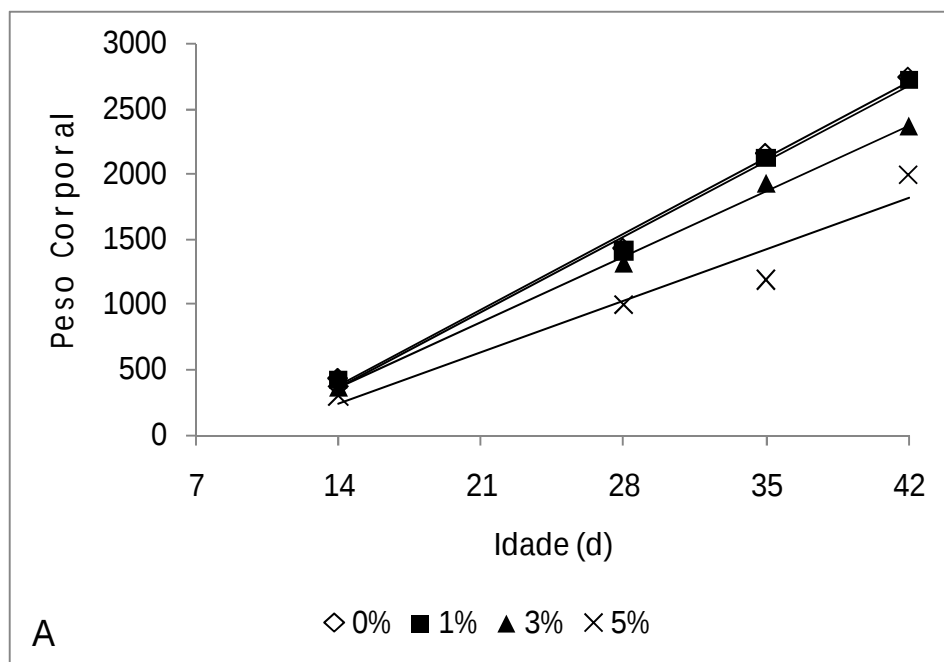
CV(%)¹= coeficiente de variação da parcela

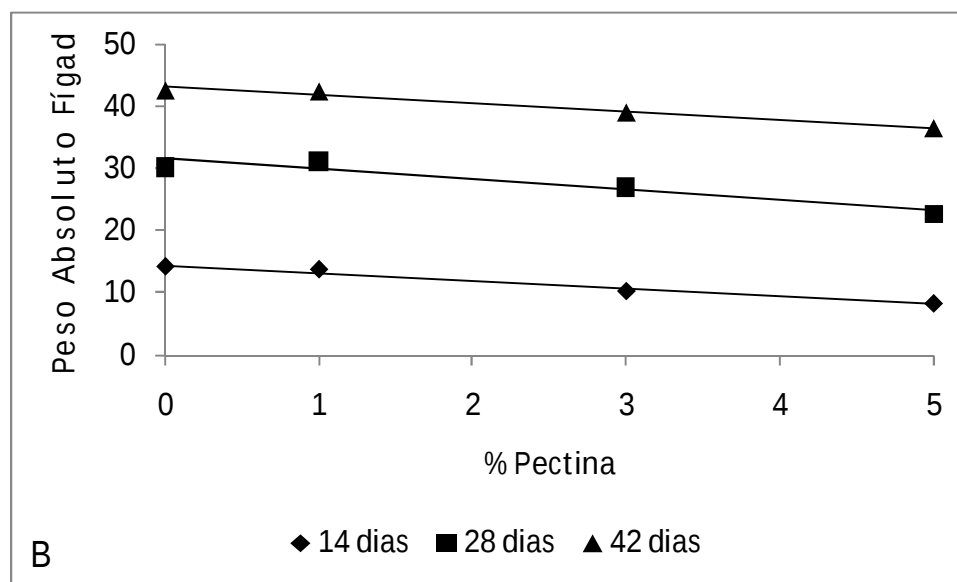
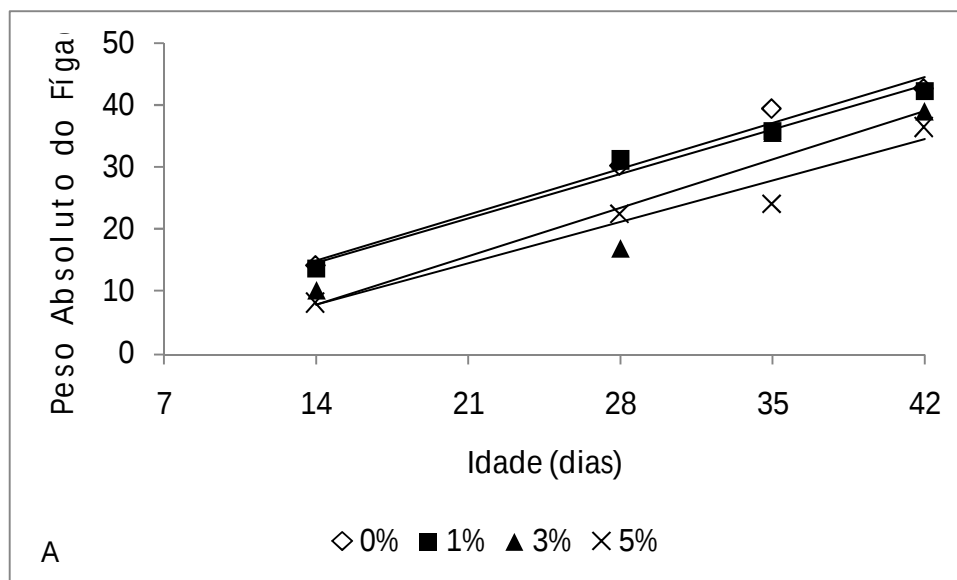
CV(%)²= coeficiente de variação da subparcela

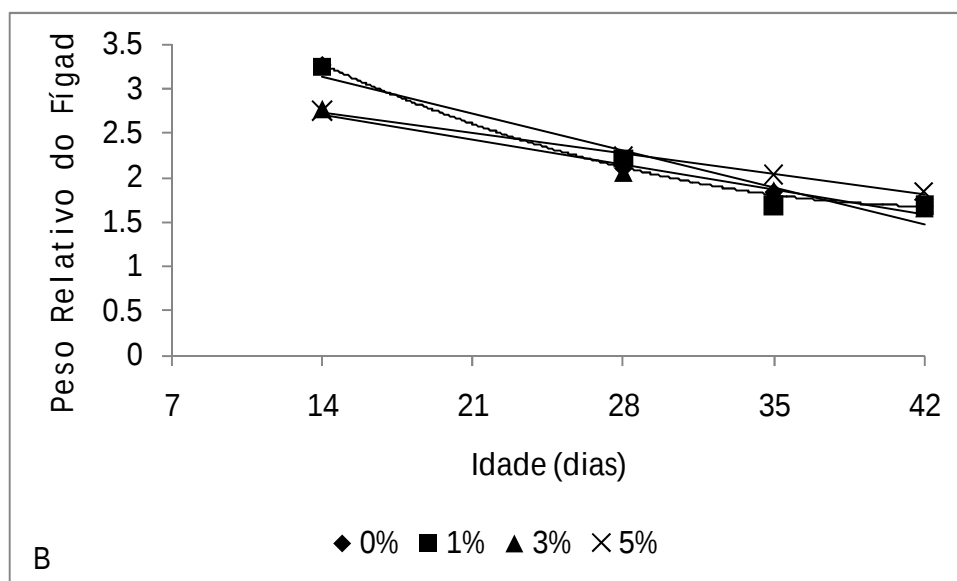
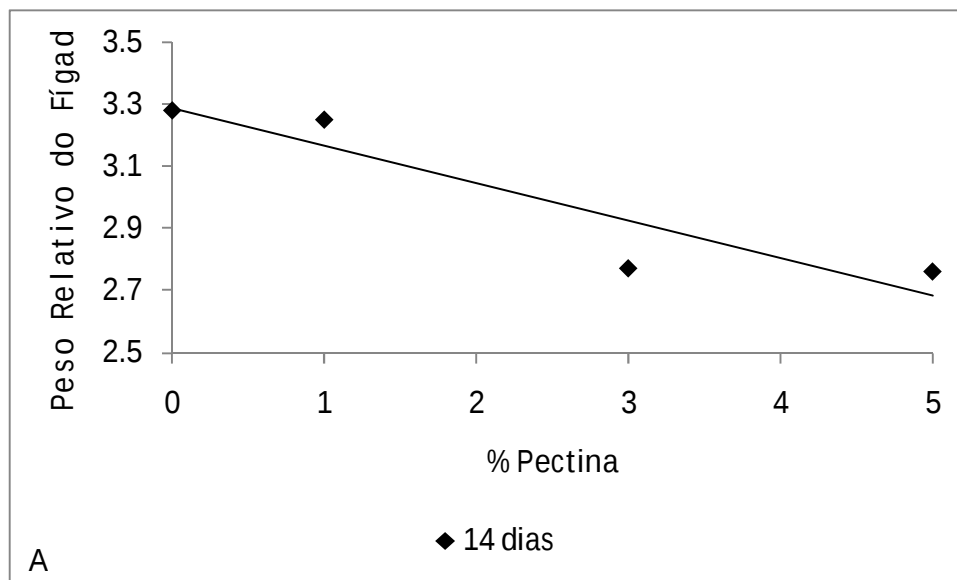
Tabela 3 - Desdobramento da interação entre níveis de pectina e idade para peso corporal, peso absoluto e relativo do fígado, camada de hepatócitos vacuolizada e concentração de lipídio no fígado de frangos de corte.

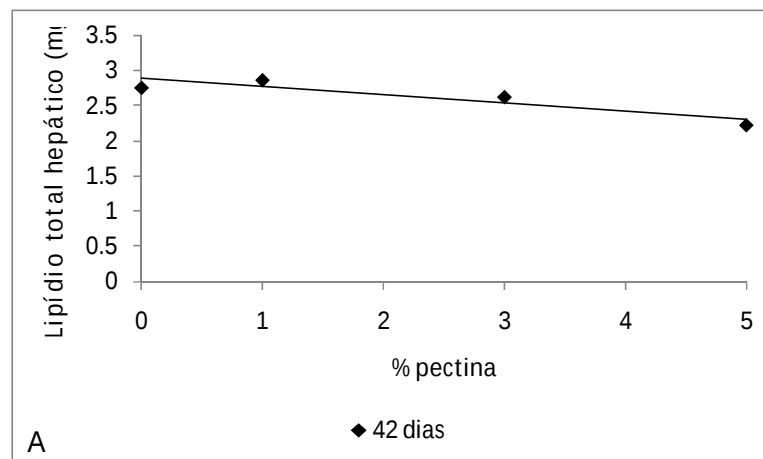
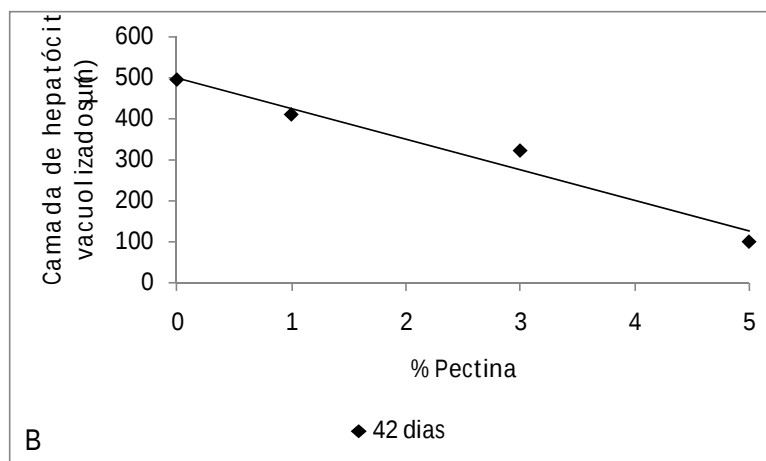
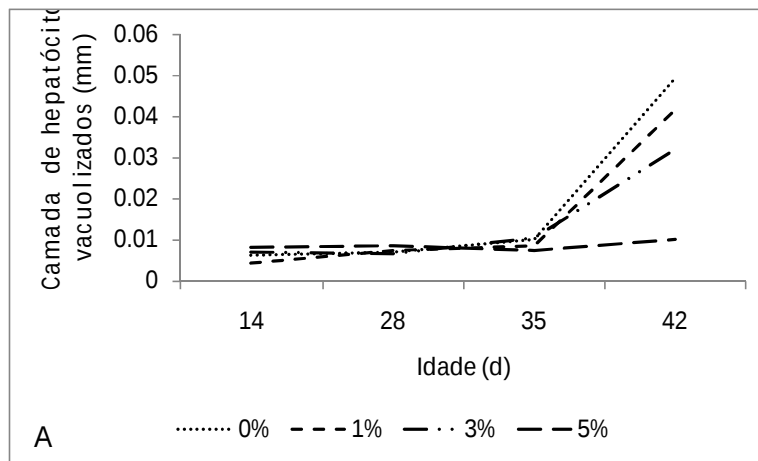
Idade (dias)	Níveis (%)				Linear	Quadrática
	0	1	3	5		
Peso corporal ¹						
14	432,	422	370	299	0,0132	0,1334
28	1429	1410	1316	1001	0,0613	0,1191
35	2155	2120	1927	1188	0,0711	0,1273
42	2738	2728	2362	1993	0,0165	0,4258
Linear	0,0030	0,0031	0,0013	0,0315		
Quadrática	0,4376	0,3459	0,9017	0,4874		
Peso absoluto do fígado ²						
14	14,19	13,72	10,22	8,24	0,0114	0,9406
28	30,25 ABb	31,21	26,96	22,62	0,0449	0,4211
35	39,42	35,81	35,65	24,13	0,1343	0,5816
42	42,66	42,36	39,06 ABa	36,49	0,0140	0,7111
Linear	0,0098	0,0147	0,0100	0,0622		
Quadrática	0,4251	0,7528	0,3334	0,7646		
Peso relativo do fígado ³						
14	3,28	3,25	2,77	2,76	0,0766	0,5971
28	2,10	2,22	2,05	2,24	0,7089	0,6899
35	1,83	1,69	1,85	2,04	0,1979	0,3804
42	1,67	1,69	1,65	1,84	0,2575	0,3364
Linear	0,0316	0,0333	0,0124	0,0026		
Quadrática	0,0483	0,3144	0,1479	0,1479		
Camada de hepatócitos vacuolizados ⁴						
14	0,062	0,042	0,069	0,082	0,2326	0,6323
28	0,068	0,074	0,066	0,084	0,3491	0,5353
35	0,096	0,086	0,103	0,073	0,4749	0,5432
42	0,494	0,409	0,321	0,099	0,0180	0,4581
Linear	0,2746	0,2421	0,2524	0,5928		
Quadrática	0,2647	0,3058	0,2051	0,5441		
Lipídio total ⁵						
14	2,69	3,65	3,00	2,17	0,3930	0,2889
28	2,93	2,78 ABab	2,79	2,28	0,1347	0,1438
35	2,04	2,17	2,58	2,88	0,1474	0,7038
42	2,76	2,58	2,63	2,23	0,0867	0,2013
Linear	0,7873	0,2380	0,2928	0,6220		
Quadrática	0,9087	0,7186	0,7917	0,7455		

Valores expressos em: ^{1,2} gramas, ³ porcentagem (%), ⁴ µm e ⁵ g/100g.









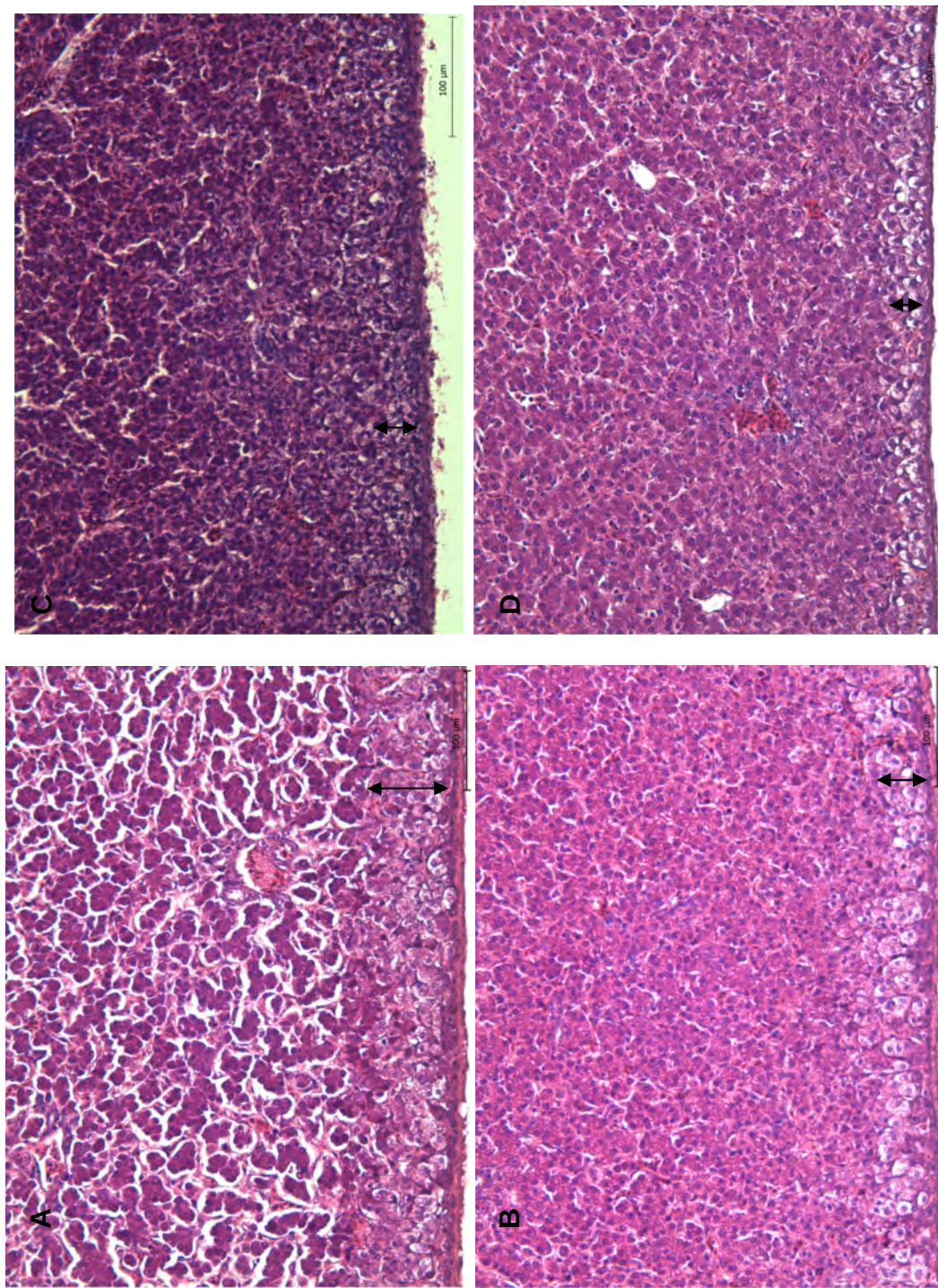


Figura 5 – Fotomicrografia de cortes histológicos do tecido hepático de frangos de corte aos 42 dias, que não ingeriram pectina e ingeriram 1,3 e 5% de pectina (A, B, C e D, respectivamente), mostrando que a camada cortical de hepatócitos vacuolizadas diminuiu com a ingestão de pectina. Coloração HE.

Tecido adiposo

A Tabela 2 mostra que houve interação significativa ($p \leq 0,05$) entre os níveis de pectina e as idades todos os parâmetros analisados no tecido adiposo (pesos absoluto e relativo da gordura, área e número de adipócitos). Os valores médios e das probabilidades da regressão são apresentados na Tabela 4.

O peso absoluto da gordura abdominal aumentou de forma linear ao longo da idade nas aves que receberam ração com 0% ($p \leq 0,05$), 1% ($p \leq 0,051$), e 3% ($p \leq 0,01$) de pectina (Tabela 4, Figura 6A). Nesse caso, a variação no nível de pectina respondeu por mais de 90% da variabilidade do peso absoluto da gordura. Nas aves que receberam 5%, não foi registrado regressão significativa ($p > 0,05$). Quando analisado em função dos níveis de pectina, o peso absoluto da gordura abdominal foi descrito por efeito linear ($p \leq 0,05$) aos 42 dias, idade na qual esse parâmetro diminuiu com o aumento da ingestão da fibra (Figura 6B) e cerca de 97% de sua variabilidade foi explicada pela variação nos níveis de ingestão da fibra. Nas demais idades, não ocorreu regressão significativa ($p \leq 0,05$). O peso relativo da gordura abdominal aumentou linearmente ($p \leq 0,08$) em função da idade nas aves que não receberam pectina (0%) e diminuiu linearmente ($p \leq 0,05$) com o aumento dos níveis de pectina na ração aos 42 dias de idade (Figura 6C). Nesses casos, mais de 97% da variação no peso relativo do fígado foi explicada pela idade e pelos níveis de pectina.

No que se refere ao número de adipócitos (Tabela 4), houve diminuição linear com a idade nas aves que receberam 0% ($p \leq 0,05$), 1% ($p \leq 0,09$) e 5% ($p \leq 0,05$) de pectina (Figura 7B), mas não houve regressão significativa ($p > 0,05$) nas que receberam ração com 3% de fibra. A idade respondeu por mais de 90% da variabilidade no peso absoluto da gordura nos níveis em que foram registradas regressão significativa. Dado em função dos níveis de pectina, o número de adipócitos foi descrito por efeito quadrático ($p \leq 0,07$) aos 14 dias e por efeito linear aos 42 dias (Figura 7A). Aos 14 dias, o menor número de adipócitos foi estimado com a ingestão de 1,759% de pectina. Aos 42 dias, o número de adipócitos diminuiu com o aumento do nível de pectina. Nas demais idades

não ocorreu regressão significativa ($p>0,05$). A variação nos níveis de pectina responderam por 99% da variabilidade no número de células adiposas.

A área dos adipócitos em função da idade apresentou efeito linear ($p\leq 0,05$) nas aves que receberam ração com 0% ($p\leq 0,05$) e 5% ($p\leq 0,10$) de pectina e por efeito quadrático ($p\leq 0,05$) nas que receberam 1% (Figura 7C). Em todas, a área das células aumentou com a idade e praticamente 100% de sua variabilidade foi explicada pela variação na idade. Nas aves que receberam 3% não ocorreu regressão significativa ($p>0,05$). Para a área dos adipócitos dada em função dos níveis de pectina, houve regressão significativa ($p\leq 0,05$) apenas aos 28 e 42 dias, idades nas quais o efeito foi quadrático. Aos 28 dias, a maior área dos adipócitos foi estimada para o consumo de 1,13% de pectina, enquanto que aos 42 dias a maior área foi obtida para 1% de pectina (Figura 6D). Acima de 97% da variação na área dos adipócitos foi explicada pela variação nos níveis de pectina.

Tabela 4 - Desdobramento da interação entre níveis de pectina e idade para peso corporal, peso absoluto do fígado, peso relativo do fígado e do coração, peso absoluto, relativo da gordura abdominal e seus respectivos valores de probabilidade da regressão.

Idade (d)	Níveis (%)				Linear	Quadrática
	0	1	3	5		
Peso absoluto da gordura abdominal ¹						
14	4,21	5,41	3,39	1,45	0,1236	0,4978
28	22,00	14,11	22,01	5,62	0,3237	0,6373
35	30,39	29,51	28,15	7,08	0,1297	0,2069
42	56,78	43,22	34,78	19,05	0,044	0,8892
L	0,0436	0,0509	0,0053	0,1219		
Q	0,3143	0,1132	0,2011	0,3328		
Peso relativo da gordura abdominal ²						
14	0,97	1,28	0,90	0,45	0,1791	0,3791
28	1,50	1,00	1,68	0,55	0,4544	0,6142
35	1,40	1,77	1,47	0,56	0,2118	0,1355
42	1,94	1,69	1,46	0,94	0,0130	0,6156
L	0,0742	0,3752	0,2917	0,1724		
Q	0,8353	0,6517	0,2760	0,3638		
Número de adipócitos						
14	18,70	12,70	15,60	34,14	0,2509	0,0358
28	12,33	12,24	14,19	27,87	0,1083	0,1292
35	7,32	9,80	9,43	23,54	0,1280	0,3388
42	8,04	7,76	9,98	15,20	0,0628	0,1054
L	0,0440	0,0886	0,1156	0,0298		
Q	0,5382	0,2111	0,8751	0,2345		
Área dos adipócitos ³						
14	800,1	1320,0	1050,0	373,2	0,3885	0,2381
28	1429,8	1325,1	1016,8	492,0	0,0149	0,0645
35	2230,3	1630,8	1833,7	524,9	0,1278	0,6141
42	2091,6	2506,0	1823,2	785,2	0,1027	0,0724
L	0,0711	0,1612	0,1716	0,0948		
Q	0,7300	0,0357	0,6958	0,6995		

Valores expressos em: ¹ gramas, ² porcentagem (%) e ³ μm^2 .

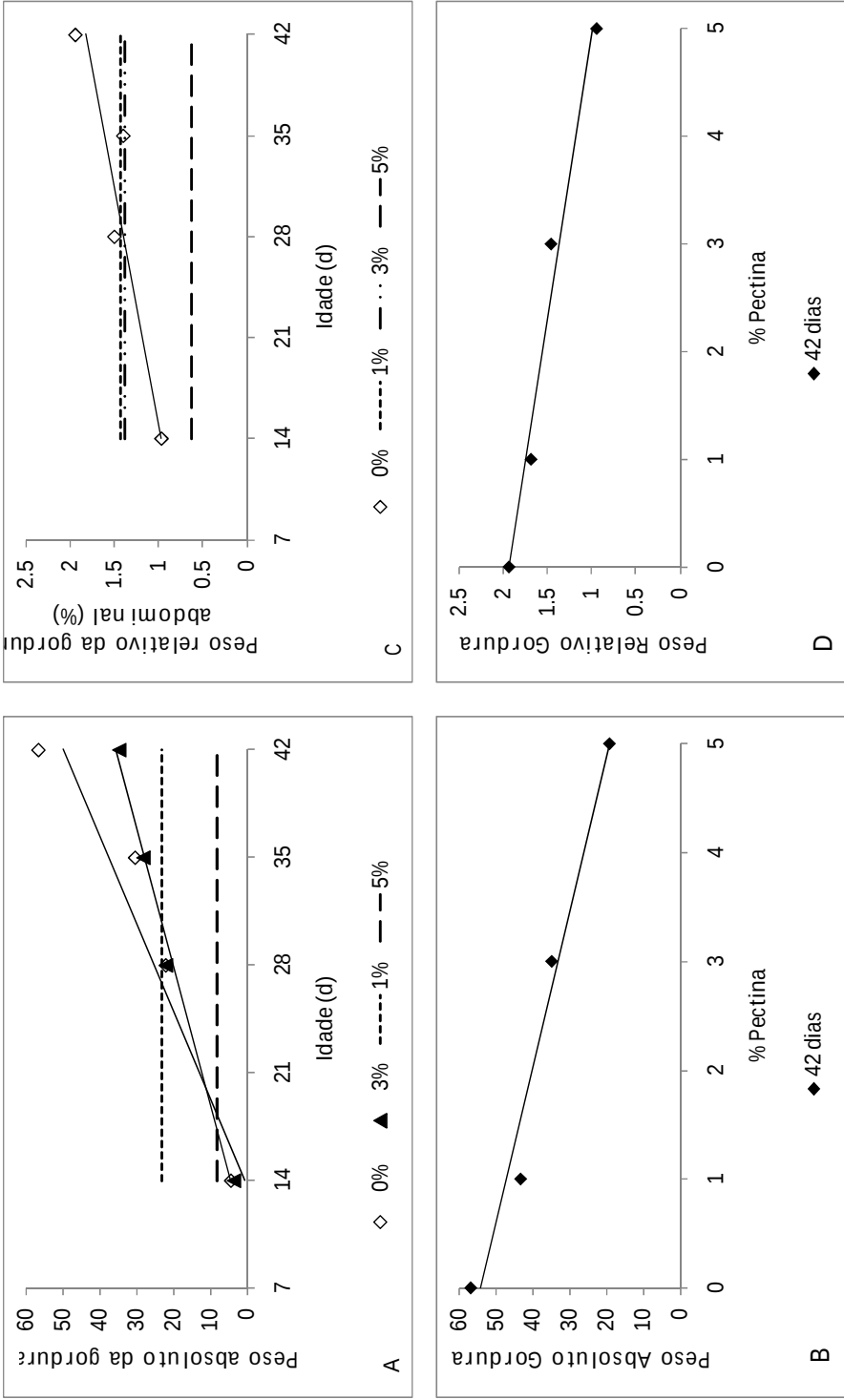


Figura 6 – Regressão para: (A) Peso absoluto da gordura em função da idade de frangos de corte que receberam 0, 1 e 3% de pectina $[y(0\%)=1,75x - 23,716, R^2=0,91; y(1\%)=1,3449x - 17,116, R^2=0,92; y(3\%)=1,124x - 11,358, R^2=0,99]$, (B) Peso absoluto da gordura em função dos níveis de pectina em frangos de corte com 42 dias de idade $[y(42\text{dias})= - 7,00x + 54,22, R^2=0,97]$, (C) Peso relativo da gordura em função da idade em frangos que não ingeriram $[y(0\%)= 0,0308 + 0,5357, R^2=0,86]$ e (D) Peso relativo da gordura em função do nível de pectina em frangos com 42 dias de idade $[y(42\text{dias})= - 0,19x + 1,93, R^2=0,97]$.

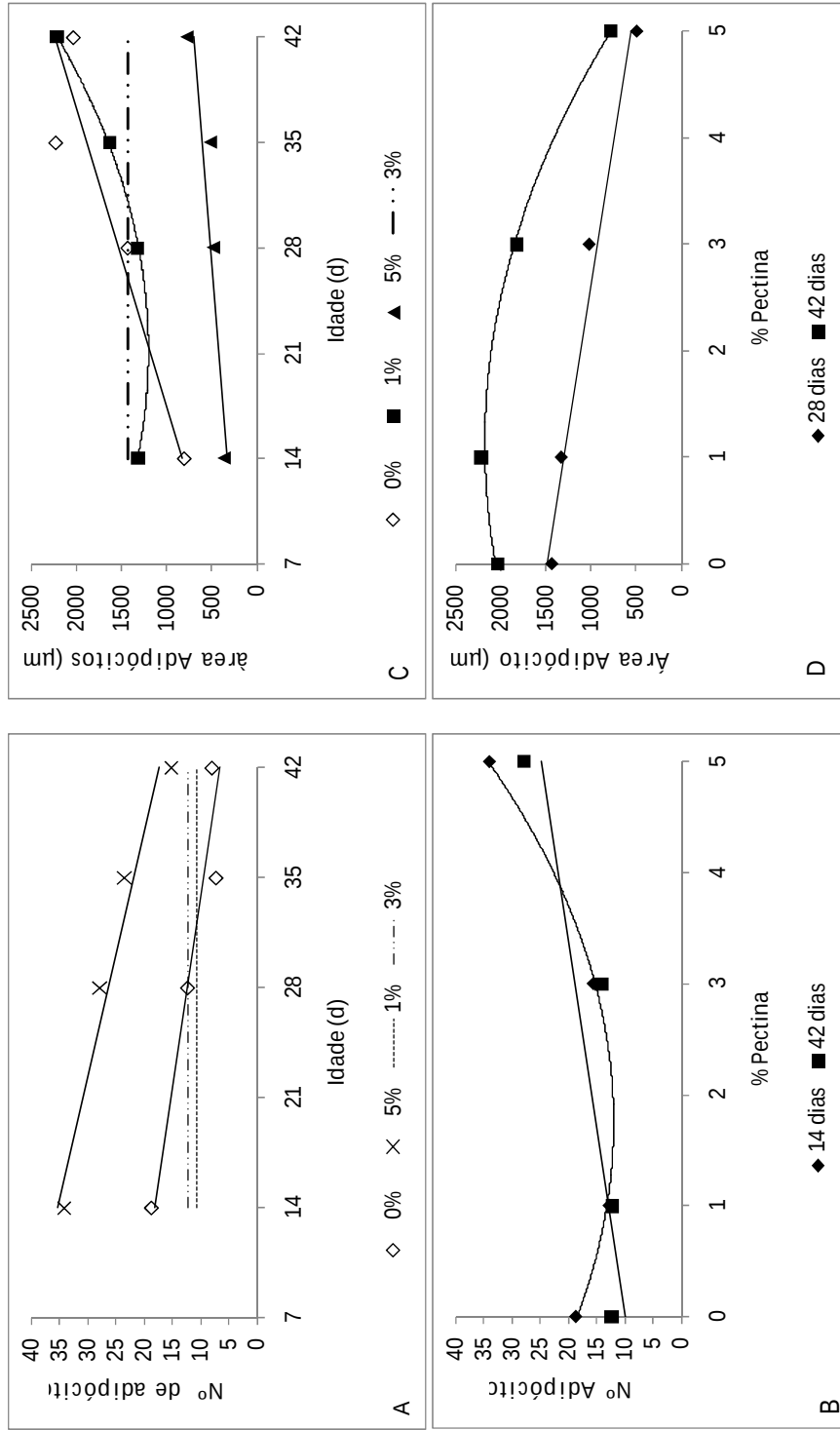


Figura 7 – Regressão para: (A) número de adipócitos em função da idade em frangos de corte que ingeriram 0, 1 e 5% de pectina [$y(0\%) = -0,4179x + 24,03$, $R^2=0,91$; $y(1\%) = -0,1755x + 15,851$, $R^2=0,83$; $y(5\%) = -0,4843x + 41,104$, $R^2=1$], (B) número de adipócitos em função do nível de pectina em frangos de corte com 14 e 42 dias de idade [$y(14\text{dias}) = 2,11x^2 - 7,38x + 18,45$, $R^2=0,99$; $y(42\text{dias}) = 2,4386x + 6,0431$, $R^2=0,80$], (C) área dos adipócitos em função da idade em frangos que ingeriram 0, 1 e 5% de pectina [$y(0\%) = -50,22x + 129,77$, $R^2=0,82$; $y(1\%) = 2,3185x^2 - 98,087x + 2240,9$, $R^2=1$; $y(5\%) = 13,145x + 152,77$, $R^2=0,86$] e (D) área dos adipócitos em função do nível de pectina em frangos de corte com 28 e 42 dias de idade [$y(28\text{ dias}) = -186,396x + 1486,6$, $R^2=0,97$; $y(42\text{ dias}) = -93,693x^2 + 212,43x + 2057$, $R^2=1$].

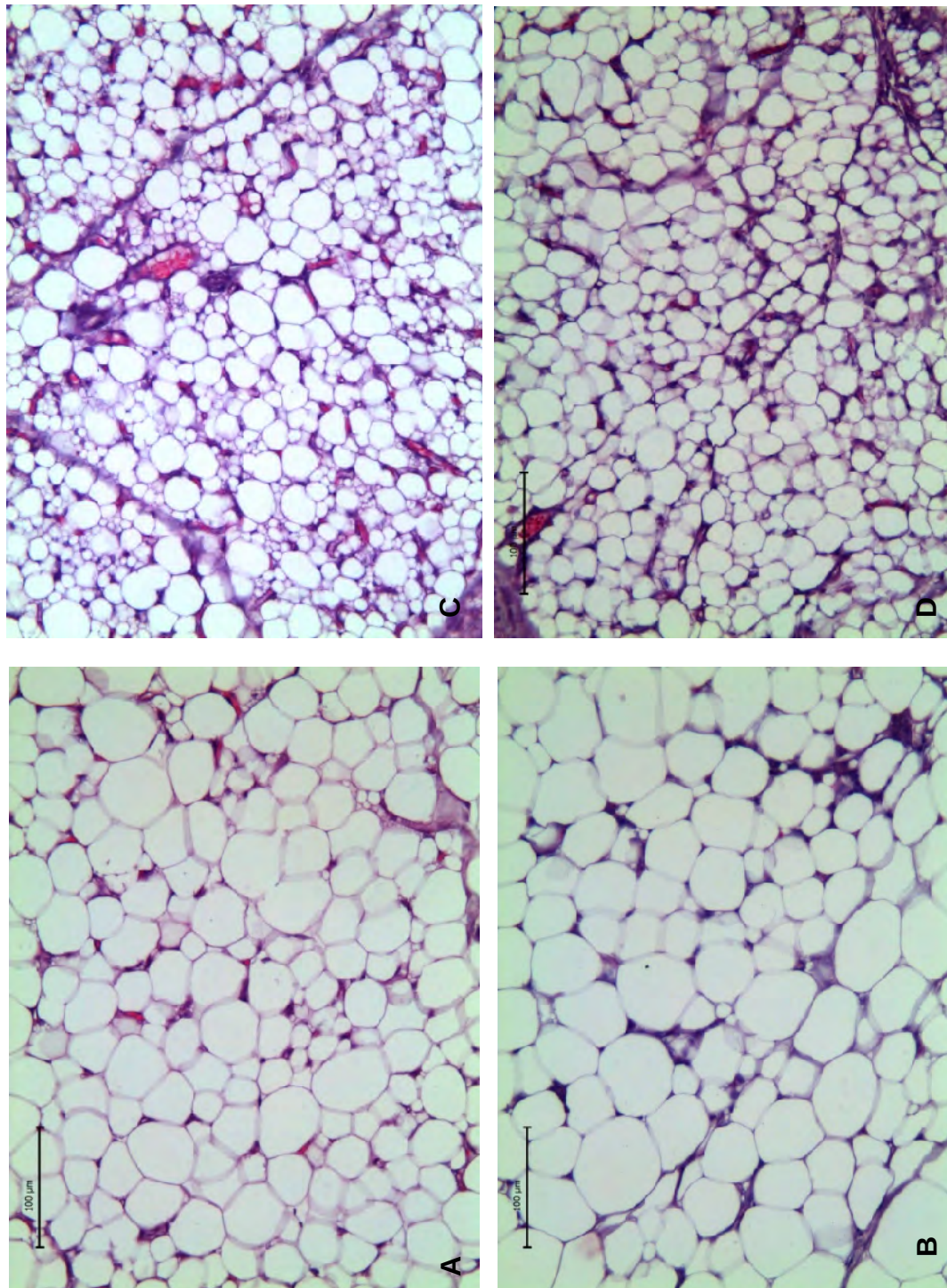


Figura 8 – Fotomicrografia de cortes histológicos do tecido adiposo de frango de corte aos 14 dias (A e C) e 28 dias (B e D) que não ingeriram pectina (A e B) e ingeriram 5% de pectina (C e D). Coloração HE.

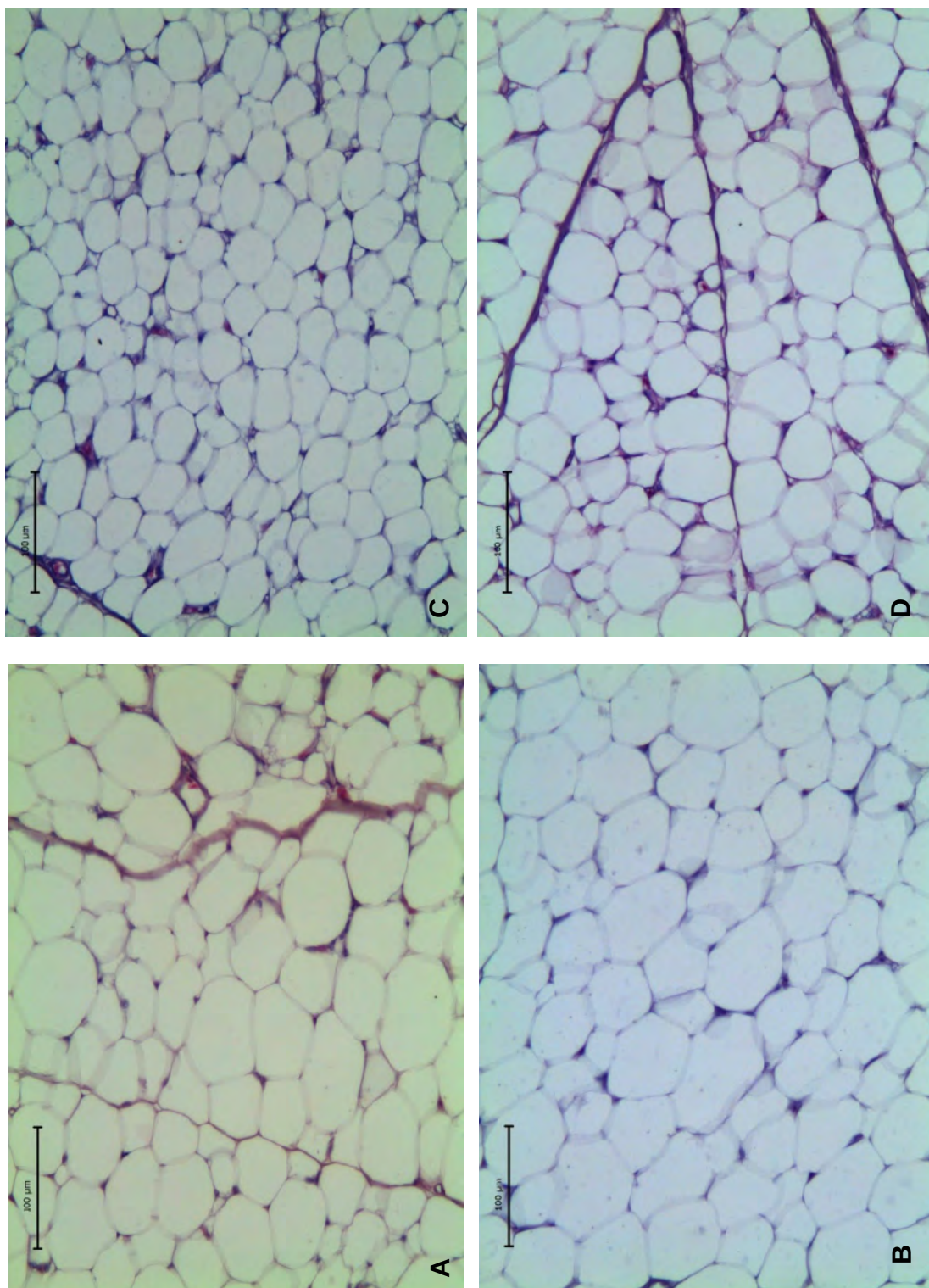


Figura 9 – Fotomicrografia de cortes histológicos do tecido adiposo de frango de corte aos 35 dias (A e C) e 42 dias (B e D) que não ingeriram pectina (A e B) e ingeriram 5% de pectina (C e D). Coloração HE.

Tecido muscular

Houve interação significativa ($P < 0,01$) entre os níveis de pectina e as idades avaliadas para lipídio total nos músculos gastrocnêmio e peitoral maior (Tabela 2). Os valores das médias e da probabilidade das regressões referentes ao desdobramento dessa interação constam da Tabela 5.

A concentração de lipídio no músculo gastrocnêmio diminuiu linearmente com o aumento dos níveis de pectina na ração aos 14 dias e aos 28 dias de idade (Figura 9A) e houve efeito quadrático ($P \leq 0,10$) (Figura 9B). A não ingestão de pectina proporcionou redução linear na concentração de lipídio total no músculo peitoral maior ao longo do período experimental (Figura 9C). Aos 14 e 35 dias, para esse mesmo músculo, ocorreu redução na concentração de pectina com o aumento dos níveis de pectina ingeridos (Figura 9D).

Tabela 5 – Desdobramento da interação entre níveis de pectina e idade para concentração de lipídio total nos músculos gastrocnêmio e peitoral maior de frangos de corte.

Idade (dias)	Pectina (%)				Linear	Quadrática
	0	1	3	5		
Gastrocnêmio ¹						
14	1,73	1,76	1,06	0,88	0,0464	0,8576
28	0,72	0,65	0,70	0,93	0,2092	0,0537
35	0,75	0,81	0,88	0,52	0,4121	0,1608
42	0,66	1,13	0,95	0,74	0,8937	0,4115
L	0,1011	0,3835	0,6932	0,4391		
Q	0,2285	0,0860	0,2634	0,9883		
Peitoral Maior ¹						
14	1,22	0,99	1,00	0,48	0,0830	0,5937
28	0,83	0,49	0,98	0,91	0,4756	0,9389
35	0,67	0,61	0,53	0,43	0,0019	0,9624
42	0,64	0,68	0,70	0,86	0,2426	0,3722
L	0,0267	0,6571	0,2515	0,8021		
O	0,1858	0,1939	0,9882	0,7499		

¹Valores expressos em g/100g.

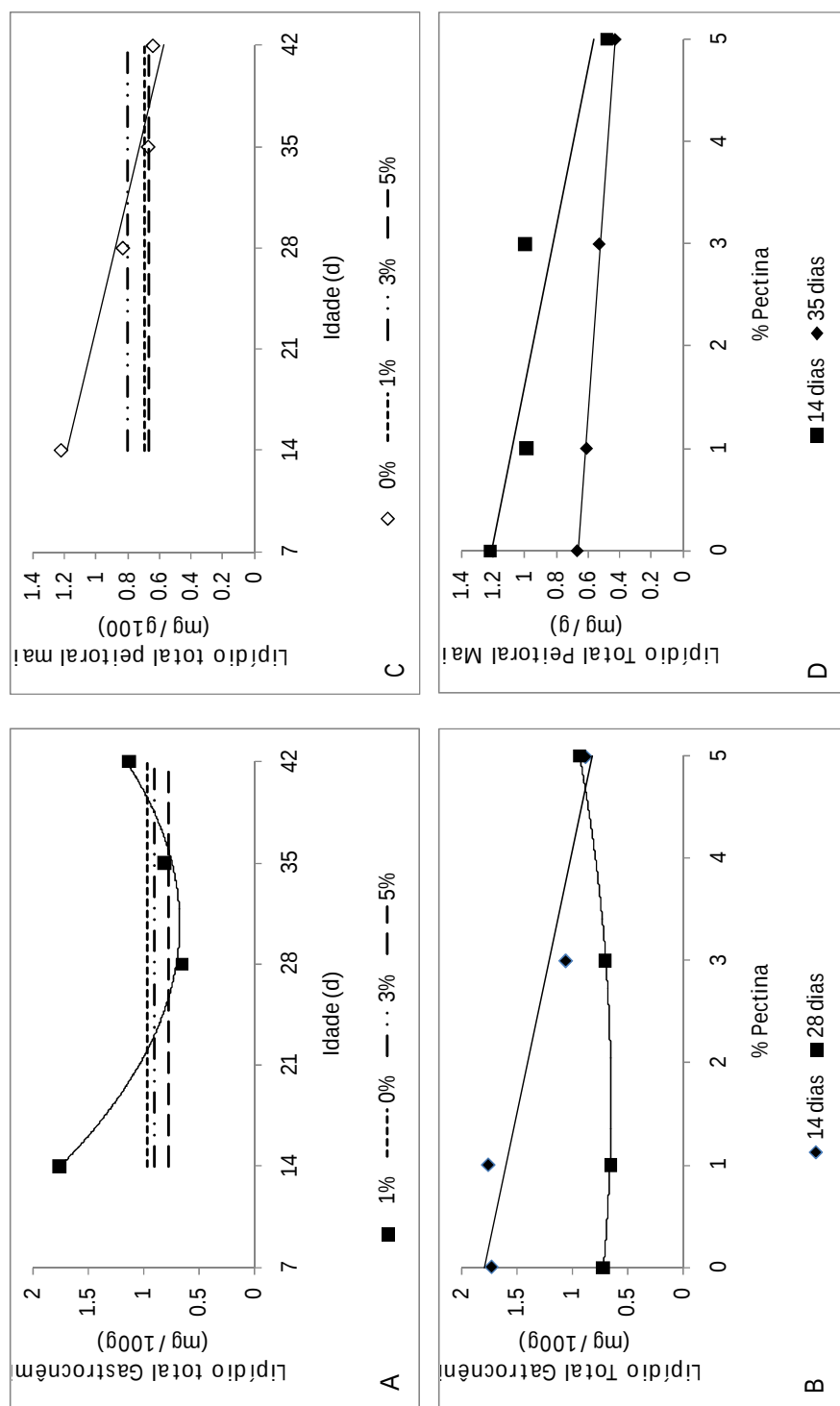


Figura 10 – Regressão para: (A) Concentração de lipídio total no músculo gastrocnêmio em função da idade em frangos que ingeriram 1% de pectina [$y(1\%) = 0,0038x^2 - 0,2361x + 4,3045$; $R^2=0,99$], (B) Teor de lipídio total no músculo gastrocnêmio em função dos níveis de pectina em frangos com 14 e 28 dias de idade [$y(14 \text{ dias}) = -0,195x + 1,80$, $R^2=0,91$; $y(28 \text{ dias}) = 0,0251x^2 - 0,0824x + 0,7156$; $R^2=1$], (C). Concentração de lipídio total no músculo peitoral maior em função dos níveis de pectina [$y(0\%) = -0,0217x + 1,486$, $R^2=0,95$], e (D) Concentração de lipídio total no músculo peitoral maior, em função da idade de avaliação [$y(14 \text{ dias}) = -0,1297x + 1,2142$, $R^2=0,84$; $y(35 \text{ dias}) = -0,047x + 0,665$, $R^2=0,99$].

Discussão

No que se refere aos pesos corporal e hepático dos frangos, os dados mostram que eles aumentaram com a idade em todos os níveis de pectina e que seus pesos foram menores quanto maior foi a porcentagem de ingestão da pectina na ração durante todo o período experimental. Esses dados mostraram que a ingestão de pectina alterou o crescimento das aves, e influenciou negativamente seu ganho de peso, resultando em pesos corporais menores à idade de abate do que os observados para as aves que não ingeriram a fibra. Fibras solúveis têm a propriedade de hidratar-se e formar géis (FIETZ & SALGADO, 1999; GUTKOSHI & TROMBETA, 1999; CONTE et al., 2003; SANTOS JÚNIOR, 2003), interferindo na digestão e na absorção de nutrientes (READ, 1987; KLOPFENSTEIN, 1988; LEVIN, 1989). Frangos de corte na fase de crescimento apresentaram aumento da viscosidade intestinal e piora na digestibilidade dos nutrientes e aproveitamento energético de rações contendo 1, 3 e 5% de pectina (Capítulo 2), bem como redução no consumo dessas rações e piora nas conversões alimentares (Capítulo 3). Assim, o efeito negativo da ingestão de pectina sobre os pesos corporal e hepático dos frangos deve ser resultante dessas alterações nos processos intestinais. A viscosidade da solução gelatinosa formada pela pectina depende de fatores como o tamanho e a ramificação ou não das moléculas, a presença de cargas livres, as estruturas adjacentes e, principalmente, a concentração (SMITS & ANNISON, 1996). Em baixas concentrações, os polissacarídeos aumentam a viscosidade pela interação direta com as moléculas da água. Em altas concentrações, os polissacarídeos interagem entre si formando uma rede (gel) (MORRIS & ROSS-MURPHY, 1981). Isso explica a redução linear dos pesos corporal e do fígado dos frangos registrada no presente estudo com o aumento da concentração de pectina na ração. Redução dos pesos corporal e hepático com a ingestão de pectina também foi registrada para ratos por PIEDADE & CANNIATTI-BRAZACA (2003) e MAROUNEK et al. (2007) e por KELLEY & TSAI (1978) e Rolandelli et al. (1989), indicando um mesmo efeito desta fibra solúvel sobre aves e mamíferos. Diferentemente, JIMÉNEZ-MORENO et al. (2009, 2010) não observaram efeito da inclusão de fibra solúvel ou insolúvel sobre

o peso do fígado, o que pode estar relacionado com diferenças na origem e nas concentrações das fibras utilizadas pelos autores.

O peso relativo do fígado diminuiu com a idade nas aves que receberam ração com e sem pectina. Isso ocorre pelo aumento do peso corporal ao longo da idade ser muito maior que o do órgão. Ainda de acordo com os dados, diferença no peso relativo do fígado entre os níveis de pectina ocorreu apenas aos 14 dias, indicando efeito temporário da ingestão da fibra sobre este parâmetro, o qual está relacionado com a redução concomitante do peso corporal e do peso absoluto do órgão na referida idade.

Em nenhum dos tratamentos, foi registrado regressão significativa para a espessura da camada de hepatócitos vacuolizados em função da idade. Apesar disso, observou-se aumento numérico acentuado na espessura dessa camada de 35 para 42 dias de idade, indicativo de intensa ativação da lipogênese hepática na última semana de criação. O aumento na espessura dessa camada foi de 500% nas aves que receberam 0 e 1% de pectina, de 300% nas aves que ingeriram 3% e de 20% nas aves que ingeriram 5% de pectina. Essa diferença na porcentagem de aumento da espessura da camada de hepatócitos vacuolizados entre os níveis de fibra explica a redução da camada de hepatócitos vacuolizados e da concentração lipídica registrada aos 42 dias com o aumento do nível de ingestão de pectina. De acordo com os dados observados no Capítulo 2, na fase de crescimento dos frangos, a digestibilidade da ração diminui e a excreção de lipídio (esteatorréia) aumentou com o aumento da ingestão de fibra. Dessa forma, a redução da lipogênese com o aumento da porcentagem de pectina observada nos frangos aos 42 dias deve ser resultante da diminuição da digestibilidade e aumento da excreção lipídica proporcionados pela mesma. Esteatorréia acompanhada por diminuição dos sais biliares necessários para digestão das gorduras pode levar a esteatose (MALLMANN et al., 2007).

Segundo LEENSTRA (1986), cerca de 2 a 3% do peso vivo do frango correspondem à gordura acumulada na cavidade abdominal. As aves do presente estudo, principalmente as que receberam 5% de pectina, apresentaram níveis abaixo de 2%. A redução no peso absoluto e relativo da gordura abdominal com o aumento dos níveis de ingestão de pectina, aos 42 dias, tal como ocorreu para o peso hepático,

indica uma relação com o crescimento corporal. Tais dados devem ser decorrentes da redução de digestibilidade do lipídio (extrato etéreo) com o aumento da ingestão de pectina (Capítulo 2). O aumento do peso corporal e o aumento do peso da gordura abdominal foram proporcionais, por isso o peso relativo foi igual ao longo do período experimental.

A área dos adipócitos diminuiu com o aumento na ingestão de pectina aos 28 e 42 dias de idade. Embora tenha ocorrido aumento na concentração da lipoproteína VLDL e na concentração de glicose sanguínea aos 28 dias, conforme registrado no Capítulo 4, a redução na área dos adipócitos pode ter ocorrido devido a uma menor atividade da lipase-lipoprotéica, conforme foi observado por ASP et al. (1983) em ratos alimentados com pectina de alta metoxilação. Em estudo realizado com pectina e ácido galacturônico em ratos foi observado que estes animais poucas horas após a administração oral sofrem alterações nos níveis de produção e remoção de triacilglicerol, lipídios séricos e de tecido adiposo (SUZUKI & KAJUU, 1983). De acordo com os autores, estas alterações no metabolismo lipídico decorrem de alteração no balanço hormonal causado pela absorção de ácido galacturônico, principal produto na degradação de substâncias pécticas, no decréscimo do efeito da insulina pós-prandial. Esta redução na resposta do hormônio insulina suprime a lipogênese e aporte de glicose aos tecidos. Sabe-se que a lipase-lipoprotéica é o regulador mais importante para deposição dos triglicérides (WAJCHENBERG, 2002), uma vez que hidrolisa os triglicerídeos das lipoproteínas VLDL e quilomicra, liberando os ácidos graxos que são captados pelo adipócito e que a mesma é regulada pela concentração de insulina (CHAMPE & HARVEY et al. 2006).

A diminuição do número de células adiposas com a idade ocorreu concomitantemente com o aumento de sua área nas aves que ingeriram 0, 1 e 5% de pectina, indicando que ocorreu hipertrofia celular e, que a ingestão de pectina não impediu a deposição de gordura no tecido adiposo. Esse aumento, entretanto, foi menor nas aves que ingeriram o mais alto nível de fibra (5%). Aos 42 dias, observou-se diminuição da área dos adipócitos e aumento concomitante do número dessas células

com o aumento nos níveis de pectina, indicativos de diminuição na deposição lipídica com o aumento na ingestão da fibra.

Na lipogênese, no período pós-pandrial e com maior oferta de nutrientes, ocorre aumento da liberação de insulina. Neste processo, reações bioquímicas em cadeia que tem início a partir de substratos lipídicos resultam em biossíntese e esterificação de ácidos graxos para formação de triacilgliceróis que são incorporados e armazenados na gota lipídica do adipócito. Nesta situação, a lipogênese depende da atividade de enzimas induzidas pela insulina como, por exemplo, a ácido graxo sintase e a acetil-CoA-carboxilase (KOVACS & WESTERP-PLATENGA, 2006; VÁSQUEZ-VELA et al., 2008). Segundo os dados registrados no Capítulo 2, o aumento nos níveis de ingestão de pectina na ração diminuiu a digestibilidade lipídica nos frangos. Dessa forma, outra via de síntese, incorporação e armazenamento de lipídios deve ter ocorrido nas aves que ingeriram pectina, no caso a lipogênese *de novo*, a qual utiliza substratos não lipídicos, como os carboidratos e aminoácidos. Estudos bioquímicos postularam que esta via envolve, entre outros fatores, uma cadeia de reações que se inicia pela formação de acetil-CoA (proveniente de glicólise anaeróbia) que, pela ação da acetil-CoA carboxilase, resulta em formação de malonil-CoA, indispensável para síntese de ácido graxo (JENA et al., 2002; KOVACS & WESTERP-PLATENGA, 2006).

O efeito da ingestão de pectina sobre o conteúdo lipídico dos músculos gastrocnêmios não ocorreu em todas as idades e nem foi o mesmo nas idades afetadas. Ele ocorreu apenas aos 14 e 28 dias, sendo que aos 14 dias houve diminuição do conteúdo lipídico com o aumento da ingestão de pectina e aos 28 dias houve uma redução apenas com 1% de ingestão da fibra. No caso dos músculos peitorais, efeito da ingestão de pectina ocorreu aos 14 e 35 dias, nos quais o conteúdo de lipídio diminuiu com o aumento da ingestão da fibra. Dessa forma, os dados mostram que a ingestão de pectina altera as características da carne do peito e da coxa dos frangos, mas que esse efeito fica restrito à idades anteriores à idade de abate. Os dados observados nesse experimento coincidem com os de TOGASHI (2004), que também não encontrou diferenças no conteúdo lipídico do peito e coxa+sobrecoxa entre frangos alimentados ou não com ração contendo farelo de semente e de casca de

maracujá. O mesmo foi registrado por MOURÃO et al. (2008) em frangos alimentados com polpa cítrica.

Conclusão

Conclui-se que o aumento na ingestão de pectina promove diminuição na camada de hepatócitos vacuolizados, na concentração de lipídio total hepático e na área dos adipócitos, e aumento no seu número de adipócitos, indicativos de redução na absorção e deposição lipídica, e que a ingestão de 1% de pectina proporciona menor concentração de lipídio total no músculo peitoral maior aos 35 dias de idade.

Referências

ARTISS, J.D.; BROGAN, K.; BRUCAL, M.. MOGHADDAM, M.; JEN, K.L.C. The effects of a new soluble dietary fiber on weight gain and selected blood parameters. **Metabolism**, v. 55, p.195-202, 2006.

ASP, N.-G.; BAUER, H. G.; NILSSON-EHLE, P.; ÖSTE, R. Pectins and Guar Gum: Effect on Plasma Lipoproteins and Tissue Lipoprotein Lipase Activity in Rats. Unconventional Sources of Dietary Fiber: Physiological and in Vitro Functional Properties. Ed: Ivan Furda . 1983 **American Chemical Society**, v. 214, capítulo 7, p 93-104, 1983.

BEHMER, O.A.; TOLOSA, E.M.C.; FREITAS NETO, A.G. **Manual de Técnicas para Histologia Normal e Patológica**. São Paulo: Edart. p. 315. 1976.

BLIGH,E.G.; DYER,W.J. A rapid method for total lipid extraction and purification. *Can.J.Biochem.Physiol.* 37:911-917, 1959.

BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Teores de colesterol em carne de frango. **Ver. Farm. Bioquím.** v. 2, p. 122-131, 1992.

CHAMPE, P.C.; HARVEY, R.A. **BIOQUÍMICA ILUSTRADA**. Porto Alegre, Artes Médicas, 2006.

CHO, I. J.; LEE, C.; Há, T.Y. Hypolipidemic effect of soluble fiber isolated from seed of Cassiadora Linn, in rats fed a high-cholesterol diet. **Journal of Food Chemistry**, v.55, p.1592-1596, 2007

CONTE A.J., TEIXEIRA A.S., FIALHO E.T., SCHOULTEN N.A.; BERTECHINI A.G. Efeito da Fitase e Xilanase sobre o Desempenho e as Características Ósseas de Frangos de Corte Alimentados com Dietas Contendo Farelo de Arroz. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p.1147-1156, 2003.

DELZENNE, N.M.; DAUBIOUL, C.; NEYRINCK, A.; LASA, M.; TAPER, H.S. Inulin and oligofructose modulate lipid metabolism in animals: review of biochemical events and future prospects. **British Journal of Nutrition**, v.87, n.2, p.255-259, 2002.

DIAS, L.T.S. **Metabolismo hepático de lipídios em frangos de corte (*Gallus domesticus*) com diferentes níveis de proteína e energia na dieta**. 59f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1999.

FIETZ, V.R.; SALGADO, M.S. Efeito da pectina e da celulose nos níveis séricos de colesterol e triglicerídeos em ratos hiperlipidêmicos. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 19, n.3, p.3218-321, 1999.

FRIEDWALD, W.T.; LEVY, R.I.; FREDRICKSON, D.S. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. **Clinical Chemistry**, v.18, n.6, p.499-502, 1972.

GUTKOSKI, L.C.; TROMBETA, C.; **Avaliação dos teores de fibra alimentar e de betaglicanas em Cultivares de Aveia**. Ciencia e Tecnologia de Alimentos, v. 19, n 3, 1999.

HAYS, N.P.; STARLING, R.D.; LIU, X.; SULLIVAN, D.H.; TRAPPE, T.A.; FLUCKEY, J.D.; EVANS, W.J. Effects of an ad libitum low-fat. High-carbohydrate diet on body weight. Body composition. And fat distribution in older men and women. **Archives of Internal Medicine**, v. 164, p.210-217, 2004.

JENA, B.S.; JAYAPRAKASHA, G.K.; SINGH, T.P.; SAKARIAH, K.K. Chemistry and biochemistry of (-)-hydroxycitric from Garcinia. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.50, p.10-22, 2002.

JIMÉNEZ-MORENO, E.; GONZÁLEZ-ALVARADO, J. M.; LÁZARO, R.; MATEOS, G. G. Effects of type of cereal, heat processing of the cereal, and fiber inclusion in the diet on gizzard pH and nutrient utilization in broilers at different ages. **Poultry Science**, v. 88, p.1925-1933, 2009.

JIMÉNEZ-MORENO, E.; GONZÁLEZ-ALVARADO, J.M.; GONZÁLEZ-SÁNCHEZ, D.; et al. Effects of type and particle size of dietary fiber on growth performance and digestive traits of broilers from 1 to 21 days of age. **Poultry Science**, v. 89, n.10, p.:2197-212, 2010

KELLEY. J.J.; TSAI, A.C. Effect of pectin, gum Arabic and agar on cholesterol absorption, synthesis, and turnover in rats. **The Journal of Nutrition**, v. 108, p.630-639, 1978.

KLOPFENSTEIN, C. F. The role of cereal beta-glucans in nutrition and health. **Cereal Foods World**, v.33, p.865-868, 1988.

KOVACS, E.M.R.; WESTERP-PLATENGA, M.S. effects of (-)-hydrocycitrate on net fat synthesis as de novo lipogenesis. **Physiology & Behavior**, v.88, p. 371-381, 2006.

LEENSTRA, F.R. Effect of age, sex, genotype and enviroment of fat deposition in broiler chickens. **World's Poultry Science Journal**, v. 42, n.1, p.12-25, 1986.

LEVIN, R. J. Dietary carbohydrate and kinetics of intestinal functions in relation to hexose absorption. In: DOBBING, J. **Dietary starches and sugars in man: a comparison**. New York. Springer-Verlag, p. 87-117, 1989.

MALLMAN, C.A.; DILKIN, P.; GIACOMINI, L.Z.; RAUBER, R.H. Micotoxinas na produção avícola. **Avicultura Industrial**, n.7, ed.1158, p.30-41, 2007.

MAROUNEK, M.; VOLEK, Z. SYNITSYA, A.; ČOPÍKOVÁ, J. Effect of Pectin and Amidated Pectin on Cholesterol Homeostasis and Cecal Metabolism in Rats Fed a High-Cholesterol Diet. **Physiology Research**, v. 56, p. 433-442, 2007.

MORRIS, E.R.; ROSS-MURPHY, S.B. **The Techniques in Carbohydrate Metabolism**. (Northcote, P.H. ed.) Amsterdam, p. 2001-246, 1981.

MOURÃO, J.L.; PINHEIRO, V.M.; PRATES, J.A.M.; BESSA, R.J.B.; FERREIRA, L.M.A.; FONTES, C.M.G.A.; PONTE, P.I.P. Effect of dietary dehydrated pasture and citrus pulp on the performance and meat quality of broiler chickens. **Poultry Science**, v.87, p. 733-743, 2008.

PIEIDADE, J.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Comparação entre o efeito do resíduo do abacaxizeiro (caules e folhas) e da pectina cítrica de alta metoxilação no concentração

de colesterol sangüíneo em ratos. **Ciências e Tecnologia Alimentar**, v. 23, n. 2, p.149-56. 2003.

READ, N.W. Viscosity of food gums determined *in vitro* related to their hypoglycemic actions. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 46, p 72-77, 1987.

ROLANDELLI, R. H.; KORÃOEDA, M. J.; SETTLED, R. G.; LESKIWIJ T, M.J.; ROSEBROUGH, R.W.; STEELE, N. C.; MCMURTRY, J.P. et al. Effect of early feed restriction in broilers. II. Lipid metabolism. **Growth**, v.50, p.217-227, 1989.

ROSA, A.P.; UTTPATEL, R. Uso de enzimas nas dietas para frangos. In: VIII Simpósio Brasil Sul de Avicultura, 2007, Chapecó, 21007. **Anais...** Chapecó, p. 102-115, 2007.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.

SANTOS JÚNIOR, J.C.M. Laxantes e Purgativos: O Paciente e a Constipação Intestinal. **Revista Brasileira de Coloproctologia**, v.23, n.2, p.130-140, 2003

SAS Institute, SAS (Statistical Analysis System). Users guide. SAS institute Inc., Cary, NC. 2002.

SKLAN, D.; SMIRNOV, A.; PLAVINIK, I. The effects of dietary fiber on the small intestines and apparent digestion in broiler chickens. **The Journal of Nutrition**, v. 127, p.483-487, 2003.

SMITS, C.H.; VELDMAN, A.; VERKADE, H.J.; BEYNEN, A.C. The inhibitory effect of carboxymethylcellulose with high viscosity on lipid absorption in broiler chickens

coincides with reduced bile salt concentration and raised microbial numbers in the small intestine. **Poultry Science**, v. 77, p.1534-1539, 1998.

SMITS, C.H.M.; ANNISON G. Non-starch polysaccharides in broiler nutrition – towards a physiologically valid approach to their determination. **World's Poultry Science Journal**, v., 52, 203–221, 1996.

SUZUKI,M.; KAJUU,T. Suppression of hepatic lipogenesis by pectin and galacturonic acid orally-fed at the separate timing from digestion-absorption of nutrients in the rat. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**, N v. 29, p. 553-562, 1983.

TOGASHI, C.K. Teores de colesterol e ácidos graxos em tecidos e soro de frangos de corte submetidos a diferentes programas nutricionais. 2004. 118f. Tese (Doutorado em Produção Animal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos goytacazes, Rio de Janeiro, 2004.

TOPPING, D.L. Soluble fiber polysaccharides: effects on plasma cholesterol and colonic fermentation. **Nutrition Reviews**, v.49, p.195-203, 1991

VÁSQUEZ-VELA, M.E.F.; TORRES, N.; TOVAR, A.R. White adipose tissue as endocrine organ and its role in obesity. **Archives of Medical Research**, v.39, p. 715-725, 2008.

VERGARA-JIMINEZ, M.; FURR, H.; FERNADEZ-LUZ, M. Pectin and psyllium decrease the susceptibility of LDL oxidation in guinea pigs. **Journal of Nutrition and Biochemistry**, v.10, p.118-124, 1998.

WAJCHENBERG, B. L. Disfunção endotelial no diabetes tipo 2. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**. São Paulo, n.5, v.46, p. 514-519, 2002.

CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O principal objetivo da inclusão de pectina na ração de frangos de corte foi verificar se a ingestão dessa fibra propiciaria redução na deposição de lipídio nos frangos, ou seja, a produção de frango com menor teor de gordura.

Qualquer que seja o aditivo utilizado na ração, é imprescindível avaliar-se seus efeitos sobre a digestibilidade e conseqüente aproveitamento dos nutrientes, para entender-se os efeitos sobre o desempenho e o metabolismo lipídico. De acordo com o presente estudo, a pectina melhora a absorção dos nutrientes na fase inicial do desenvolvimento dos frangos, mas reduz a digestibilidade na fase final. Esse efeito da pectina mostrou-se relacionado à mudança no tempo de trânsito e viscosidade intestinal, os quais influenciam de forma negativa a digestibilidade da ração na fase de crescimento dos frangos. A ingestão baixo nível de pectina (até 1%) proporcionou maior desempenho a essas aves na fase inicial, sugerindo dessa forma, um efeito benéfico para os parâmetros zootécnicos. Sua ingestão não influenciou o perfil glicêmico das aves, mas alterou seu metabolismo lipídico, com redução na concentração do colesterol total e de HDL ao longo do período experimental e da concentração de proteína total aos 42 dias de idade. Quanto às características hepáticas, observou-se maior camada de hepatócitos vacuolizados a partir dos 35 dias de idade, indicativo de maior metabolismo lipídico nos frangos. Além disso, o aumento na ingestão de pectina promoveu diminuição na camada de hepatócitos vacuolizados e na concentração de lipídio total hepático aos 42 dias de idade. O tecido adiposo aumentou em peso absoluto e relativo, indicando assim crescimento contínuo desproporcional ao aumento no peso corporal da ave, principalmente a partir de 28 dias de idade. O maior consumo de pectina na ração (5%) resultou em redução na área e aumento no número de adipócitos, indicativos de redução na absorção e deposição lipídica, objetivo do presente estudo. Com relação aos músculos gastrocnêmio e peitoral maior, observou-se que a ingestão de 1% de pectina proporciona menor concentração de lipídio total no músculo peitoral maior aos 35 dias de idade.

Os dados anteriormente mencionados mostram um potencial da pectina (5%) em alterar o metabolismo lipídico e a deposição de gordura nos frangos. Ao mesmo tempo, entretanto, houve piora no ganho de peso, conversão alimentar e no rendimento de carcaça. Isso indica que a geração de frango com menor deposição de gordura pode envolver menor produção em quilo. Outro ponto a considerar é o atual elevado preço da pectina, que encarece a produção. Considerando-se que a mesma está presente em diversos resíduos da indústria de sucos e doces, o desenvolvimento de tecnologia para o aproveitamento dos mesmos pode vir a baratear e viabilizar sua utilização na produção animal.

Não se pode esquecer, entretanto, que a exemplo dos produtos *light*, orgânicos etc, frango com menor deposição de gordura trata-se de produto diferenciado e destinado a um setor consumidor preocupado com ganho de peso excessivo e/ou obesidade, para o qual a qualidade do produto é mais importante que seu preço. De modo que, pesquisas para o desenvolvimento de produtos alimentícios com menor teor de gordura devem continuar, pois representam saúde pública.