

EFEITOS DA TEMPERATURA DE EXPANSÃO E DA PELETIZAÇÃO NO VALOR ENERGÉTICO DE RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE

MARCOS FABIO DE LIMA

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Animal

Orientador: Prof. Humberto Pena Couto

CAMPOS DO GOYTACAZES - RJ

MAIO – 2007

A Deus Uno e Trino, de onde tudo diverge e para onde tudo converge, minha fortaleza e meu tudo; a Maria Aparecida de Lima (minha mãe) exemplo de vida e doação por inteiro. A meu Pai, Messias Batista de Lima, pela dedicação e fidelidade e a Cristiana minha noiva, amiga e futura esposa que sempre me apoiou no cumprimento deste sonho, me ajudando a ser forte, humilde e a escutar antes de tudo a voz de Nosso Senhor.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao Nosso Senhor que me dá toda alegria de viver e realizar meus sonhos que também são os Dele;

À minha mãe, Maria, ao meu Pai Messias, às minhas irmãs (Milvania e Marli), ao meu cunhado (Marinho), ao meu casal de sobrinhos (Milbya e Mauro Cesar), aos meus tios em especial, ao padrinho Francisco (Tio Chico), pelo exemplo de humildade e sabedoria. A minha avó (vó Chiquinha), pela alegria, dedicação e amor;

Ao meu orientador, Professor Humberto Pena Couto pela disponibilidade, dedicação, praticidade e empolgação com que sempre tratou minhas pesquisas;

Ao Professor Brandão, pelos valiosos ensinamentos e pela humildade e paciência;

A Professora Rita da Trindade pelo acolhimento, ensinamentos e sobre tudo pelo exemplo de vida na presença de Nosso Senhor;

Ao Professor Curvello pela contínua orientação desde a graduação na Universidade Rural até os dias de hoje;

Aos colegas técnicos e Professores do Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal que contribuíram para a conclusão deste trabalho;

Aos funcionários da Unidade de Apoio à pesquisa da UENF, pela constante dedicação nos trabalhos realizados durante o período experimental;

Aos meus grandes amigos e irmãos na fé da UFRRJ em especial (Miguel, Edson, Fedra) meus orientadores espirituais;

Aos companheiros e irmãos do Ministério Universidades Renovadas da Diocese de Itaguaí, Campos, Volta Redonda e Rio de Janeiro;

A minha família do Gou da UENF (Ana Rosa, Iliane, Edenilson, Juliana, Diogo, Elber e Vilma) e da Diocese de Campos (Tio Miltão e Tia Jô, Íris, Sebastião e a chefinha Raquel);

Aos meus amigos da República São José (Fernando, Fausto, Alexandre e Elber);

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), em especial os professores do Instituto de Zootecnia que tornaram possível a realização das análises de energia bruta das amostras experimentais;

A empresa Frangos Rica, em especial Henrique Igayara, João Batista e Marcelo Faria por acreditarem no trabalho de pesquisa e por todo apoio dedicado;

Aos amigos e funcionários da Unidade de Fabrica de Rações Rica, Toti, Saldanha, Ronaldo e Antonio pela convivência e disponibilidade em ajudar na confecção das rações experimentais;

Aos meus colegas veterinários e nutricionistas que sempre me orientam; Luis Alberto, Jarson, Cassiano, Jomar e Professores Paulo Tabajara e Mario Penz; A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

*“Se te parece que sabes muito e o entendes
muito bem, tem por certo que é muito mais o que
ignoras”
(Imitação de Cristo)*

BIOGRAFIA

MARCOS FABIO DE LIMA, filho de Messias Batista de Lima e Maria Aparecida de Lima, nasceu em 07 de julho de 1977, na cidade de Pouso Alegre – MG.

Em 10 de Dezembro de 1994 concluiu o curso de Técnico em Agropecuária do ensino de segundo grau da Escola Agrotécnica Federal de Machado - MG.

Iniciou em 1998 o curso de Medicina Veterinária na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, onde desenvolveu atividades como Monitor de Anatomia, por duas vezes consecutivas, foi bolsista do programa CNPQ, durante três anos, desenvolvendo trabalhos de pesquisas no Departamento de Parasitologia e Sanidade Animal da UFRRJ.

Graduou-se em Medicina Veterinária em 12 de outubro de 2002. Neste mesmo ano passou a atuar na Empresa Frangos rica, como Médico Veterinário responsável técnico dos setores de frangos de corte, matrizes, incubatórios e fabrica de rações.

Em Março de 2005 ingressou no curso de Mestrado do programa de Pós-Graduação em Produção Animal, da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), em Campos dos Goytacazes – RJ, submetendo-se à defesa da dissertação para a conclusão do curso em maio de 2007.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xvi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Processamento térmico de rações.....	3
2.1.1. Processamento de expansão das rações.....	6
2.1.2. Peletização de rações.....	9
2.2. Nutrição de frangos de corte.....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1. Experimento I.....	16
3.1.1. Ensaio de metabolismo I.....	16
3.1.1.1. Tratamentos e rações experimentais.....	18
3.1.2. Ensaio de metabolismo II.....	19
3.1.2.1. Instalações e manejo.....	19
3.1.2.2. Tratamentos e rações experimentais.....	20
3.1.3. Preparo das amostras.....	22
3.2. Experimento II.....	23
3.2.1. Instalações e manejo.....	23
3.2.2. Tratamentos e rações experimentais.....	25
3.2.3. Desempenho zootécnico.....	29
3.2.4. Modelo estatístico.....	31

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.1. Experimento 1.....	32
4.1.1. Ambiência.....	32
4.1.2. Ensaio de metabolismo I.....	34
4.1.3. Ensaio de metabolismo II.....	36
4.2. Experimento 2.....	38
4.2.1. Ambiência.....	38
4.2.2. Desempenho zootécnico.....	40
4.2.2.1. Período de 0 a 7 dias de idade.....	40
4.2.2.2. Período de 0 a 21 dias de idade.....	45
4.2.2.3. Período de 0 a 35 dias de idade.....	47
4.2.2.4. Período de 0 a 42 dias de idade.....	50
5. CONCLUSÕES GERAIS.....	54
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição alimentar e nutricional da ração experimental Inicial.....	19
Tabela 2 - Composição alimentar e nutricional da ração experimental crescimento I.....	21
Tabela 3 - Composição alimentar e nutricional da ração experimental pré-inicial.....	26
Tabela 4 - Composição alimentar e nutricional da ração Inicial do experimento II.....	27
Tabela 5 - Composição alimentar e nutricional da ração crescimento I do experimento II.....	28
Tabela 6 - Composição alimentar e nutricional da ração experimental crescimento II.....	29
Tabela 7 - Valores da energia metabolizavel corrigida das rações iniciais de frangos de corte (15-19 dias) para as diferentes temperaturas de expansão.....	35
Tabela 8 - Valores da energia metabolizavel corrigida das rações de crescimento de frangos de corte (31- 35 dias) para as diferentes temperaturas de expansão.....	37
Tabela 9 - Desempenho zootécnico dos pintos de 0 a 7 dias de idade.....	40

Tabela 10 - Peso médio (kg) de frangos de corte com sete dias de idade tratados com ração expandida farelada e expandida peletizada em quatro níveis de temperatura.....	42
Tabela 11 – Desempenho zootécnico das aves aos 21 dias de idade.....	45
Tabela 12 – Desempenho zootécnico de 0 a 35 dias de idade.....	47
Tabela 13 – Desempenho zootécnico de frangos aos 42 dias de idade.....	51
Tabela 14 – Peso médio (kg), ganho de peso diário (g), conversão alimentar técnica(kg/kg) e conversão calórica técnica (kcal/kg) de frangos de corte aos 42 dias, alimentados com rações expandidas farelada e expandida peletizada.....	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação esquemática de uma alfa amilose.....	3
Figura 2 - Representação esquemática de uma alfa amilopectina.....	4
Figura 3 - Expander e condicionador.....	8
Figura 4 - Expander com detalhe da rosca extrusora.....	8
Figura 5 – Peletizadora.....	10
Figura 6 - Matriz peletizadora.....	10
Figura 7 - Resfriador de péletes.....	11
Figura 8 - Peletizadora (vista interna com detalhe do rolo e matriz).....	11
Figura 9 - Bateria metálica com 24 boxes.....	17
Figura 10 - Bateria metálica com bandejas de coleta de excretas.....	18
Figura 11 - Gaiolas de Metabolismo do ensaio 2.....	21
Figura 12 - Bomba calorimétrica Tipo Parr.....	23
Figura 13 - Galpão experimental com as divisões (boxes).....	24
Figura 14 - Equipamentos para medições de temperatura e UR ar.....	31
Figura 15 -Temperaturas médias medidas durante período experimental do ensaio de metabolismo 1 e temperaturas máximas e mínimas de conforto térmico em função da idade das aves.....	33
Figura 16 - Temperaturas médias do período experimental do ensaio de metabolismo 2 e temperaturas máximas e mínimas de conforto térmico em função da idade das aves.....	33
Figura 17 - Valores da EMn das rações iniciais de frangos de corte (15-19 dias) para as diferentes temperaturas de expansão.....	36

Figura 18 - Valores da EMn das rações de crescimento de frangos de corte (31-35 dias) para as diferentes temperaturas de expansão.....	37
Figura 19 - Temperaturas mensuradas durante período do experimento II - desempenho zootécnico de frangos de corte.....	39
Figura 20 - Umidade relativa durante período do experimento II - desempenho zootécnico de frangos de corte.....	39
Figura 21 - Efeito da temperatura de expansão da ração pré-inicial no peso médio das aves aos sete dias de idade.....	43
Figura 22 - Efeito da temperatura de expansão da ração pré-inicial no ganho de peso médio diário das aves aos sete dias de idade.....	43
Figura 23 - Efeito da temperatura de expansão da ração pré-inicial no consumo médio de ração das aves aos sete dias de idade.....	44
Figura 24 - Efeito da temperatura de expansão da ração pré-inicial na conversão alimentar técnica das aves aos sete dias de idade.....	44
Figura 25 - Efeito da temperatura de expansão da ração pré-inicial na conversão calórica técnica das aves aos sete dias de idade.....	45
Figura 26 - Efeito da temperatura de expansão no consumo de ração das aves aos 21 dias de idade.....	46
Figura 27 - Efeito das temperaturas de expansão no consumo alimentar de frangos de corte aos 35 dias de idade.....	48

Figura 28 - Efeito da temperatura de expansão na conversão alimentar técnica de frangos de corte aos 35 dias de idade.....	49
Figura 29 - Efeito da temperatura de expansão na conversão calórica técnica de frangos de corte aos 35 dias de idade.....	49
Figura 30 - Efeito das temperaturas de expansão no consumo de ração de frangos de corte aos 42 dias de idade.....	51
Figura 31 - Efeito das temperaturas de expansão na conversão alimentar técnica de frangos de corte aos 42 dias de idade.....	52
Figura 32 - Efeito das temperaturas de expansão na conversão calórica técnica de frangos de corte aos 42 dias de idade.....	52

RESUMO

LIMA, MARCOS FABIO. MS., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, maio de 2007. **Efeitos da temperatura de expansão e da peletização no valor energético de rações para frangos de corte.** Professor orientador: Humberto Pena Couto; Professor conselheiro: Rita da Trindade Ribeiro Nobre Soares e José Brandão Fonseca.

Dois experimentos foram realizados no Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. O primeiro objetivou determinar os valores de energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) de rações expandidas em diferentes temperaturas: 80, 100, 120 e 140°C, utilizando-se o método tradicional de coleta total de excretas com frangos de corte de diferentes idades. Foram realizados dois ensaios biológicos, o primeiro com 144 pintos de corte machos da linhagem Cobb, de 15 a 19 dias de idade. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro temperaturas de expansão das rações, seis repetições com seis aves por unidade experimental. As aves foram alojadas em baterias metálicas com bandejas coletoras de excretas. O segundo ensaio utilizou-se das mesmas aves do primeiro, com 31 a 35 dias de idade. As excretas coletadas foram submetidas às análises laboratoriais de matéria seca, nitrogênio e energia bruta. Os valores EMAn (kcal/kg) na matéria natural das quatro temperaturas de expansão para a idade de 15 a 19 dias foram respectivamente: 2937; 2900; 2806 e 2751, e para a idade de 31 a 35 dias foram respectivamente: 3045; 3031; 3115 e 2977. As temperaturas de expansão de rações de 80 a 100 °C apresentaram os melhores valores de energias metabolizáveis corrigidas (EMAn) para frangos com idade entre 15 a 19 dias (fase inicial), enquanto para idade de 31 a 35 dias (fase crescimento) foi de 120°C. O segundo experimento objetivou avaliar o desempenho zootécnico de frangos de corte com rações expandidas em diferentes temperaturas nas formas físicas farelada e peletizada, e diferentes fases de criação (0 a 7, 0 a 21, 0 a 35 e 0 a 42 dias de idade). Os processos hidrotérmicos de expansão e peletização possuem efeitos independentes, e podem melhorar significativamente o desempenho zootécnico e econômico da produção de frangos de corte. O desempenho zootécnico foi maximizado em

temperaturas de expansão de 105 -110°C para aves de 0-21 dias, enquanto para as de 22-42 dias de idade foi de 115-120 °C.

Palavras-chave: Temperatura de expansão, rações, peletização, energia metabolizável, desempenho de frangos de corte

ABSTRACT

LIMA, MARCOS FABIO. MS., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, may, 2007. **Effects of expansion temperature and pelleting on energy value of feed and performance for broilers.** Major Professor: Humberto Pena Couto. Adviser: Rita da Trindade Ribeiro Nobre Soares and José Brandão Fonseca.

Two experiments were carried out in the Nutrition and Animal Science Department of Norte Fluminense State University. In the first experiment the objective was to estimate apparent metabolizable energy corrected by nitrogen balance (AMEn) of the following types of expansion ration temperature: 80, 100, 120 and 140°C, using the traditional total excreta collection method, with broilers of different ages. Two biological assays were run through the traditional total excreta collection method. In the first assay 144 male chicks Cobb were used, from 15 to 19 days of age, in a completely randomized experiment design, with four expansion temperatures, six replications and six birds per experimental unit. The chicks were housed in metallic batteries with excreta collection trays. In the second assay the same birds were used from 31 to 35 days of age. The excreta collected in the second assay were analyzed as done in the first assay. The data on EMA_N (kcal/kg) in natural matter for the four types of expansion temperature for period of 15 to 19 days of age were respectively: 2937; 2900; 2806 and 2751; and for the period of 31 to 35 days of age were respectively: 3045; 3031; 3115 and 2977. The expansion temperature of ration of 80 and 100°C resulted in better metabolizable corrected energy (AMEn) values for birds from 15 to 19 days of age, while for the age of 31 to 35 days was of 120°C. In the second experiment the objective was verify the performance of broilers with rations expanded in different temperatures and the physical forms pellet and mashed feed, in the different growing phases (0-7; 0-21; 0- 5 and 0- 2 days of age). The hydrotermics processes of expansion and pelleting have independent effects, and they can significantly improve the performance and economic production of broilers. The performance of broilers was maximized in temperatures of 105 - 110°C for birds of 0 to 21 days, while for broilers with 22 to 42 days old of 115 - 120°C.

Key-words: Temperature of expansion, feed, pelleting, metabolizable energy, performance of broilers.

1. INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira apresentou crescimento exponencial nesta última década, tornando-se a principal atividade produtora de proteína animal para a humanidade. Desde o ano de 2004, o Brasil se mantém como o maior exportador de carne de frangos do mundo. Estas exportações desencadearam um processo contínuo de desenvolvimento tecnológico através de pesquisas envolvendo os segmentos de genética, nutrição, sanidade e manejo.

Este incremento tecnológico proporcionou o aumento de produção com custos cada vez mais baixos, tornando-o mais acessível à população de baixa renda. O consumo *per capita* de carne de frangos superou os 36 kg/ano, já alcançando o consumo da carne bovina. As expectativas são as de que no futuro próximo será a carne mais consumida no país, a um custo muito competitivo.

Com a evolução da avicultura brasileira nas últimas décadas, verificou-se grande melhoria no desempenho zootécnico das aves, observando um crescimento na produção superior a 2.500% nos últimos 30 anos. No Brasil atualmente são produzidos mais de 400 milhões de frangos mensalmente. Desta forma, este segmento caracteriza-se pela produção em larga escala, concentrando grande número de aves em ambiente confinado e muitas vezes climatizado.

A busca incessante pela redução de custos de produção na indústria avícola, tornou o mercado mais competitivo, forçando as empresas a reverem constantemente suas práticas de gerenciamento da produção. Este esforço proporcionou a oferta de produtos de alta qualidade com custos minimizados.

Nesta concorrência acirrada estão sobrevivendo somente as empresas mais tecnificadas, dinâmicas, e principalmente as que conseguem maior rapidez em atingir ou satisfazer as necessidades do mercado consumidor.

Frente a esta necessidade constante em melhorar mais os desempenhos dos frangos de corte, bem como tornar a exploração cada vez mais competitiva, observa-se a necessidade de aperfeiçoar cada vez mais a manufatura das rações. Este campo tecnológico propicia uma maximização da utilização dos nutrientes pelas aves, visto suas inúmeras técnicas de tratamento hidrotérmico das rações.

A adoção destas novas tecnologias contribui para a redução dos gastos com a nutrição, uma vez que representa a maior parcela dos custos de produção, alcançando até 70%.

O melhor aproveitamento das rações pelas aves representa na atualidade uma necessidade eminente, haja vista as recentes políticas mundiais de incentivos ao crescimento do setor de biocombustíveis, que necessitam de grandes áreas para o cultivo de suas matérias primas. Com isso a produção de grãos para alimentação animal pode ser comprometida elevando ainda mais os custos com alimentação.

É necessário atentar, não só para a qualidade das matérias-primas, mas também sob a forma física e o tratamento térmico a que as rações foram submetidas. Com elas verificam-se melhorias no aproveitamento dos nutrientes, pela melhor digestibilidade e maior absorção.

O milho, cereal rico em amido e de alta palatabilidade, é considerado o mais importante componente energético das rações avícolas no Brasil. Quando adequadamente processado por calor, tem a digestibilidade de seus nutrientes melhorada, aumentando seu valor energético.

Com base nestas premissas, trabalhos científicos vêm sendo elaborados nestes últimos anos, para estudar os novos métodos de processamento térmicos de alimentos. Estas novas tecnologias geram muitas dúvidas às indústrias de rações, principalmente a respeito dos parâmetros de controle de produção associados ao desempenho das aves.

Estudos sobre a tecnologia de tratamento hidrotérmico, conhecida expansão são escassos na literatura no Brasil. Poucas empresas, até o momento, utilizam esta tecnologia para produção de rações avícolas, contrariamente às concorrentes internacionalmente conhecidas.

Neste contexto, é de grande importância a elaboração de trabalhos científicos para estudar a utilização do expander e peletização na fabricação de rações, detectando a melhoria nas respostas das novas linhagens de conformação, para a maximização da expressão do seu potencial genético.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Processamento Térmico de Rações

Os carboidratos (CHO) figuram em maior proporção nas plantas, cerca de 70 a 75%, sendo que os não-estruturais são altamente digestíveis e predominam nas dietas das aves e suínos (LEHNINGER, 1998).

O amido é uma mistura de glicanos que as plantas sintetizam como seu principal alimento de reserva. É depositado nos cloroplastos das células vegetais como grânulos insolúveis compostos por alfa amilose e amilopectina (DONALD et al, 2002). A alfa amilose é um polímero linear de milhares de resíduos de glicose ligados por ligações alfa:1-4 (Figura 1).

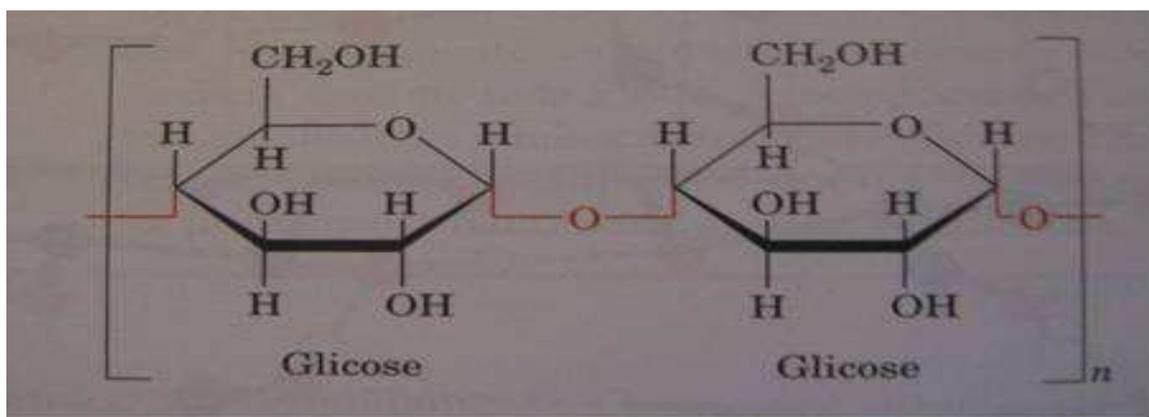


Figura 1- Representação esquemática da alfa amilose.

Apesar da alfa amilose ser um isômero da celulose, ela possui propriedades estruturais muito diferentes. Enquanto as ligações beta glicosídicas da celulose a deixam em uma conformação completamente distendida e firmemente empilhada, as ligações alfa-amilose fazem com que ela adote uma conformação em hélice irregularmente agregada. A amilopectina por sua vez consiste principalmente em resíduos de glicose ligados por ligações alfa 1 – 4, sendo, porém, uma molécula ramificada com pontos de ramificação alfa 1 – 6 a cada 24 a 30 resíduos de glicose. As moléculas de amilopectina contêm até 10^6

resíduos de glicose, tornando-as uma das maiores moléculas presentes na natureza (Figura 2).

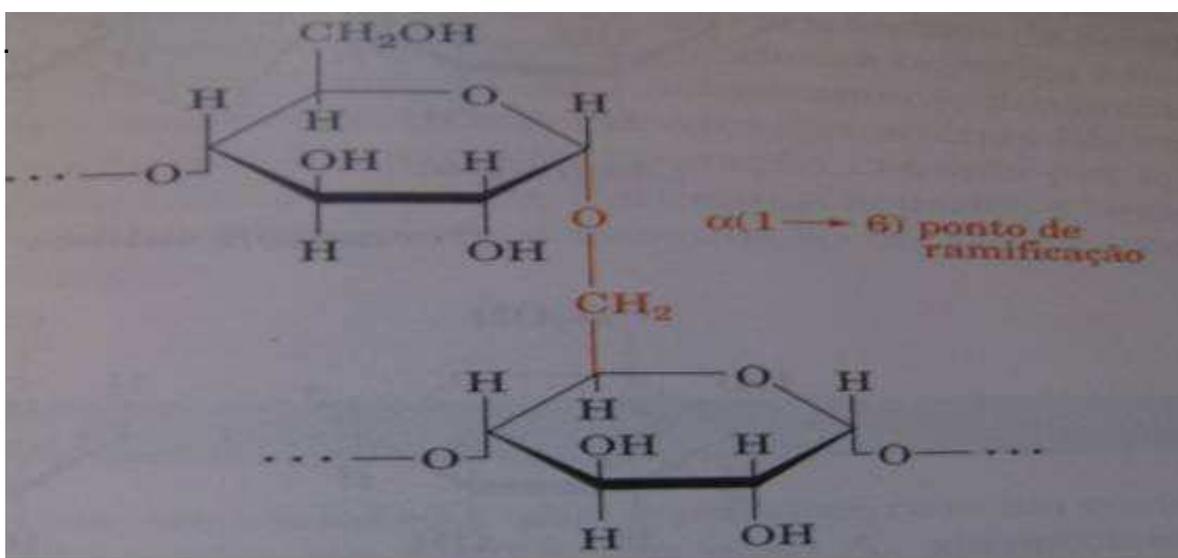


Figura 2- Representação esquemática da alfa amilopectina

O processamento de alimentos por temperatura, pressão e umidade causa alterações físicas sobre o amido promovendo a chamada “gelatinização”, que é a liberação da amilose e da amilopectina, bem como a ruptura da parede celular dos vegetais, facilitando a digestão enzimática do amido (VAN, 1994).

A gelatinização pode ainda ser definida como a destruição irreversível da condição cristalina do grão de amido, de modo que a superfície de toda molécula fique acessível ao ataque de reagentes, solventes e enzimas. O processo aumenta a velocidade enzimática das amilases, que são responsáveis pela hidrólise da molécula de amido em carboidratos mais simples e solúveis, fazendo com que seja absorvido maior quantidade de água, o que promove aumento no coeficiente de digestibilidade (conseqüentemente melhor ganho de peso e conversão alimentar de frangos de corte).

Ao se submeterem os alimentos ao processamento por aquecimento tem-se como principal objetivo a melhoria na digestibilidade e, ou, na disponibilidade dos nutrientes (BUDINO et al., 2000).

O nível de melhoria na digestibilidade dos nutrientes depende do próprio alimento, do tipo de processamento, do tempo e temperatura de aquecimento, da

umidade do alimento, do tamanho da partícula e do nível de inclusão do alimento na ração (MOREIRA et al., 1994).

O amido dos cereais quando processado por extrusão, devido a suas características, contribui na expansão e coesão do produto final, além de ser gelatinizado (AMARAL, 2002). Temperaturas de 50 a 80°C são capazes de interferir na solubilidade do amido melhorando a absorção de água por esta molécula (GOELEMA et al., 1999)

As barreiras físicas para a digestão do amido incluem a cutícula da semente, a matriz protéica que envolve os grânulos de amido e a baixa solubilidade do amido, por si só. Alguns processos como a trituração, por exemplo, rompem a cutícula, mas, normalmente têm pouco efeito sobre a matriz protéica que envolve o amido ou sobre sua solubilidade.

A utilização mais completa do amido requer um maior grau de rompimento do grânulo de amido, que pode ser obtido através do processamento a vapor e pressão. Os tratamentos que envolvem umidade, calor e pressão causam o rompimento da matriz protéica que recobre o grânulo de amido e aumentam a sua eficiência de utilização (GERMANY, 1992).

O principal fator que contribui para mudanças do amido é o vapor, assim aumentando-se a pressão de vapor, aumenta-se o grau de gelatinização. O tempo maior de permanência da mistura no processo ocasiona melhor absorção da umidade e aumento no tamanho da partícula, devido à dilatação pela hidratação.

O estudo do processo de gelatinização indica que os grânulos de amido sofrem inchamento e se rompem mais facilmente quando em presença de teores de água superiores a 40%, e que há necessidade de aplicação de temperaturas mais elevadas quando o teor de água é mais baixo (ROBERTA et al., 2000)

Durante o processo de extrusão, ocorre desnaturação protéica, um conjunto de alterações na conformidade da molécula, provocando modificações relacionadas à tecnologia de alimentos (ARAÚJO, 1999). A proteína desnaturada é mais sensível a hidrólise pelas enzimas proteolíticas e, em muitos casos a sua digestibilidade e utilização aumentam.

Existem diversas formas de tratar termicamente os alimentos destinados à alimentação de frangos de corte, sendo os processo de peletização e expansão de rações os mais utilizados na atualidade.

2.1.1 Processamento de expansão das rações

A tecnologia de expansão de rações está disponível no mercado mundial há aproximadamente 20 anos. Durante este tempo a indústria de rações utilizou o expander majoritariamente como super condicionador para aumentar a capacidade de peletização, melhorar a durabilidade dos péletes, adicionar mais líquidos, utilizar ingredientes mais baratos e inativar microorganismos patogênicos em especial *salmonelas sp.*

Ultimamente muitas indústrias estão utilizando o expander como único equipamento de processamento térmico para produzir produtos finais chamados “expandidos” ou “ração expandida.” Assim sendo, para estes fabricantes inovadores, o expander tornou-se mais que um super condicionador (ELSTNER, 1996).

A expansão inclui o condicionamento com vapor, que hidrata e aquece o alimento produzindo calor adicional antes da peletização, sendo que a intensidade do tratamento térmico determina o grau de modificação do amido, gelatinização, a disponibilidade do conteúdo celular para digestão, absorção e a pasteurização da mistura alimentar (LÓPEZ et al., 2004).

Com a expansão da ração, tem sido observada melhora na qualidade do pelete e na digestibilidade da gordura e da fibra. No entanto as respostas têm sido pouco consistentes no que tange o desempenho zootécnico de frangos de corte.

FREITAS et al (2005) avaliando o valor nutricional e o desempenho zootécnico de frangos de corte alimentados com milho termicamente processado, na dieta pré-inicial, não observaram melhora no valor nutricional do milho processado, bem como no desempenho dos frangos de corte na fase pré-inicial.

GERMANY (1992) relata em seu trabalho que os alimentos expandidos têm aumento na digestibilidade de proteínas, uma vez que ocorre a inibição térmica dos inibidores de proteases e a modificação na estrutura terciária da proteína, causando uma redução no tempo de hidrólise da proteína no intestino das aves.

MENDES et al., (2004) afirmaram que por se tratar de uma tecnologia relativamente nova no Brasil, estudos sobre a digestibilidade de alimentos expandidos aqui desenvolvidos ainda são deficientes.

Segundo VELOSO et al., (2005) o processo de expansão influencia na digestibilidade dos nutrientes do milho e do farelo de soja, sendo preciso padronizar as condições operacionais dos equipamentos de avaliações nos laboratórios e avaliar maior número de alimentos expandidos com variados conteúdos de amido.

PARK et al (2003), concluíram que a peletização melhorou a eficiência do crescimento na fase de terminação de suínos, no entanto não observaram benefícios adicionais em condicionar a ração no expander antes da peletização.

Os desafios no processamento de rações somente com expander têm a ver com as características físicas do produto final. Ração expandida tem menor densidade e distintas características de fluidez. Estas características podem resultar em maiores custos de transporte e em necessidade de modificação nos equipamentos de manuseio do produto final.

Na troca de ração peletizada para ração expandida todo processo de manuseio a vazante do expander, ou seja após a passagem da ração pelo expander, deve ser analisado antes da troca, e monitorado cuidadosamente a partir de então. Como a ração expandida não possui a alta densidade da ração peletizada, elas são menos indicadas para ração final de frangos. Entretanto para outros regimes de alimentação as rações expandidas são preferíveis (ELSTNER, 1996).

Os principais componentes de um expander são: Silo de abastecimento (reservatório de matéria-prima); rosca alimentadora (transporta a ração do silo de abastecimento ao condicionador); condicionador (local de recebimento de tratamento hidrotérmico) -Figura 3; rosca extrusora (responsável pelo atrito da matéria-prima associada à pressão)- Figura 4; resfriador (resfriamento do produto expandido).



Figura 3: Expander e condicionador

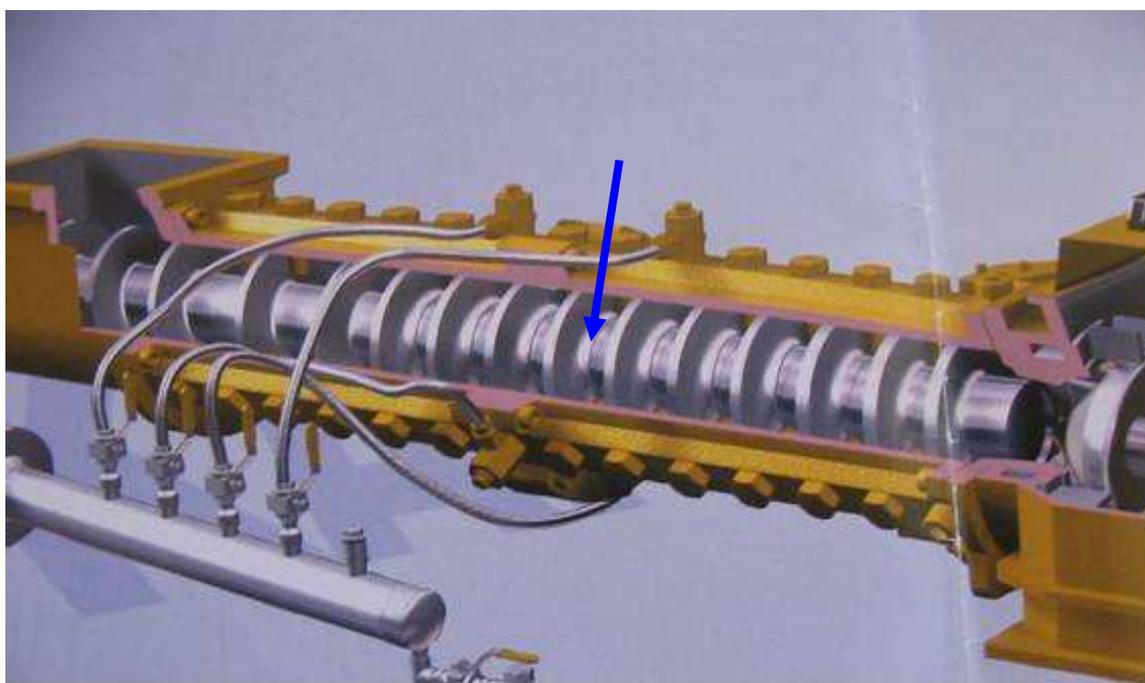


Figura 4: Expander com detalhe da rosca extrusora

2.1. 2 Peletização de Rações

A peletização pode ser definida como uma aglomeração de partículas moídas de ingredientes ou mistura de ingredientes, por meio de processos mecânicos, em combinação com umidade, pressão e calor.

A peletização tem sido usada para facilitar o manuseio, eliminar partículas finas e aumentar a palatabilidade; diminuir a separação dos ingredientes e seleção pelos animais; aumentar a densidade e, por conseguinte diminuir o custo de transporte; reduzir o espaço de estocagem; melhorar o valor nutricional de certos alimentos com o uso de calor e pressão; auxiliar na inativação de fatores antinutricionais; redução significativa de microorganismos e menor gasto energético durante o consumo do animal.

Embora existam diversos processos de peletização, os equipamentos que compõem a linha de peletização são em termos gerais; granulador alimentado por conjunto de roscas -sem-fim, acoplado a dispositivo regulador de fluxo. Há uma câmara destinada à mistura da ração com vapor, da qual a matéria a ser peletizada é conduzida à matriz. Esta por sua vez, é composta por anel metálico resistente, provido de paredes perfuradas. Internamente o produto é prensado por rolos compressores, que forçam a saída do material compactado através dos orifícios do anel. Externamente, existe um conjunto de facas ajustadas que possibilitam o corte do pélete.

Para produzir o vapor nas quantidades e pressão necessárias e adequadas, estes equipamentos usualmente utilizam caldeiras alimentadas a óleo combustível (ROY,1970). Atualmente também estão sendo utilizadas caldeiras alimentadas a gás natural ou à lenha.

Os principais componentes da peletizadora de rações com suas respectivas funções são: Motor (força motriz); alimentador (transporte ao condicionador); condicionador: (câmara com injetores de vapor); matriz (cilindro perfurado que formata os péletes); rolos (cilindros que comprimem a massa quente e úmida contra os orifícios da matriz permitindo o processo de formação); facas (seccão dos péletes) e resfriador: (reduzir a temperatura e umidade). (Figuras 5, 6, 7 e 8).



Figura 5: Peletizadora



Figura 6: Matriz peletizadora

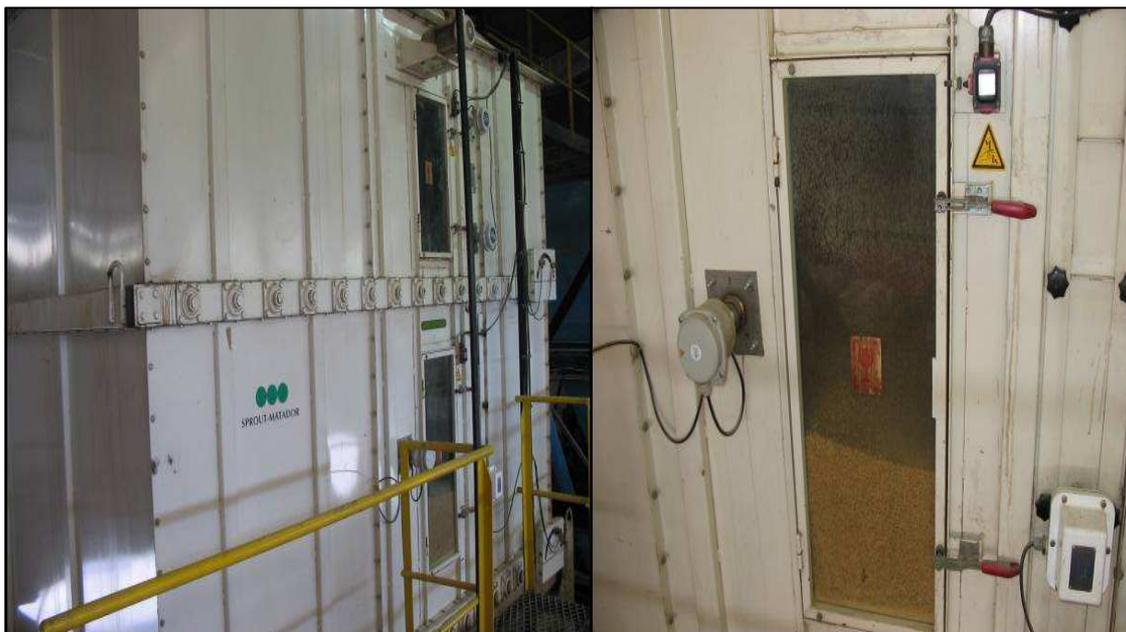


Figura 7- Resfriador de péletes

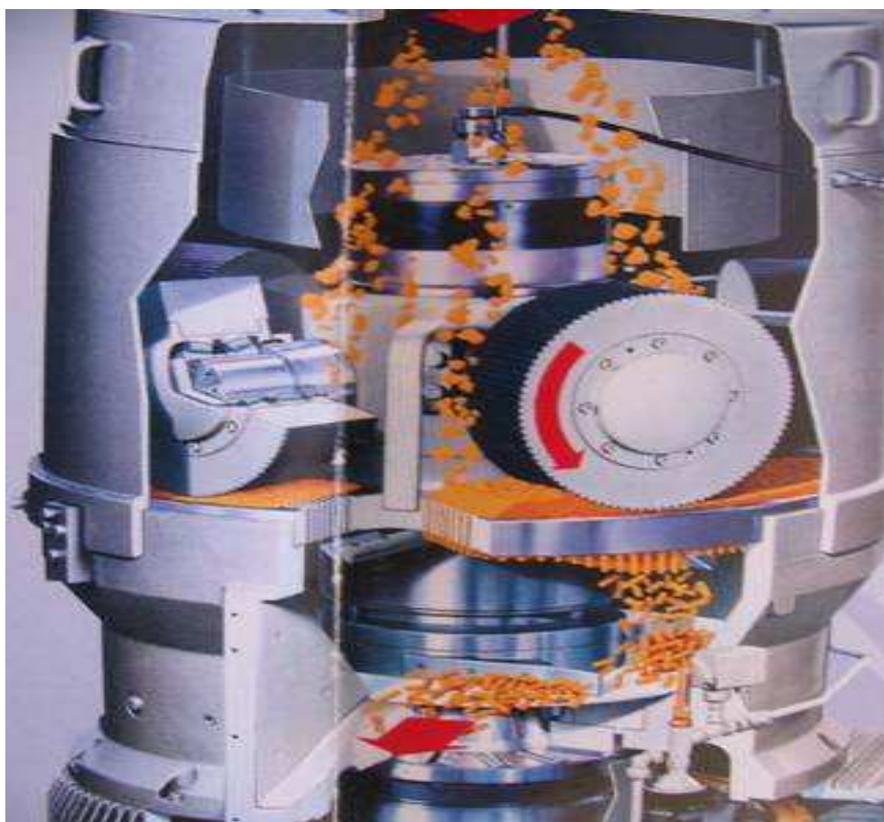


Figura 8 – Peletizadora (vista interna com detalhe do rolo e matriz)

Os principais fatores que afetam a peletização são: características dos ingredientes, formulação utilizada, tamanho da partícula moída, câmara de peletização, estado de uso do anel e rolo de compactação.

As aves são alimentadas com rações contendo altas quantidades de cereais ricos em amido, por isso exigem alta temperatura e umidade na peletização para gelatinizar o amido do grão.

Atualmente existe muita controvérsia sobre qual a temperatura ideal para a maior eficiência de gelatinização do amido, no entanto é notória a necessidade de se obter um diferencial entre a temperatura de condicionamento e a de peletização, sendo que um maior diferencial leva à maior gelatinização do amido. A capacidade de absorção de água pelo amido é de 30% e isso tem importância na quantidade de umidade no vapor a ser fornecido. A relação de: 0,35 de água para uma parte de amido é considerada limitante (BELLAVIER E NUNES, 2000).

Para que a gelatinização ocorra, a temperatura para rações com grandes quantidades de grãos, deve ser no mínimo de 82°C e conter 18% de umidade, havendo variações de acordo com os equipamentos. Rações contendo açúcar e produtos lácteos devem ser peletizadas à temperatura mais baixa, 60°C, evitando a reação de Maillard (caramelização). A adição de gordura pode reduzir a fricção no anel de peletização (FALK, 1985)

Segundo KLEIN (1999), deve-se atentar para qualidade do vapor, que deve ser saturado, no entanto livre de gotículas de água, ou levemente superaquecido; o tempo de condicionamento é um tema polêmico, pois a literatura recomenda desde nove segundos até três minutos. Outro ponto importante é a temperatura de condicionamento, a qual depende da fórmula a ser peletizada; a umidade de condicionamento, a qual está relacionada com a regulagem da pressão de vapor.

O vapor deve penetrar no alimento com a umidade necessária para hidratar, e assim permitir a transferência de calor para produzir um bom pelete.

Outro ponto que deve ser considerado é o resfriamento dos peletes, pois o pelete entra quente e úmido no resfriador, e no primeiro terço do mesmo ocorre a evaporação da água, logo nesta parte tem-se água, calor e alimento, o que predispõe o desenvolvimento de fungos. A umidade e o calor do pelete no resfriamento devem migrar do centro para a superfície.

Durante o processo de condicionamento e peletização, a umidade absorvida pelos ingredientes ajuda a romper as células que contêm amido. A gelatinização das moléculas de amido é peça chave para resultar na máxima adesão das partículas dos ingredientes na formulação de um pelete durável. Se a umidade for elevada os rolos podem patinar e a peletizadora embuchar.

A peletização pode destruir as vitaminas A, E e K especialmente se as rações não apresentarem adequada quantidade de antioxidante para prevenir a oxidação acelerada das vitaminas na presença de alta umidade e temperatura, ou se as vitaminas não forem fabricadas com proteção para peletização. Por outro lado, a peletização pode aumentar a disponibilidade de ácido nicotínico, biotina e vitamina E de ingredientes naturais.

Segundo BIAGI (1998), peletizar onera a produção de rações, mas a vantagem pode estar na conveniência do transporte da ração sem haver desmistura e aumento na eficiência do uso da ração pelos animais, em parte devido ao aquecimento que torna o amido mais digestível e reduz a presença de agentes patogênicos.

FLEMMING (2002) estudando o efeito de rações peletizadas relata que aves com idades entre 15 e 28 dias alimentadas com ração peletizada apresentaram maior consumo e maior ganho de peso, no entanto, na fase final de criação (43 a 49 dias de idade) apresentaram diminuição no desempenho produtivo em função da maior mortalidade, que acaba por propiciar juntamente com o incremento de 1,61% no preço da ração peletizada comparada à ração farelada, uma menor lucratividade por peso de ave produzida.

Segundo BEHNKE (2006), não existe mágica no processo de peletização, sendo necessário estar atento à aquisição dos equipamentos frente ao tipo de ração que se deseja produzir, como por exemplo, a escolha da espessura da prensa irá influenciar diretamente na qualidade dos peletes, o autor ressalta ainda a importância de produzir bons peletes não só para atender a apresentação da ração, mas principalmente para atender as necessidades das aves.

BELLAVER E NUNES, (2000) concluíram em seus estudos que a peletização é um processo que melhora a palatabilidade e o valor nutricional dos alimentos. Concluíram ainda que ocorre aumento no consumo, ganho de peso das aves e eficiência alimentar, sendo vantajoso economicamente tal processo

para as fases de crescimento em seguimento às rações fareladas ou trituradas na fase inicial de frangos de corte.

2.2. Nutrição de frangos de corte

O conhecimento da composição química e da energia metabolizável dos ingredientes que compõem a ração de frangos de corte é fundamental para atender as exigências nutricionais das aves.

O nível energético da ração é um dos fatores limitantes de consumo (FISCHER et al., 1998), pois está envolvido nos processos metabólicos, o que garante o aporte energético para manutenção e o máximo potencial produtivo das aves. Assim o desempenho das aves é influenciado diretamente pelo nível energético.

Existem várias formas de se expressar a energia presente no alimento, sendo a energia metabolizável a que melhor quantifica a energia disponível dos alimentos para as aves (HILL E ANDERSON, 1959). E esta pode ser expressa tanto na forma de energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável verdadeira (EMV), dependendo da metodologia utilizada em sua determinação.

De modo geral a energia contida nos alimentos é expressa em termos da energia metabolizável aparente (EMA), sendo o método da coleta total de excretas com pintos em crescimento (SIBBALD et al., 1963) o mais utilizado.

A alimentação de pintos de corte nas fases pré-inicial (0-7 dias) e inicial (8-21 dias) tem sido muito estudada na última década, devido ao surgimento das linhagens de altas taxas de crescimento e deposição de carne, conhecidas como de “conformação”. Para expressar o potencial genético, as aves necessitam de se adaptar rapidamente para digerir uma dieta exógena, na qual os nutrientes são absorvidos a partir do intestino, sendo que a energia fornecida pelos nutrientes que compõem a ração é derivada predominantemente dos carboidratos.

Estudos com linhagens selecionadas para maior taxa de ganho de peso demonstram que, aquelas de mais baixo peso corporal apresentam menor crescimento relativo de tecido intestinal (NITSAN et al., 1991) o que poderia comprometer o desempenho zootécnico na idade de abate. MITCHELL E SMITH,

(1991) relataram que a seleção para peso corporal maior pode resultar em maior eficiência da absorção de nutrientes, visto que o peso relativo da mucosa intestinal diminui com a seleção para maior peso e melhor conversão alimentar.

Vários são os fatores que podem influenciar a taxa de crescimento de pintos de 0 a 21 dias de idade, dentre eles pode-se citar: quantidade do saco vitelino residual, qualidade e ingestão de alimentos e água, produção e atividade das enzimas digestivas, digestibilidade geral dos nutrientes. Um processo importante que deve ser considerado na alimentação é a alteração fundamental no metabolismo energético de lipídios para carboidratos, DIBNER (2000).

MACARI (2001) comenta que as enzimas digestivas já estão presentes no trato gastrointestinal do embrião, entretanto, a presença de substrato parece induzir uma maior produção. A atividade das enzimas digestivas, tanto pancreáticas quanto de membranas aumenta com a idade do frango, atingindo níveis mais elevados, em média, aos 10 dias de idade. NILSAN et al. (1991) descreveram que a atividade enzimática no trato gastrointestinal medidas no pâncreas e no lúmen intestinal aumentam com a idade, sendo que os valores máximos no pâncreas são obtidos ao oitavo dia para a amilase e lipase, enquanto para a tripsina e quimotripsina ao décimo primeiro dia de idade. No conteúdo intestinal, a atividade máxima foi obtida no quarto dia para a lipase, ao décimo primeiro dia para as proteases e somente ao décimo sétimo dia para a amilase.

A concentração e qualidade de nutrientes em rações para os pintos de corte devem estar adequadas para esta importante fase de criação. A principal fonte de energia para os pintos é o carboidrato, que é facilmente digestível e absorvido após a eclosão (PENZ et al., 1997). Entretanto, é interessante observar resultados de MAIORKA et al. (1997), nos quais relatam que dietas com diferentes níveis de energia metabolizável (2900, 3000 e 3100 kcal/kg) não influenciam o consumo alimentar na primeira semana de idade, mas na segunda e terceira semana proporcionaram redução do consumo. O consumo de energia metabolizável foi maior na primeira semana, enquanto na segunda e terceira foram semelhantes, indicando que o consumo de ração somente foi regulado pela energia na terceira semana de idade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos para a elaboração desta dissertação no Setor de Avicultura da Unidade de Apoio à Pesquisa em Zootecnia do Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal – CCTA/UENF, em Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro – Brasil, no período de 08 de agosto a 19 de setembro de 2006.

3.1. Experimento 1

Este experimento foi composto por dois ensaios biológicos de determinação dos valores de energia metabolizável aparente corrigida (EMAn), pelo método tradicional de coleta total de excretas, utilizando frangos de corte em duas fases de criação e alimentados com rações expandidas em diferentes temperaturas, oriundas da empresa Rica Alimentos (Reginaves Indústria e Comércio de Aves Ltda), localizada no estado do Rio de Janeiro.

As rações experimentais foram fornecidas nas diferentes idades: 11 a 19 dias (fase inicial) e de 27 a 35 dias (fase de crescimento I). As exigências das aves e a composição química dos alimentos foram calculadas com base nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO et al, 2005) e Manual de nutrição para frangos de corte Cobb.

3.1.1. Ensaio de Metabolismo I

Foram utilizados 144 pintos de corte, machos da linhagem Cobb 500 com 15 dias de idade e peso médio de 420 gramas. As aves foram alojadas em boxes (1,80 X 1,80 metros) em um galpão experimental do setor de avicultura da Unidade de Apoio à pesquisa em Zootecnia – UENF, até que se completasse o período de transferência para as baterias onde foi realizado o ensaio de metabolismo.

O período experimental foi constituído de nove dias, sendo o período de adaptação ao ambiente do décimo primeiro ao décimo quarto dia, e o da coleta total de excretas do décimo quinto ao décimo nono dia de idade.

Do primeiro ao sétimo dia de idade as aves receberam ração pré-inicial contendo 2885 kcal de EM/kg e 23% de proteína bruta, enquanto do oitavo até o vigésimo primeiro dia de vida as aves receberam as rações experimentais para a fase inicial de criação.

No décimo primeiro dia de idade os pintos foram transferidos para a bateria metálica com 24 divisões (0,50 X 1,00 metro) e seis aves por boxe - Figura 9, alocada em galpão de alvenaria coberto com telhas de barro, contendo um bebedouro automático tipo taça e um comedouro linear em cada unidade experimental.

As excretas foram coletadas em bandejas dispostas sob cada compartimento das gaiolas e revestidas com material plástico - Figura 10. Foram realizadas duas coletas ao dia, as oito e dezessete horas, evitando fermentações fecais.

No término do período experimental foi quantificada a ração consumida e a excreta total por repetição, durante os cinco dias de coleta.



Figura 09 - Bateria metálica com 24 boxes



Figura 10 - Bateria metálica com bandejas de coleta de excretas

3.1.1.1. Tratamentos e rações experimentais

Na tabela 1 está apresentada a composição alimentar e nutricional da ração experimental para a fase inicial (08 a 21 dias) no primeiro ensaio de metabolismo.

Os tratamentos consistiram em:

T1 - Ração Inicial expandida à temperatura de 80°C

T2 - Ração Inicial expandida à temperatura de 100°C

T3 - Ração Inicial expandida à temperatura de 120°C

T4 - Ração Inicial expandida à temperatura de 140°C

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos, seis repetições e seis aves por unidade experimental, todas do mesmo sexo.

Valores de energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) foram calculados utilizando as equações propostas por MATTERSON et al (1995).

Para mensurar as condições ambientais em que foram mantidos os animais, foram registradas diariamente as temperaturas de máxima e mínima, durante o período experimental.

Tabela 1 – Composição alimentar e nutricional da ração experimental Inicial

Ingredientes	%	Composição calculada	
Milho	61,900	E M (kcal/kg)	2921
Farelo de soja	30,940	Proteína bruta (%)	21,80
Far. carne e ossos	5,620	Metionina Digestível (%)	0,50
Sal	0,367	Metionina + Cistina Digestível (%)	0,85
Calcário	0,060	Lisina Digestível (%)	1,30
Lisina líquida	0,210	Cálcio (%)	0,98
Colina líquida -76%	0,050	Fósforo disponível (%)	0,48
Metionina líquida	0,353		
Etoxiquin	0,100		
Premix inicial ¹	0,400		

¹ Composição/ Kg de Premix ¹ VIT A, 3.000 UI; VIT D3, 875 UI; VIT E, 10.000 UI; VIT K3, 1.000 mg; VIT B1, 1.000 mg; VITB2, 2.500 mg; VIT B6, 1.625 mg; VITB12, 5.000 mg; Ac. Pantotênico, 5.000 mg; Niacina, 12.500 mg; Ac Fólico, 625mg; Biotina, 55 mg; Manganês, 30.000 ppm; Zinco, 25.000 ppm; Ferro, 16.250 ppm; Cobre, 2.500 ppm; Iodo, 375 ppm; Selênio, 87,500 ppm; Monenzina, 16.250 mg; Nicarbazina, 16.250 mg; Antimicrobiano (Colistina, 6.250 mg; Enramicina, 2.500 mg); Antioxidante, 166,5 mg.

3.1.2. Ensaio de Metabolismo II

3.1.2.1. Instalações e manejo

Após o término do primeiro ensaio de metabolismo foram retiradas três aves de forma aleatória das gaiolas de metabolismo, permanecendo três aves por bateria até que atingissem a idade para o início do segundo ensaio. Neste período foi fornecida ração de crescimento I à vontade para as aves -Tabela 2.

Durante o período experimental as aves receberam diariamente 23 horas de iluminação, sendo a luz natural complementada com lâmpadas fluorescentes.

Quando as aves completaram 27 dias de idade com peso médio de 1,500 Kg, foram transferidas para as gaiolas de metabolismo do segundo ensaio, com as dimensões (50 x 50 x 41 cm) providas de comedouro linear individual e bebedouros tipo *nipple* - Figura 11. A unidade experimental foi constituída por três animais machos por gaiola.

Durante o período experimental as aves foram submetidas a quatro dias de adaptação às instalações (27^o a 30^o dia), e cinco dias de coleta total de excretas (31^o ao 35^o dia).

As excretas foram coletadas em bandejas dispostas sob cada compartimento das gaiolas e revestidas com material plástico. Foram realizadas duas coletas ao dia, as oito e dezessete horas, evitando fermentações fecais. No término do período experimental foi quantificada a ração consumida e o total das excretas por repetição, durante os cinco dias de coleta.

Foram monitoradas as condições ambientais através de termômetro de máxima e mínima.

3.1.2.2. Tratamentos e rações experimentais

Na tabela 2 está apresentada a composição alimentar e nutricional calculada da ração experimental de crescimento (22 a 35 dias).

Os tratamentos consistiram:

T1 - Ração crescimento I expandida à temperatura de 80°C

T2 - Ração crescimento I expandida à temperatura de 100°C

T3 - Ração crescimento I expandida à temperatura de 120°C

T4 - Ração crescimento I expandida à temperatura de 140°C



Figura 11 - Gaiolas de Metabolismo do ensaio 2

Tabela 2 – Composição alimentar e nutricional da ração experimental crescimento I

Ingredientes	%	Composição calculada	
Milho	63,830	E M (kcal/kg)	3019
Farelo de soja	27,820	Proteína bruta (%)	20,50
Óleo de soja	0,230	Metionina Digestível (%)	0,48
Far. carne e ossos	5,500	Metionina + Cistina Digestível (%)	0,75
Óleo de aves	1,000	Lisina Digestível(%)	1,00
Sal	0,367	Cálcio (%)	0,96
Calcário	0,083	Fósforo disponível (%)	0,46
Lisina líquida	0,263		
Colina líquida -76%	0,055		
Metionina líquida	0,352		
Etoxiquin	0,100		
Premix inicial ¹	0,400		

¹ Composição/ Kg de Premix ¹ VIT A, 3.000 UI; VIT D3, 875 UI; VIT E, 10.000 UI; VIT K3, 1.000 mg; VIT B1, 1.000 mg; VITB2, 2.500 mg; VIT B6, 1.625 mg; VITB12, 5.000 mg; Ac. Pantotênico, 5.000 mg; Niacina, 12.500 mg; Ac Fólico, 625mg; Biotina, 55 mg; Manganês, 30.000 ppm; Zinco, 25.000 ppm; Ferro, 16.250 ppm; Cobre, 2.500 ppm; Iodo; 375 ppm; Selênio,87,500 ppm; Monenzina, 16.250 mg; Nicarbazina, 16.250 mg; Antimicrobiano (Colistina, 6.250 mg; Enramicina, 2.500 mg); Antioxidante, 166,5 mg.

3.1.3. Preparo das amostras

As excretas coletadas em ambos os ensaios foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados em freezer até o final do período experimental. Posteriormente, as amostras foram descongeladas, pesadas, homogeneizadas, retiradas subamostras para análises laboratoriais. Foi realizada a pré-secagem em estufa ventilada a 55°C, e subsequente análises de matéria seca (MS), nitrogênio (N) e energia bruta (EB) através da bomba calorimétrica tipo Parr da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) - Figura 12

Os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) foram calculados utilizando as equações propostas por MATTERSON et al (1995).

$$\text{EMA (kcal/kg de MS)} = \frac{\text{EB Ingerida} - \text{EB Excretada}}{\text{MS Ingerida}}$$

$$\text{EMAn (kcal/kg de MS) do alimento} = \frac{(\text{EB Ingerida} - \text{EB Excretada}) \pm 8,22 \times (\text{BN})}{\text{MS Ingerida}}$$

EB = Energia bruta.

BN = Balanço de Nitrogênio.

MS = Matéria seca.



Figura 12 - Bomba calorimétrica Tipo Parr

3.2. Experimento 2

O segundo experimento foi realizado no Setor de Avicultura da Unidade de Apoio à Pesquisa em Zootecnia do Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal – CCTA/UENF, em Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro – Brasil, no período de 08 de agosto a 19 de setembro de 2006.

3.2.1. Instalações e Manejo

Foram utilizados 640 pintos de corte de um dia de idade, machos da linhagem COBB- - 500, procedentes do incubatório comercial da GLOBOAVES – Marechal Floriano – ES.

As aves foram distribuídas em 32 boxes, sendo alojados 20 pintos por boxe, cada um com as dimensões de (1,80 x 1,80 m) - Figura 13, com piso recoberto com cepilho de madeira (sete centímetros de espessura), onde permaneceram até o término do período experimental.

O critério de distribuição utilizado foi o da uniformidade de peso corporal por unidade experimental. Cada boxe foi composto por um comedouro tipo

tubular infantil (01 a 18 dias de idade) e comedouro tipo tubular adulto (19 – 42 dias de idade); bebedouro tipo pressão (01 a 08 dias de idade) e bebedouro pendular (09 a 42 dias de idade).

Ração e água foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental. O aquecimento foi realizado por campânulas metálicas providas de lâmpadas incandescentes de 150 watts.

As aves receberam iluminação durante 23 horas, sendo a luminosidade natural suplementada por lâmpadas fluorescentes, durante o período de 01 a 24 dias de idade. A partir de 25 dias de idade as aves passaram a receber somente luminosidade natural.

As aves foram imunizadas no incubatório contra Marek e Gumboro, não sendo realizadas vacinações ao longo do período experimental.

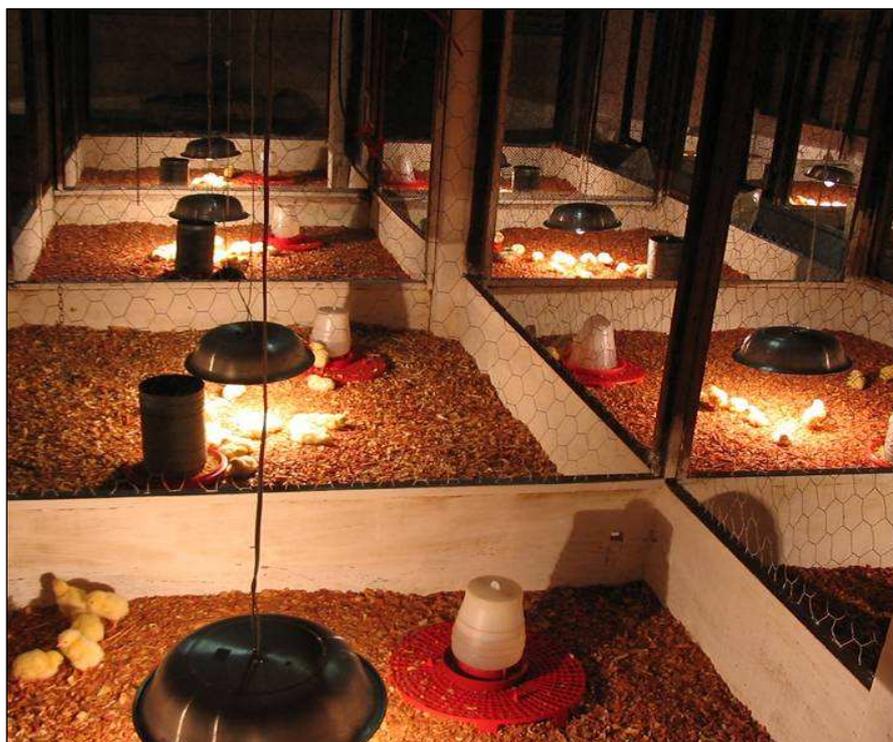


Figura 13 - Galpão experimental com as divisões (boxes)

3.2.2. Tratamentos e rações experimentais

As rações experimentais foram formuladas para as diferentes categorias de acordo com as fases de criação: pré-inicial = 01 a 07 dias; inicial = 08 a 21 dias, crescimento I = 22 a 35 e Crescimento II = 36 a 42 dias. As rações pré-inicial e inicial quando na forma física peletizada foram também trituradas em rolo triturador com abertura de 2,0 mm.

As exigências das aves e composição química dos alimentos foram baseadas no manual de nutrição de frangos de corte Cobb e nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO et al, 2005).

Os tratamentos consistiram em quatro temperaturas de expansão e duas formas físicas da ração, sendo:

- T1 – Ração expandida a 80°C
- T2 – Ração expandida a 100°C
- T3 – Ração expandida a 120°C
- T4 – Ração expandida a 140°C
- T5 – Ração expandida a 80°C e peletizada
- T6 – Ração expandida a 100°C e peletizada
- T7 – Ração expandida a 120°C e peletizada
- T8 – Ração expandida a 140°C e peletizada

Nas Tabelas 3, 4, 5 e 6 estão apresentadas respectivamente as composições dos ingredientes das rações experimentais, bem como as composições nutricionais calculadas utilizadas neste experimento.

Tabela 3 – Composição alimentar e nutricional da ração experimental pré-inicial (0 a 07 dias de idade das aves).

Ingredientes	%	Composição calculada	
Milho	58,540	E. M . (kcal/kg)	2885
Farelo de soja	33,800	Proteína bruta (%)	23,00
Far. carne e ossos	5,670	Metionina Digestível (%)	0,46
Sal	0,433	Metionina + Cistina Digestível (%)	0,84
Calcário calcítico	0,077	Lisina Digestível(%)	1,20
Lisina líquida	0,437	Cálcio (%)	1,00
Colina líquida	0,063	Fósforo disponível (%)	0,48
Metionina líquida	0,480		
Etoxiquin	0,100		
Premix inicial ¹	0,400		

¹ Composição/ kg de Premix: VIT A, 3.000 UI; VIT D3, 875 UI; VIT E, 10.000 UI; VIT K3, 1.000 mg; VIT B1, 1.000 mg; VITB2, 2.500 mg; VIT B6, 1.625 mg; VITB12, 5.000 mg; Ac. Pantotênico, 5.000 mg; Niacina, 12.500 mg; Ac Fólico, 625mg; Biotina, 55 mg; Manganês, 30.000 ppm; Zinco, 25.000 ppm; Ferro, 16.250 ppm; Cobre, 2.500 ppm; Iodo, 375 ppm; Selênio,87,500 ppm; Monenzina, 16.250 mg; Nicarbazina, 16.250 mg; Antimicrobiano (Colistina, 6.250 mg; Enramicina, 2.500 mg); Antioxidante, 166,5 mg.

Tabela 4 – Composição alimentar e nutricional da ração Inicial do experimento II (08 a 21 dias de idade das aves).

Ingredientes	%	Composição calculada	
Milho	61,900	E M (kcal/kg)	2921
Farelo de soja	30,940	Proteína bruta (%)	21,80
Far. carne e ossos	5,620	Metionina Digestível (%)	0,50
Sal	0,367	Metionina + Cistina Digestível (%)	0,85
Calcário	0,060	Lisina Digestível (%)	1,30
Lisina líquida	0,210	Cálcio (%)	0,98
Colina líquida -76%	0,050	Fósforo disponível (%)	0,48
Metionina líquida	0,353		
Etoxiquin	0,100		
Premix inicial ¹	0,400		

¹ Composição/ Kg de Premix ¹ VIT A, 3.000 UI; VIT D3, 875 UI; VIT E, 10.000 UI; VIT K3, 1.000 mg; VIT B1, 1.000 mg; VITB2, 2.500 mg; VIT B6, 1.625 mg; VITB12, 5.000 mg; Ac. Pantotênico, 5.000 mg; Niacina, 12.500 mg; Ac Fólico, 625mg; Biotina, 55 mg; Manganês, 30.000 ppm; Zinco, 25.000 ppm; Ferro, 16.250 ppm; Cobre, 2.500 ppm; Iodo, 375 ppm; Selênio, 87,500 ppm; Monenzina, 16.250 mg; Nicarbazina, 16.250 mg; Antimicrobiano (Colistina, 6.250 mg; Enramicina, 2.500 mg); Antioxidante, 166,5 mg.

Tabela 5 – Composição alimentar e nutricional da ração crescimento I do experimento II (22 a 35 dias de idade das aves).

Ingredientes	%	Composição calculada	
Milho	63,830	E M (kcal/kg)	3019
Farelo de soja	27,820	Proteína bruta (%)	20,50
Óleo de soja	0,230	Metionina Digestível (%)	0,48
Far. carne e ossos	5,500	Metionina + Cistina Digestível (%)	0,75
Óleo de aves	1,000	Lisina Digestível(%)	1,00
Sal	0,367	Cálcio (%)	0,96
Calcário	0,083	Fósforo disponível (%)	0,46
Lisina líquida	0,263		
Colina líquida -76%	0,055		
Metionina líquida	0,352		
Etoxiquin	0,100		
Premix inicial ¹	0,400		

¹ Composição/ Kg de Premix ¹ VIT A, 3.000 UI; VIT D3, 875 UI; VIT E, 10.000 UI; VIT K3, 1.000 mg; VIT B1, 1.000 mg; VITB2, 2.500 mg; VIT B6, 1.625 mg; VITB12, 5.000 mg; Ac. Pantotênico, 5.000 mg; Niacina, 12.500 mg; Ac Fólico, 625mg; Biotina, 55 mg; Manganês, 30.000 ppm; Zinco, 25.000 ppm; Ferro, 16.250 ppm; Cobre, 2.500 ppm; Iodo; 375 ppm; Selênio,87,500 ppm; Monenzina, 16.250 mg; Nicarbazina, 16.250 mg; Antimicrobiano (Colistina, 6.250 mg; Enramicina, 2.500 mg); Antioxidante, 166,5 mg.

Tabela 6 – Composição alimentar e nutricional da ração experimental crescimento II do experimento II (36 a 42 dias de idade das aves).

Ingredientes	%	Composição calculada	
Milho	63,540	E. M. (kcal/kg)	3007
Farelo de Soja	15,400	Proteína bruta (%)	19,90
Soja Integral Desativada	14,270	Metionina Digestível (%)	0,37
Far. carne e ossos	5,300	Metionina + Cistina Digestível (%)	0,67
Sal	0,367	Lisina Digestível(%)	0,95
Calcário	0,117	Cálcio (%)	0,96
Lisina líquida	0,175	Fósforo disponível (%)	0,46
Colina líquida	0,048		
Metionina líquida	0,283		
Etoxiquin	0,100		
Premix Crescimento ¹	0,400		

¹Composição/ kg de Premix: VIT A, 2.750 UI; VIT D3, 750 UI; VIT E, 7.500 UI; VIT K3, 875 mg; VIT B1, 750 mg; VITB2, 2.125 mg; VIT B6, 1.250 mg; VITB12, 5.000 mg; Ac. Pantotênico, 4.500 mg; Niacina, 10.000 mg; Ac Fólico, 400 mg; Biotina, 50 mg; Manganês, 30.000 ppm; Zinco, 25.000 ppm; Ferro, 16.250 ppm; Cobre, 2.500 ppm; Iodo, 375 ppm; Selênio, 75 ppm; Salinomicina, 17.500 Antimicrobiano (Colistina, 6.250 mg; Enramicina, 2.000 mg); Antioxidante, 166,5 mg.

3.2.3. Desempenho zootécnico

Neste experimento foram avaliados os índices zootécnicos de frangos de corte de acordo com as fases de criação:(0-7 – Pré-inicial; 8-21 – Inicial; 22-35; Crescimento I e 36-42 dias de idade – Crescimento 2) dos animais submetidos à alimentação com rações expandidas em diferentes temperaturas e formas físicas (expandida e peletizada).

Consumo de Ração (CR)

O consumo de ração foi avaliado ao final de cada fase do período experimental. Foram pesadas as sobras de ração de cada unidade experimental, e por diferença, determinado o consumo de ração acumulado, em gramas, por ave no período.

Peso Médio (PM)

O peso médio das aves foi avaliado ao final de cada fase experimental. As aves das unidades experimentais foram pesadas em grupo e o resultado dividido pelos números de aves vivas, obtendo-se o peso médio das aves em gramas.

Ganho Peso Médio Diário (GPD)

O ganho de peso médio diário foi avaliado por unidade experimental, dividindo-se o peso médio das aves, em gramas, pelo número de dias do período experimental.

Conversão Alimentar Técnica (CAT)

A conversão alimentar técnica foi calculada dividindo-se o consumo de ração pelo peso médio corporal das aves vivas e mortas durante o período experimental.

Conversão Alimentar Econômica (CAE)

A conversão alimentar econômica foi calculada dividindo-se o consumo de ração pelo peso médio corporal somente das aves vivas no período. É a forma da conversão alimentar calculada em lotes de frangos em granjas comerciais.

Conversão Calórica Técnica (CCT)

É o resultado da relação entre a quantidade de quilocalorias (kcal) ingeridas pelo peso das aves vivas e mortas durante o período experimental.

Conversão Calórica Econômica (CCE)

Quantidade de energia total ingerida em quilocalorias (kcal) para produzir um kg de peso vivo, ou seja é o resultado da divisão do total de kcal ingerida pelo peso vivo final, sem considerar o peso das aves que morreram durante o período experimental.

Temperaturas e Umidade Relativa

Durante o período experimental foram realizadas medições diárias de temperaturas de máxima e mínima, e as umidades relativas do ar nos horários de 7, 13 e 17 horas. Os equipamentos utilizados foram: termômetro digital marca:

HYGRO – THERMOMETER, modelo INSTRUTHERM HT- 200 ; Termômetro de globo negro - Figura 14.



Figura 14 – Equipamentos para medições de temperatura e UR ar

3.2.4. Modelo Estatístico

O delineamento experimental foi um arranjo fatorial de 4x2 (quatro temperaturas e duas formas físicas) e quatro repetições de 20 aves cada. O sorteio dos tratamentos nas unidades experimentais foi realizado de forma a propiciar que as repetições fossem distribuídas uniformemente em galpão experimental.

O modelo estatístico para as variáveis de desempenho foi:

$$Y_{ijk} = \mu + T_j + F_{fi} + F_f T_{ij} + B_k + e_{ijk}$$

Onde:

Y_{ijk} = Efeito da repetição i, do nível j e do bloco k

μ = Efeito da média geral

T_j = Efeito da temperatura j (j = 1, 2, 3 e 4)

F_{fi} = Efeito da forma física i (i = 1 e 2)

$F_f T_{ij}$ = Efeito da interação dos fatores temperatura de expansão x forma física

B_k = Efeito do bloco k (k = 1, 2, 3 e 4)

e_{ijk} = Efeito do erro aleatório associado a cada observação ijk.

Os resultados obtidos foram submetidos a análises estatísticas utilizando o programa SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas, 2005). Foi realizada a análise de variância (ANOVA), na qual o efeito quantitativo principal (temperatura de expansão das rações) foi estudado por análises de regressão através da decomposição em seus componentes linear, quadrático e cúbico. O modelo Linear Response Plateau – LRP foi utilizado quando apresentou menor soma dos quadrados dos desvios em relação aos modelos linear simples e quadrático.

O efeito secundário (forma física) foi avaliado pelo teste de F da ANOVA a 5% de significância. As interações quando significativas foram desdobradas, com o estudo de um efeito dentro do outro. e comparados pelo teste de Tuckey a 5% de significância.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento 1

4.1. 1 Ambiência

Foram realizadas medições diárias das temperaturas durante os dois ensaios de metabolismos no galpão onde estavam alocadas as baterias de metabolismo. As temperaturas estão apresentadas nas Figuras 15 e 16, respectivamente.

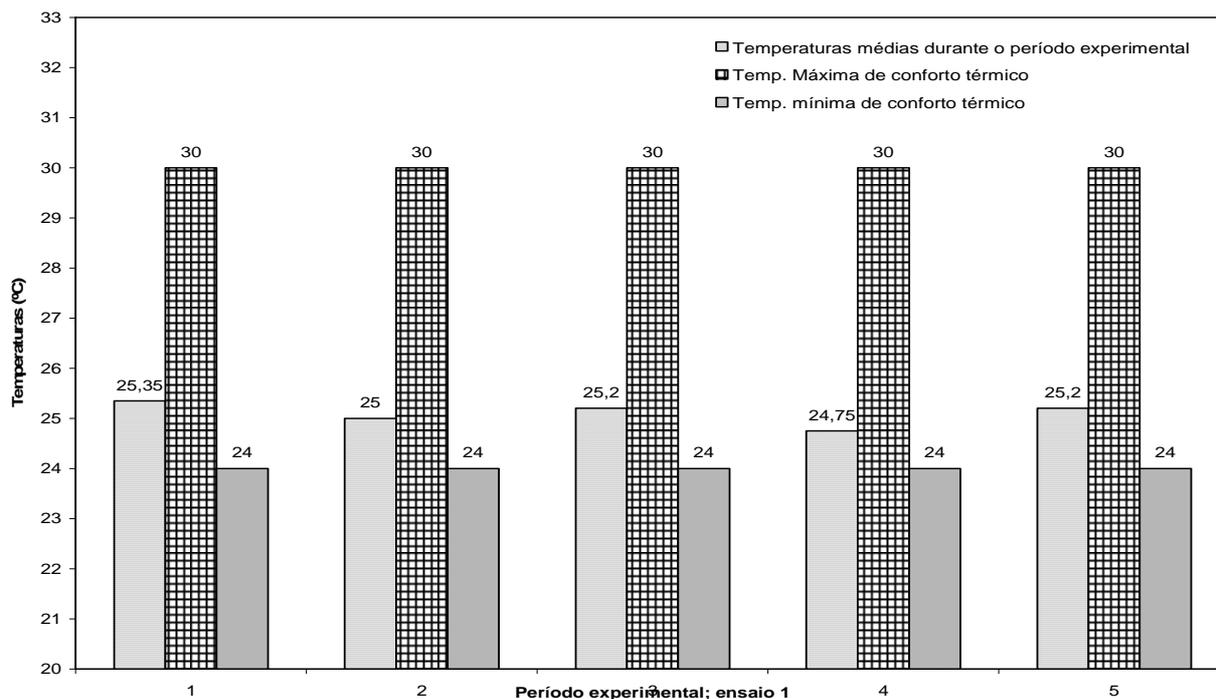


Figura 15 - Temperaturas médias medidas durante período experimental do ensaio de metabolismo 1 e temperaturas máximas e mínimas de conforto térmico em função da idade das aves.

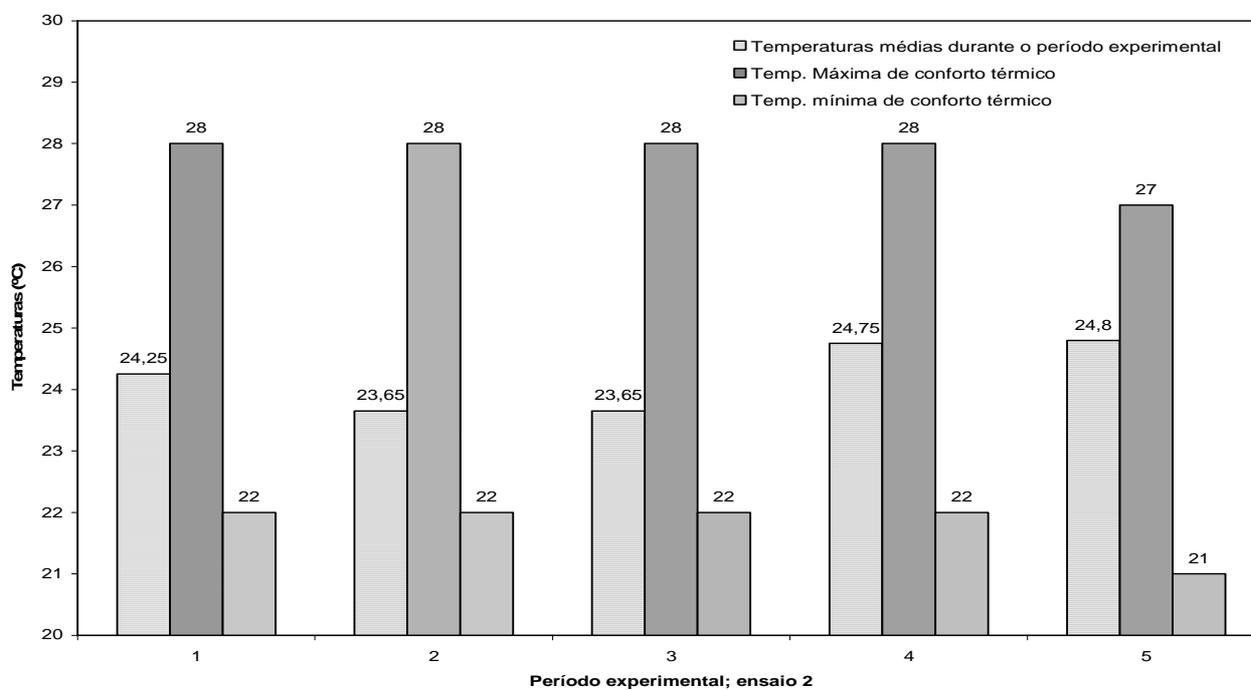


Figura 16 - Temperaturas médias do período experimental do ensaio de metabolismo 2 e temperaturas máximas e mínimas de conforto térmico em função da idade das aves.

As temperaturas de máxima e mínima oscilaram entre 30 e 24°C no primeiro ensaio, e entre 28 e 22°C no segundo ensaio de metabolismo. As temperaturas médias em ambos os ensaios encontraram-se dentro da zona de conforto térmico, conforme pode ser observado nas Figuras 15 e 16. A temperatura é um dos principais fatores que podem afetar o consumo. O ambiente bem manejado no período experimental influenciou positivamente, proporcionando a expressão do potencial produtivo das aves de conformação, não afetando o metabolismo.

4.1.2. Ensaio de metabolismo I

Os resultados do ensaio de metabolismo estão apresentados na Tabela 7. A energia metabolizável corrigida (EMn) para as temperaturas de expansão de 80, 100, 120 e 140°C foram: 2937; 2900; 2806 e 2751 kcal/kg de ração, respectivamente. Observa-se uma redução linear dos níveis de EMn com o aumento da temperatura de expansão Figura 17.

Verificou-se que a EMn, determinada nas rações expandidas a 80 e 100 °C, apresentaram valores semelhantes ao apresentado pela formulação de ração da fase inicial (2920 kcal/kg), superior em 17 kcal (0,58%) e inferior em 20 kcal (0,68%), respectivamente. Entretanto, para a expansão a 120 e 140 °C verificou-se níveis energéticos significativamente inferiores, 114 kcal (-3,90%) e 169 kcal (-5,79%), respectivamente.

Estes resultados demonstram que na fase inicial (15-19dias) pintos de corte maximizaram o aproveitamento energético das rações na faixa de temperatura de expansão entre 80 e 100 °C, e que em temperaturas acima de 120°C ocorrem altas perdas energéticas nas rações, que podem comprometer a taxa de crescimento das aves nesta fase de desenvolvimento. Os baixos coeficientes de variação observados entre as determinações da EMAn entre repetições confirmam a confiabilidade dos resultados (Tabela 7).

É notório que durante os processamentos térmicos os alimentos passam por uma transformação que altera as moléculas que os constituem. GERMANY (1992) relata que a passagem do amido pelo expander proporciona sua hidrolização devido os efeitos do calor, pressão e umidade, o que facilita sua

digestão enzimática. Quanto à proteína este mesmo autor relata aumento de sua digestibilidade nos alimentos expandidos, pois a modificação na sua estrutura terciária provoca uma redução no tempo de hidrólise no intestino das aves. Portanto, o aumento da digestibilidade do amido, e maior solubilidade das proteínas foi responsável pelo aumento da EMn das rações expandidas observadas neste ensaio.

O calor excessivo durante os tratamentos hidrotérmicos é causa de significativas perdas nutricionais. Segundo GERMANY (1992), em alimentos protéicos de origem vegetal reduz sua solubilidade pelo seu menor PDI (Índice de dispersibilidade protéica). A provável causa é a aglomeração da proteína por ligações químicas cruzadas, que não podem ser hidrolisadas pelas enzimas endógenas. Entretanto, o autor relata que em alimentos muito ricos em amido, nenhuma pesquisa "mostrara que a expansão causa prejuízos na proteína, tais como na disponibilidade dos aminoácidos". Os resultados demonstraram que em temperaturas acima de 120°C os valores da EMAn foram acentuadamente reduzidos, que as moléculas de amido sofreram um processo de deteriorização e provavelmente tornaram a proteína menos solúvel.

Estes resultados também mostram que a utilização de temperatura adequada no expandir pode-se otimizar a digestão amilácea, maximizando a EMAn. Segundo NITSAN (1991), a atividade máxima da amilase pancreática no conteúdo intestinal dos pintos ocorre aproximadamente aos 17 dias, idade média de realização do ensaio metabólico.

Tabela - 7 Valores da energia metabolizável corrigida das rações iniciais de frangos de corte (15-19 dias) para as diferentes temperaturas de expansão

Temperatura de expansão °C	Energia Metabolizavel Corrigida kcal/kg	Energia Metabolizavel Calculada kcal/kg	*CV %	Relativo a Energia Metabolizavel Formulada		Relativo a Energia Metabolizavel dos tratamentos	
				kcal/ kg	%	kcal/ kg	%
80	2938	2921	4,20	17	0,58	-	-
100	2901	2921	4,79	-20	-0,68	-37	-1,26
120	2807	2921	2,39	-114	-3,90	-131	-4,46
140	2752	2921	1,23	-169	-5,79	-186	-6,33

*CV: Coeficiente de Variação

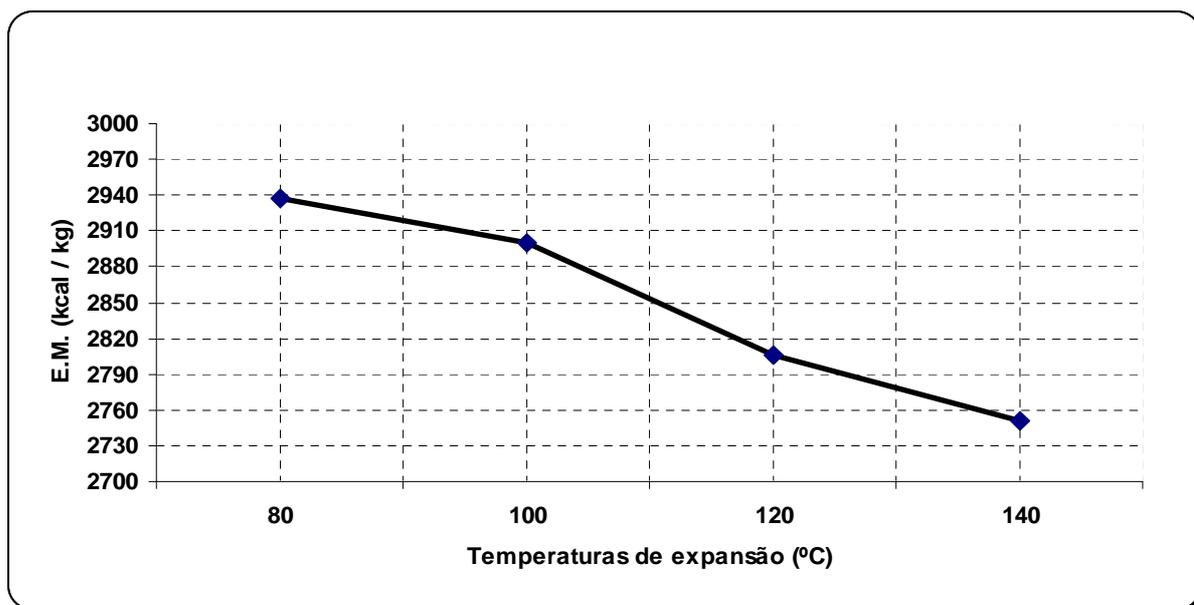


Figura 17 - Valores da EMAn das rações iniciais de frangos de corte (15-19 dias) para as diferentes temperaturas de expansão.

4.1.3 Ensaio de metabolismo II

Os resultados do ensaio de metabolismo estão apresentados na Tabela 8. A energia metabolizável corrigida (EMAn) para as temperaturas de expansão de 80, 100, 120 e 140°C foram: 3045; 3031; 3115 e 2977 kcal/kg de ração, respectivamente. Observa-se um aumento da EMAn na temperatura de expansão de 120 °C, com uma acentuada redução para o nível de 140 °C, Figura 18.

Verificou-se que a EMn, determinada nas rações expandidas a 80 e 100 °C, apresentaram valores semelhantes ao apresentado pela formulação de ração da fase crescimento (3020 kcal/kg), superiores em 25 kcal (0,83%) e 11 kcal (0,36%), respectivamente. Entretanto, para a expansão a 120°C verificou-se o nível energético relativo significativamente superior, aproximadamente 95 kcal (3,14%). Enquanto, para a expansão a 140 °C a EMAn relativa decresceu drasticamente, cerca de 43 kcal (-1,43%).

Nas comparações realizadas entre os valores das EMAn obtidas nas diferentes temperaturas de expansão, observou-se que as perdas relativas entre as rações expandidas a 80 e 100 °C foram reduzidas em apenas 14 kcal (-0,47%), enquanto para as expandidas a 120 °C foram superiores em 84 kcal

(2,29%), e para a de 140 °C inferiores significativamente em 138 (-2,23%), respectivamente.

Tabela 8 - Valores da energia metabolizável corrigida das rações de crescimento de frangos de corte (31-35 dias) para as diferentes temperaturas de expansão

Temperatura de expansão °C	Energia Metabolizável Corrigida kcal/kg	Energia Metabolizável Calculada kcal/kg	*CV %	Relativo a Energia Metabolizável Formulada		Relativo a Energia Metabolizável dos tratamentos	
				kcal/kg	%	kcal/kg	%
80	3044	3019	1,49	25	0,83	-	-
100	3030	3019	2,75	11	0,36	-14,41	-0,47
120	3114	3019	2,23	95	3,14	84,12	2,29
140	2976	3019	1,53	-43	-1,42	-137,73	-2,23

*CV: Coeficiente de Variação

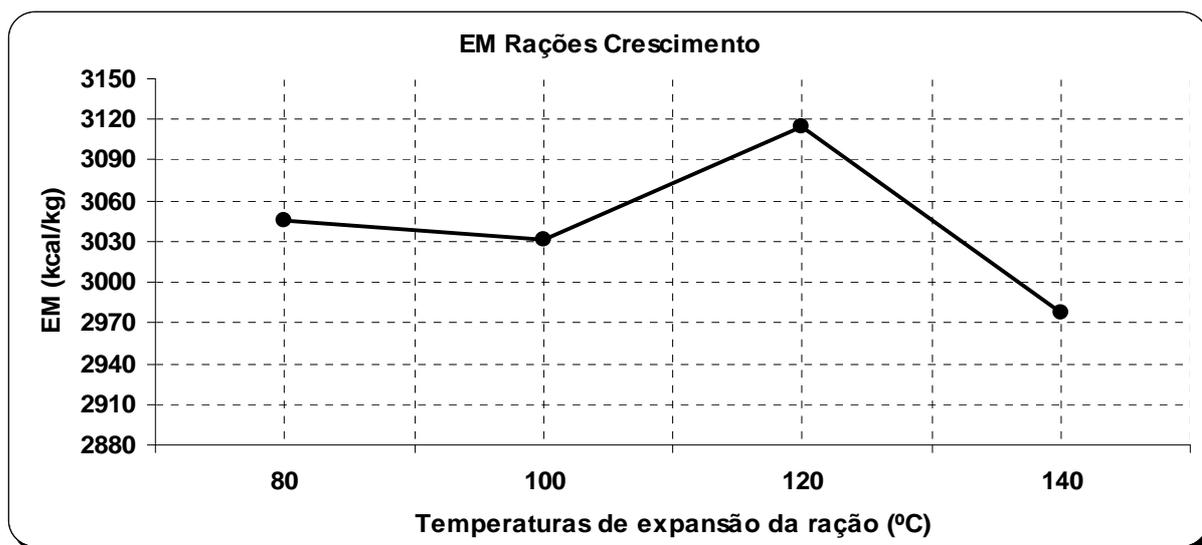


Figura 18 - Valores da EMA das rações de crescimento de frangos de corte (31-35 dias) para as diferentes temperaturas de expansão

Estes resultados demonstram que na fase de crescimento (31-35 dias) os frangos de corte maximizaram o aproveitamento energético das rações na temperatura de expansão de 120°C, e que em temperaturas acima desta, novamente ocorrem altas perdas da energia nas rações, que podem comprometer a conversão alimentar, deposição de proteína, e conseqüentemente trazer grandes prejuízos econômicos pelo aumento da idade de abate.

A melhor utilização da energia contida nos alimentos pelas aves de maior maturidade pode ser explicada pela melhor produção de enzimas digestivas.

A temperatura de expansão de 120°C proporcionou maior solubilização do amido e proteína da ração, tornando o processo de utilização do alimento mais eficiente nas aves em crescimento do que nas aves da fase inicial, uma vez que o pâncreas otimiza sua produção de enzimas digestivas quando as aves atingem 21 dias de idade .

A expansão também pode contribuir com o aumento da utilização energética de lipídios contido nos alimentos que compõem as rações. A significativa redução da concentração de microorganismos, pelo condicionamento da alta temperatura em curto período de tempo (HTST- High Temperature Short Time) é também de fundamental importância, uma vez que muitas espécies de bactérias que contaminam os alimentos produzem lipases, que hidrolisam os triglicerídios dos óleos e gorduras, que conseqüentemente aumentam a concentração de ácidos graxos livres, reduzindo seus valores energéticos. Por fim a expansão também proporciona a inativação de enzimas, como as lipoxidases, responsáveis pela oxidação lipídica, GERMANY (1992).

4.2. Experimento 2

4.2. 1. Ambiência

Durante o período do experimento II foram realizadas leituras diárias das temperaturas através do termômetro de globo negro e umidade relativa através de um termo higrômetro.

A temperatura e umidade relativa diária, coletadas durante os 42 dias do experimento estão apresentadas na figura 19 e 20, respectivamente. Os dados encontrados, tanto para temperaturas médias como umidade relativa do ar, estão dentro da faixa de normalidade para as aves nas diferentes etapas do desenvolvimento fisiológico.

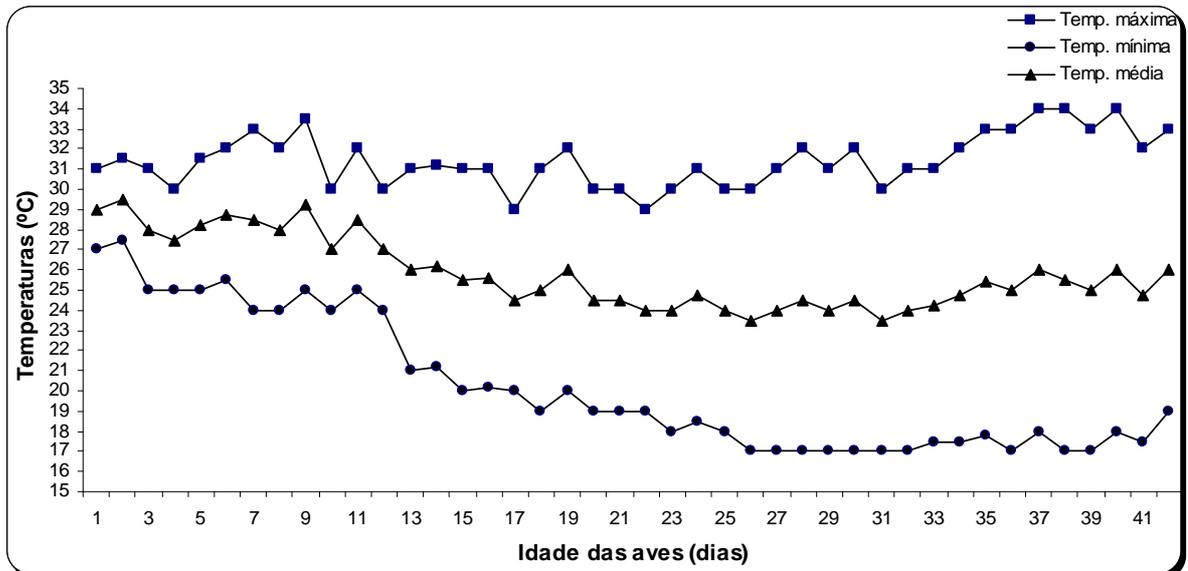


Figura 19 - Temperaturas mensuradas durante período do experimento II - desempenho zootécnico de frangos de corte.

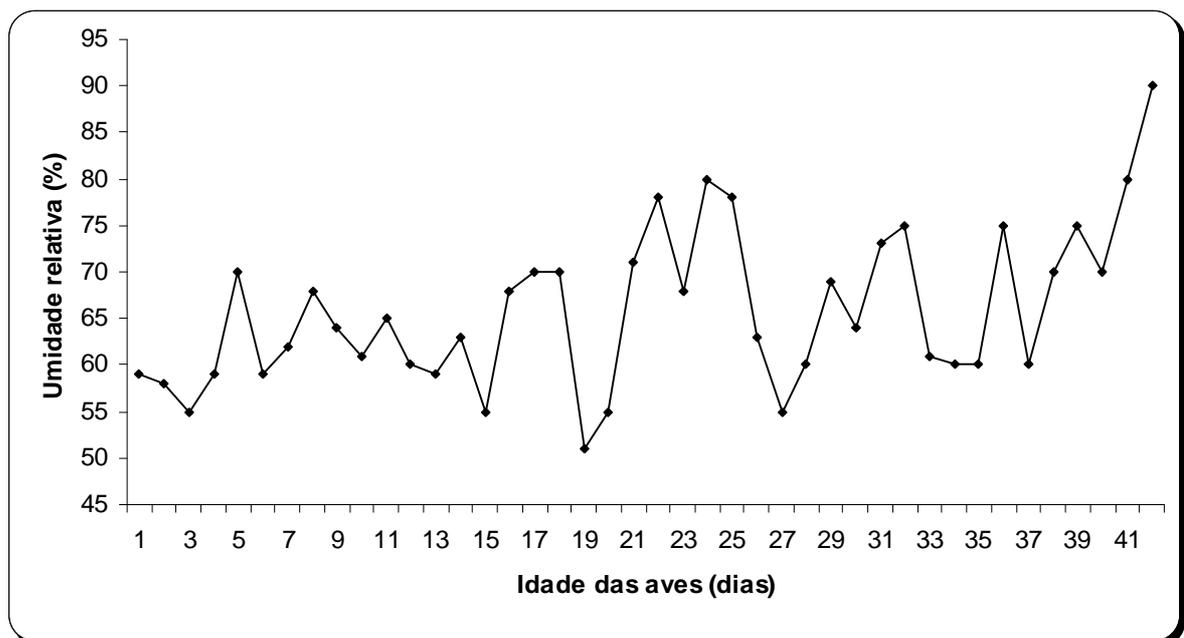


Figura 20 - Umidade relativa durante período do experimento II - desempenho zootécnico de frangos de corte.

4.2. 2. Desempenho zootécnico

4.2.2.1. Período de 0 a 7 dias de idade

Os resultados do desempenho zootécnico dos pintos no período de 0 a 7 dias aos sete dias de idade estão apresentados na Tabela 9. Os pintos de um dia apresentaram excelente uniformidade de peso corporal, com peso médio de 36,87 gramas e coeficiente de variação (CV) de apenas 0,27%. Este resultado proporcionou melhor uniformidade entre repetições e maior confiabilidade nas diferenças entre os tratamentos observados em toda as idades, visto que apenas 1 grama a mais no peso inicial pode representar de 10 a 15 gramas no peso de abate.

Tabela 9- Desempenho zootécnico dos pintos de 0 a 7 dias de idade.

TE ¹ (°C)	PM ² (Kg)		GPD ³ (g)	CR ⁴ (g)	CAE ⁵ (kg/kg)	CAT ⁶ (kg/kg)	CCE ⁷ (kcal/kg)	CCT ⁸ (kcal/kg)
	P ⁹	F ¹⁰						
80	0,211	0,202	29,50	185,37	0,898	0,898	2.650	2.650
100	0,213	0,204	29,73	184,43	0,885	0,885	2.610	2.610
120	0,200	0,211	29,30	177,5	0,866	0,866	2.556	2.556
140	0,190	0,203	28,08	178,87	0,910	0,910	2.686	2.686
Média	0,204	0,205	29,16	181,55	0,890	0,890	2.626	2.626
CV ¹¹	5,18	3,22	2,81	4,91	1,836	3,89	1,83	3,89

1- Temperatura de expansão; 2- Peso médio; 3- Ganho de peso diário; 4- Consumo de ração; 5- Conversão alimentar econômica; 6- Conversão alimentar técnica; 7- Conversão calórica econômica; 8- Conversão calórica técnica; 9- Ração peletizada; 10- Ração farelada e 11- Coeficiente de variação

De acordo com as análises de regressão, as variáveis peso médio e ganho de peso médio diário aos sete dias de idade foram significativamente influenciadas pelos tratamentos. Foi verificado efeito quadrático ($P < 0,05$), evidenciando que as diferentes temperaturas de expansão da ração pré-inicial, aumentaram o PM e GPD até as temperaturas de 108,3 e 99,7 °C, respectivamente, observou-se ainda interação entre a forma física da ração e temperatura de expansão. As aves alimentadas com ração expandidas a

80/100°C e peletizadas obtiveram maiores pesos ($P<0,05$), comparativamente àquelas alimentadas com ração expandida às mesmas temperaturas e farelada. No entanto, quando as rações expandidas foram submetidas a 120 e 140°C e peletizadas, observou-se menores pesos das aves ($P<0,05$), comparativamente àquelas alimentadas com ração expandida às mesmas temperaturas e farelada (Tabela 10).

Estes resultados corroboram com os dados de Energia Metabolizável Corrigida (EMn) encontrados no ensaio de metabolismo I (15 a 19 dias de idade), onde se observou que temperaturas de expansão acima de 100°C promovem diminuição na EMn da ração. Com relação à forma física, ficou evidenciado que a ração peletizada e expandida até 100°C, propiciou melhor ganho de peso comparada com a farelada. O desempenho de pintos de corte nos primeiros dias de vida é influenciado pela rapidez com que a ave tem acesso ao primeiro alimento e água, tendo nas rações peletizadas um consumo mais rápido com menor gasto energético (NETO, 2000).

Segundo SMITH (1995), aves alimentadas com ração expandida e peletizada apresentam melhor ganho de peso em relação àquelas alimentadas com ração peletizada, ou seja, quanto mais processado o alimento maior o ganho de peso, no entanto quando o processamento envolve altas temperaturas têm-se perdas na solubilidade de aminoácidos principalmente da lisina, sendo que no estudo em questão ficou evidenciado que temperaturas acima de 100°C de expansão associado à peletização promovem menor ganho de peso e menor EMn da ração.

LÓPEZ et al (2004) descreveram que a forma física da ração teve efeito sobre o consumo de alimento, as aves que consumiram as rações expandidas e peletizadas apresentaram maior consumo em relação àquelas que receberam as rações fareladas. O maior consumo das rações peletizadas em relação às fareladas pode ser atribuída à maior densidade, ao tamanho uniforme das partículas e ao impedimento da apreensão seletiva do alimento.

NAGANO et al (2003) estudando o desempenho de aves aos sete dias de idade alimentadas com rações expandidas fareladas e expandidas peletizadas, verificaram diferenças significativas para o peso vivo médio e conversão alimentar, com resultados favoráveis para aquelas alimentadas com rações pré-

iniciais expandidas e peletizadas, sendo o mesmo observado neste trabalho com rações expandidas até no máximo a 100°C.

Tabela 10 - Peso médio (kg) de frangos de corte com sete dias de idade tratados com ração expandida farelada e expandida peletizada em quatro níveis de temperatura.

Forma Física	Temperaturas de expansão da ração (°C)			
	80	100	120	140
Farelada	0,202 ^b	0,204 ^b	0,211 ^a	0,203 ^a
Peletizada	0,211 ^a	0,213 ^a	0,200 ^b	0,190 ^b
Média	0,207	0,209	0,206	0,197

Médias com letras distintas na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

O peso corporal médio das aves se intensificou com o aumento da temperatura de expansão de 80 para 100°C, sendo que a temperatura estimada através da equação de regressão, para obter o melhor peso médio foi de 108,3°C, conforme demonstrado na figura 21.

O ganho de peso diário até o sétimo dia de vida das aves foi influenciado positivamente pela temperatura de expansão até 100°C, sendo que a melhor temperatura de expansão estimada para o ganho de peso diário foi de 99,7°C (Figura 22).

O consumo médio de ração decresceu linearmente à medida que a temperatura de expansão passou de 80 para 120°C, sendo o menor consumo de ração estimado à temperatura de 118,1°C de expansão. Este valor foi estimado através da equação de regressão do LRP (Linear Response Plateau) (Figura 23).

A conversão alimentar econômica e técnica decresceram à medida que a temperatura de expansão aumentou de 80 para 100°C, sendo a melhor conversão alimentar alcançada à temperatura de 99,7°C (Figura 22).

As conversões calórica e técnica também decresceram à medida que a temperatura de expansão aumentou de 80 para 120°C, no entanto a melhor conversão calórica esperada foi de 108,7°C de temperatura de expansão, conforme demonstrado na figuras 24 e 25.

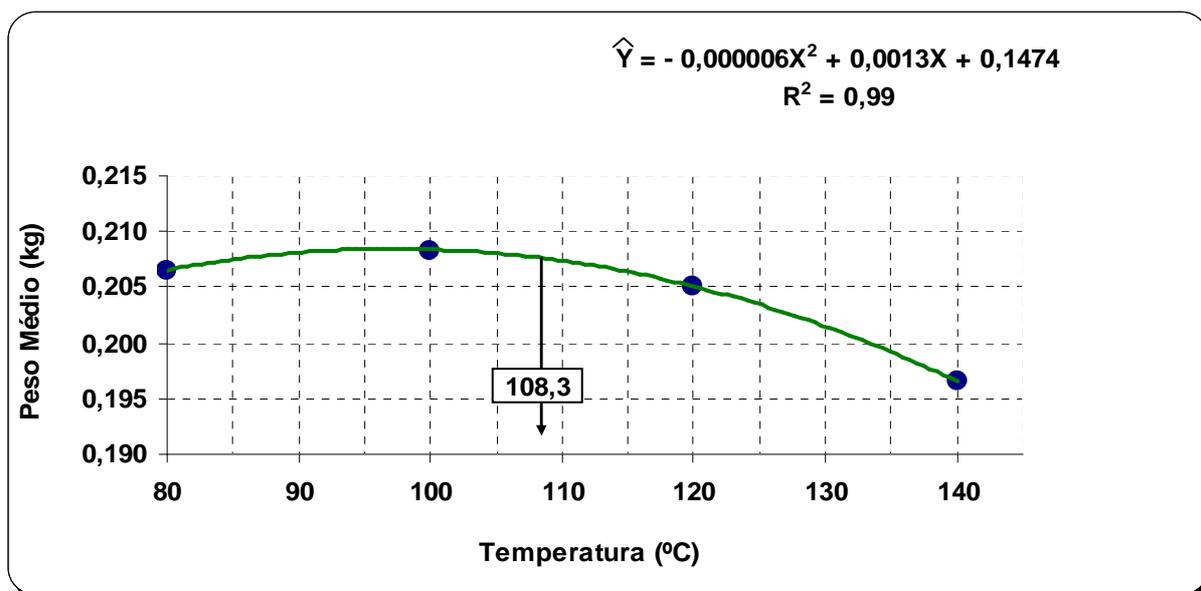


Figura 21 - Efeito da temperatura de expansão da ração pré-inicial no peso médio das aves aos sete dias de idade.

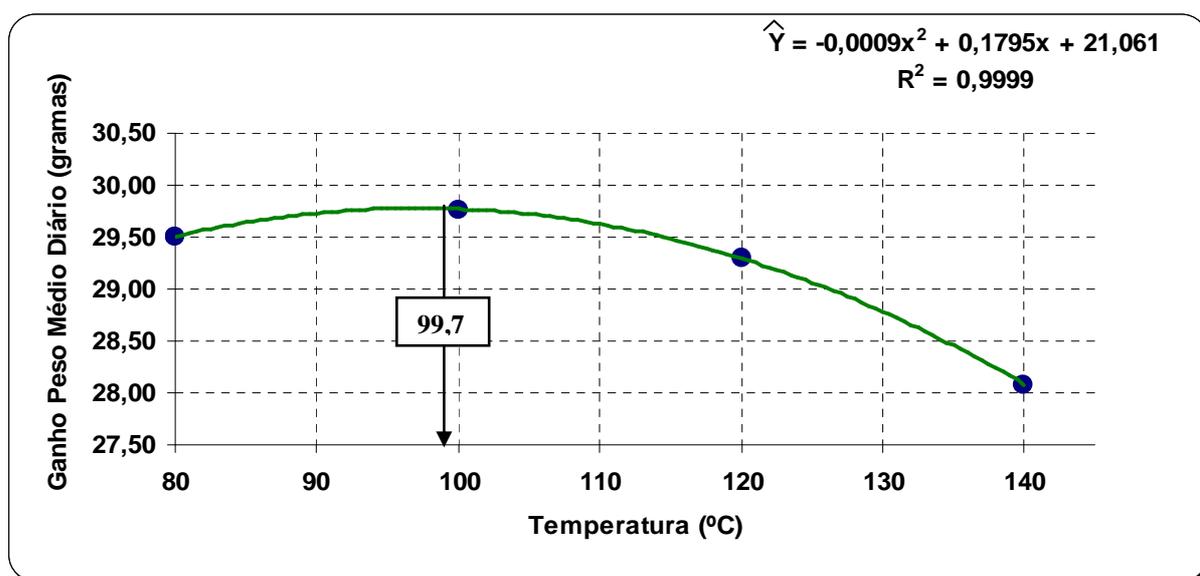


Figura 22 - Efeito da temperatura de expansão da ração pré-inicial no ganho de peso médio diário das aves aos sete dias de idade.

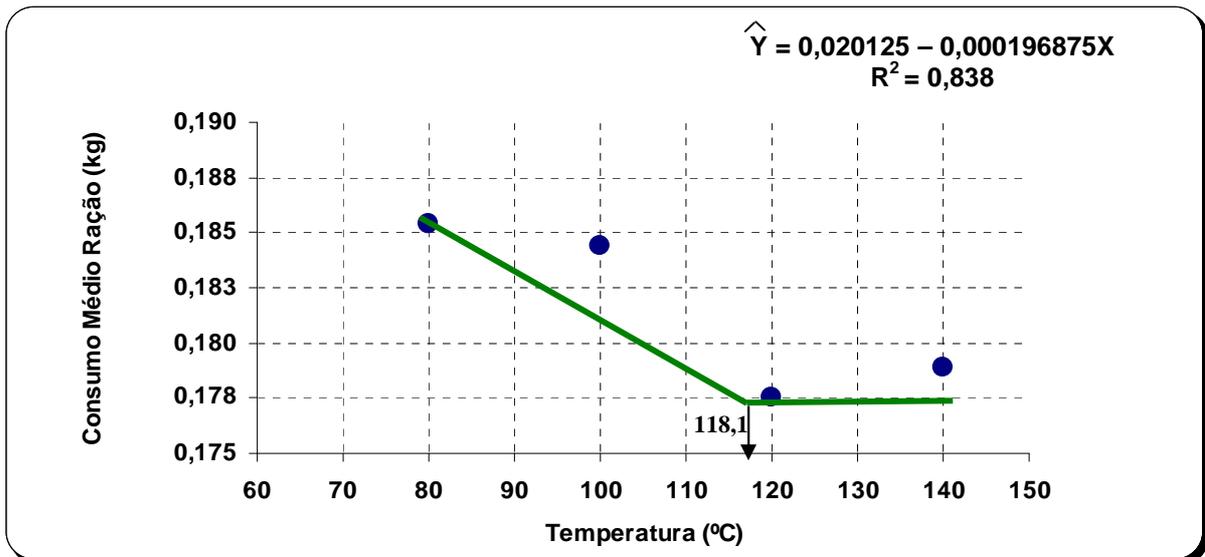


Figura 23 - Efeito da temperatura de expansão da ração pré-inicial no consumo médio de ração das aves aos sete dias de idade.

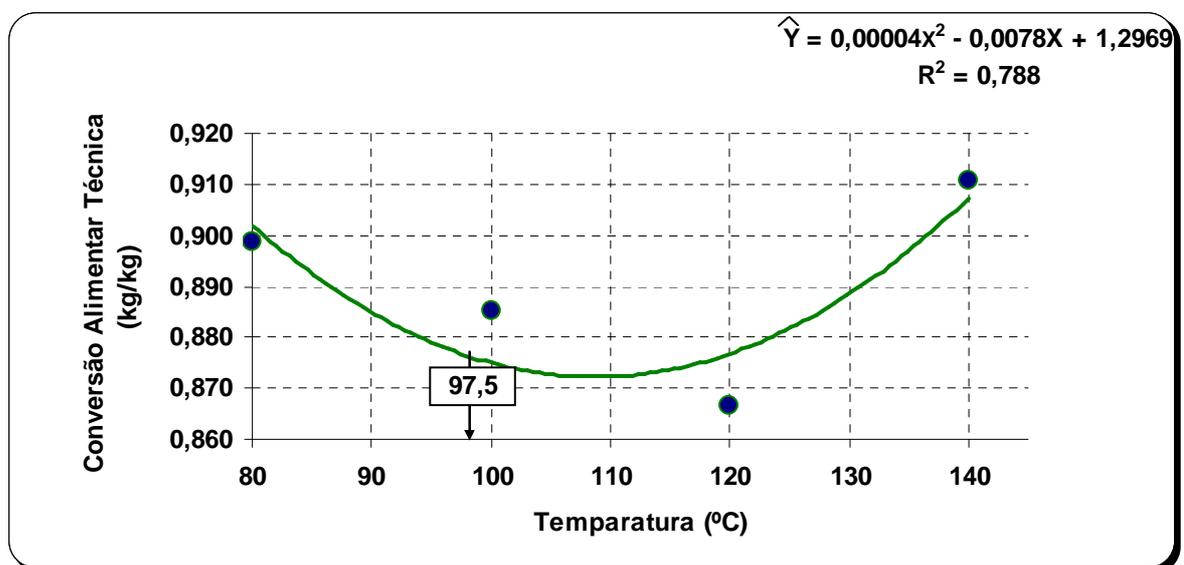


Figura 24 - Efeito da temperatura de expansão da ração pré-inicial na conversão alimentar técnica das aves aos sete dias de idade.

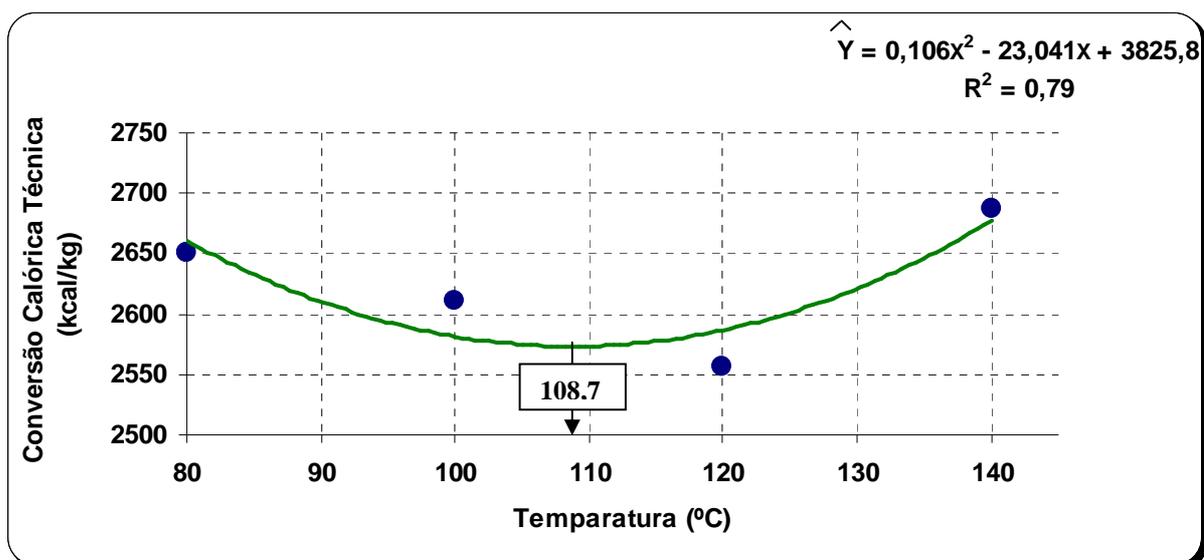


Figura 25 - Efeito da temperatura de expansão da ração pré-inicial na conversão calórica técnica das aves aos sete dias de idade.

4.2.2.2. Período de 0 a 21 dias de idade

Os valores das variáveis para a avaliação do desempenho zootécnico das aves no período de 0 a 21 dias de idade estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Desempenhos zootécnicos das aves aos 21 dias de idade.

TE ¹ (°C)	PM ² (Kg)	GPD ³ (g)	CR ⁴ (kg)	CAE ⁵ (kg/kg)	CAT ⁶ (kg/kg)	CCE ⁷ (kcal/kg)	CCT ⁸ (kcal/kg)
80	1,093	52,04	1,421	1,301	1,296	3895	3880
100	1,097	52,24	1,401	1,277	1,277	3823	3823
120	1,076	51,25	1,369	1,272	1,272	3809	3809
140	1,085	51,67	1,386	1,278	1,274	3825	3815
Media	1,09	51,80	1,39	1,282	1,280	3838	3832
CV ⁹	2,06	2,06	1,69	2,22	2,18	2,22	2,18

1- Temperatura de expansão; 2- Peso médio; 3- Ganho de peso diário; 4- Consumo de ração; 5- Conversão alimentar econômica; 6- Conversão alimentar técnica; 7- Conversão calórica econômica; 8- Conversão calórica técnica; 9- Coeficiente de variação.

De acordo com as análises de regressão, as variáveis de peso médio, ganho de peso, conversão alimentar técnica/econômica e conversão calórica técnica/econômica não foram significativamente influenciadas ($P > 0,05$) pelos

tratamentos, evidenciando que as diferentes temperaturas de expansão não interferiram significativamente no desempenho das aves no período até 21 dias de idade. Também não houve interação entre forma física das rações e temperatura de expansão. Verificou-se, no entanto, que os tratamentos influenciaram significativamente ($P < 0,05$), o consumo médio de ração, observando decréscimo linear em função do aumento da temperatura de expansão, até 120°C, sendo a melhor temperatura de expansão estimada pela equação de regressão LRP de 108,4°C (Figura 26).

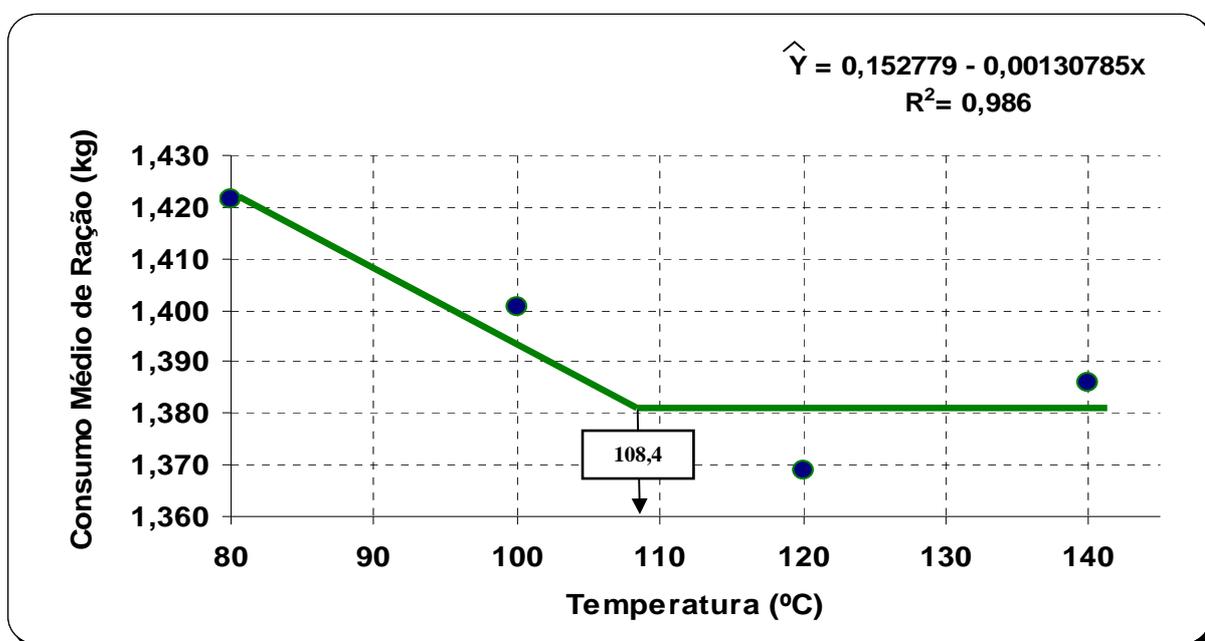


Figura 26 - Efeito da temperatura de expansão no consumo de ração das aves aos 21 dias de idade.

4.2.2.3. Período de 0 a 35 dias de idade

Os valores de desempenho zootécnicos das aves no período até 35 dias de idade estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Desempenhos zootécnicos de 0 aos 35 dias de idade

TE ¹ (°C)	PM ² (Kg)	GPD ³ (g)	CR ⁴ (kg)	CAE ⁵ (kg/kg)	CAT ⁶ (kg/kg)	CCE ⁷ (kcal/kg)	CCT ⁸ (kcal/kg)
80	2,47	70,46	3,86	1,567	1,550	4774,39	4732,28
100	2,50	71,41	3,80	1,520	1,513	4633,25	4610,56
120	2,42	69,11	3,69	1,527	1,500	4654,24	4570,61
140	2,50	71,46	3,84	1,538	1,504	4686,14	4589,1
Media	2,47	70,61	3,80	1,538	1,517	4687,01	4625,64
CV ⁹	2,49	2,49	3,51	2,69	1,64	2,69	1,66

1- Temperatura de expansão; 2- Peso médio; 3- Ganho de peso diário; 4- Consumo de ração; 5- Conversão alimentar econômica; 6- Conversão alimentar técnica; 7- Conversão calórica econômica; 8- Conversão calórica técnica; 9- Coeficiente de variação.

O consumo de ração, conversão alimentar técnica e conversão calórica técnica das aves aos 35 dias foi influenciado significativamente pelas temperaturas de expansão ($P < 0,05$). Para as três variáveis avaliadas, observou-se um decréscimo linear com o aumento da temperatura de expansão até 120°C. Acima desta temperatura verificou-se aumento no consumo e piora nas conversões alimentar e calórica técnicas. Estes resultados mostram que a partir de 120°C as aves tentaram compensar as deficiências nutricionais, proporcionadas pelo excesso de calor de expansão, com o aumento da ingestão de ração. Entretanto, a eficiência alimentar e a utilização da energia foram afetadas negativamente.

Estes resultados corroboram com os obtidos no ensaio de metabolismo II, no qual os frangos com idades entre 31 a 35 dias maximizaram o aproveitamento energético das rações em temperaturas de expansão de até 120°C. Em temperaturas acima deste nível ocorreram altas perdas de energia nas rações, que podem comprometer o CR, CAT, deposição de proteína, e conseqüentemente trazer grandes prejuízos econômicos pelo aumento da idade de abate.

As análises de regressão apresentaram as estimativas das temperaturas do expandir que minimizaram o consumo e melhoraram as conversões alimentar

e calórica: 106,0; 108,3 e 123,4°C, respectivamente. Estes efeitos com suas respectivas equações de regressão são demonstrados nas figuras 27, 28 e 29.

Não foi observada influência significativa ($P>0,05$) do tratamento sobre o peso médio, ganho de peso médio diário, conversão alimentar econômica e conversão calórica econômica. Não foi observada nenhuma interação entre forma física de ração e temperatura de expansão das rações para as variáveis avaliadas aos 35 dias de idade ($P>0,05$).

Foi verificado efeito da forma física para a CAT e CCT ($P<0,05$). As rações peletizadas apresentaram melhor CAT (1,48 kg/kg) do que a forma farelada (1,56 kg/kg), independentemente das temperaturas de expansão. A CCT também foi muito melhor para a forma peletizada (4501 kcal/kg) em relação à farelada (4750 kcal/kg). Como observado nas fases mais jovens a tecnologia da peletização foi responsável pela melhoria de cerca de 5% na conversão alimentar e calórica, contribuindo significativamente para melhorar o desempenho econômico de frangos de corte.

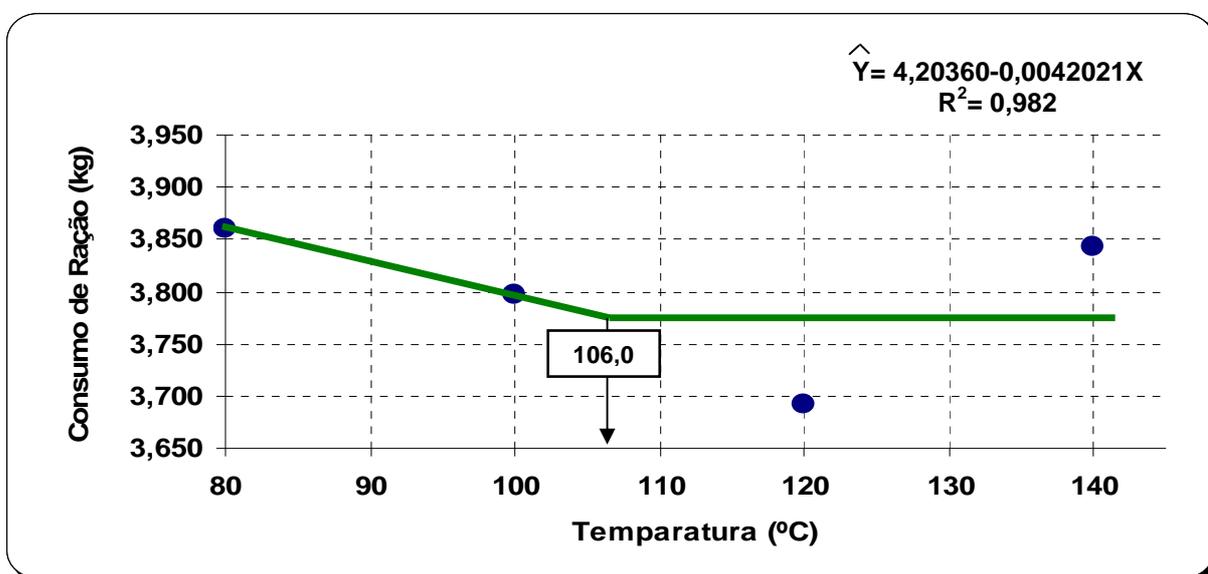


Figura 27 – Efeito das temperaturas de expansão no consumo alimentar de frangos de corte aos 35 dias de idade.

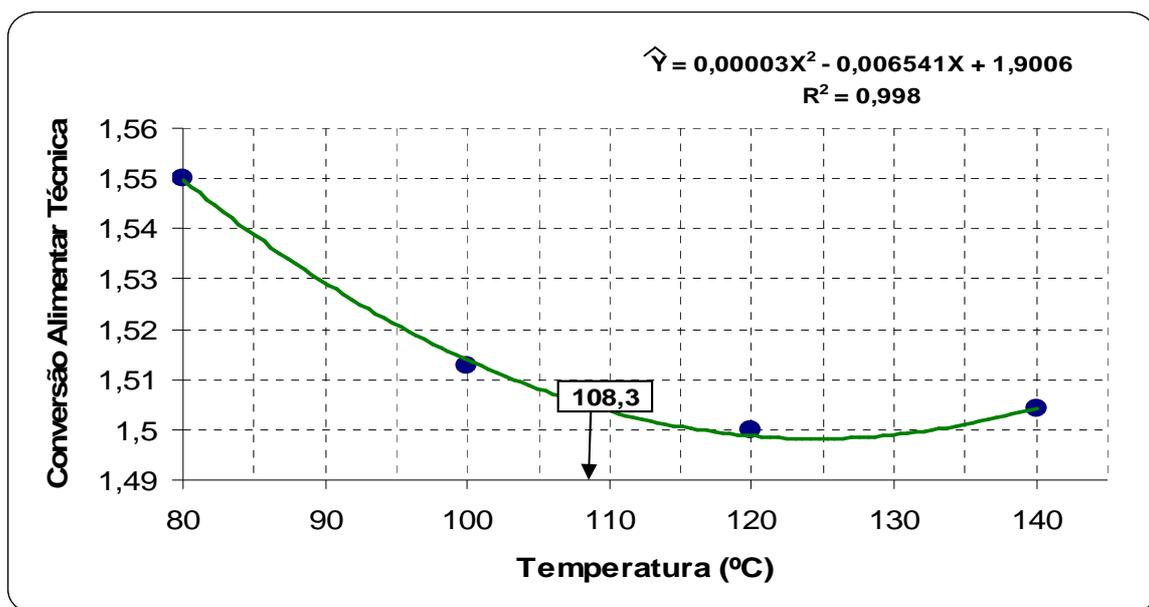


Figura 28 - Efeito da temperatura de expansão na conversão alimentar técnica de frangos de corte aos 35 dias de idade.

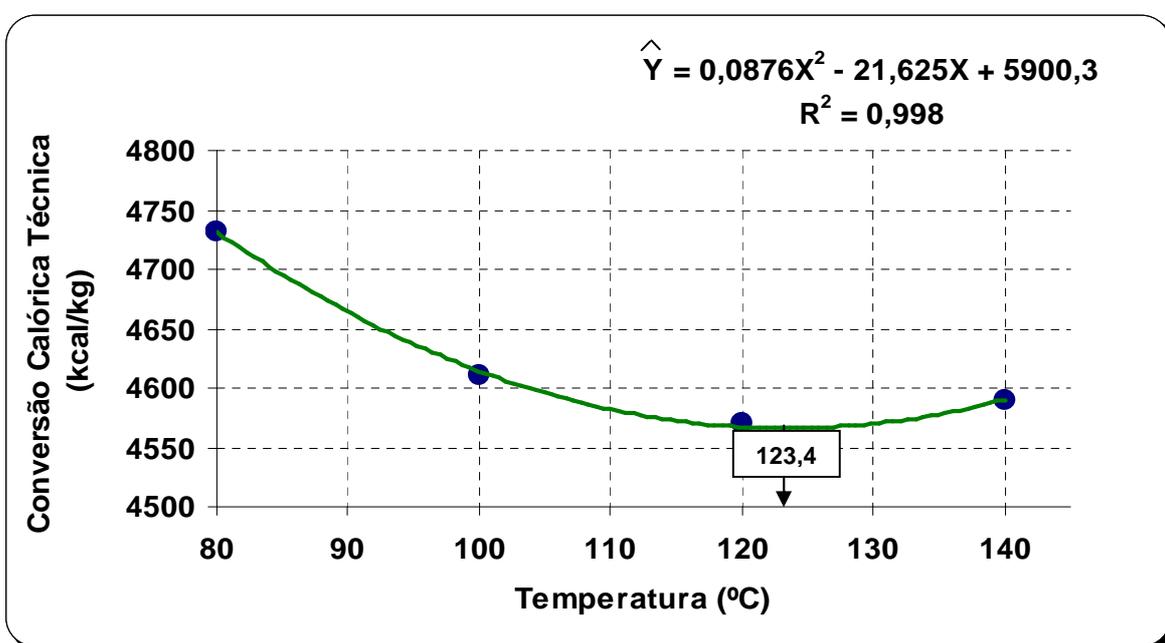


Figura 29 - Efeito da temperatura de expansão na conversão calórica técnica de frangos de corte aos 35 dias de idade.

4.2.2.4. Período de 0 a 42 dias de idade

Os resultados de desempenho zootécnicos das aves aos 42 dias de idade são apresentados na Tabela 13.

As variáveis de consumo médio de ração (CR), conversão alimentar técnica (CAT) e conversão calórica técnica (CCT) foram influenciadas significativamente ($P < 0,05$) pelas diferentes temperaturas de expansão das rações. No entanto, não foram observados efeitos significativos ($P > 0,05$) para peso médio, conversão alimentar econômica e conversão calórica econômica.

Como observado aos 35 dias de idade, para estas três variáveis avaliadas, observou-se uma melhora do desempenho com o aumento da temperatura de expansão até 120°C. Acima desta temperatura verificou-se aumento no consumo e piora nas conversões alimentar e calórica. Estes resultados confirmam que a partir de 120°C as aves não conseguiram fisiologicamente compensar as perdas nutricionais proporcionadas pelo excesso de calor e pressão no expander.

As análises de regressão quadrática e LRP apresentam as estimativas das temperaturas do expander que minimizaram o consumo e melhoraram as conversões alimentar e calórica: 116,5; 116,0 e 110,0°C, respectivamente.

O aumento do consumo de ração consegue proporcionar um ganho de peso semelhante entre os tratamentos, mas não com a mesma eficiência de conversão alimentar e calórica. O efeito das temperaturas de expansão sobre o CR, CAT e CCT está demonstrados nas figuras 30, 31 e 32.

Estes resultados mostram o quanto esta nova tecnologia de tratamento hidrotérmico de rações pode melhorar o desempenho econômico da criação de frangos de corte. É certo que é um dos processos mais onerosos de uma fábrica de rações, e que necessita de uma criteriosa avaliação de custo/benefício para sua implantação. Também se observa que um controle rigoroso, principalmente da temperatura de expansão, que ocorre pela injeção do vapor no condicionador e ajustes mecânicos no expander deve ser prioridade do controle de qualidade deste processamento.

Tabela 13 – Desempenho zootécnico de frangos de corte aos 42 dias de idade

TE ¹ (°C)	PM ² (g)	GPD ³ (g)	CR ⁴ (kg)	CAE ⁵ (kg/kg)	CAT ⁶ (kg/kg)	CCE ⁷ (kcal/kg)	CCT ⁸ (kcal/kg)
80	3,15	75,00	5,39	1,714	1,650	5269,24	5114,97
100	3,19	75,90	5,26	1,650	1,620	5073,83	5000,7
120	3,12	74,24	5,13	1,646	1,584	5058,06	4939,58
140	3,23	76,96	5,32	1,648	1,591	5066,12	4979,16
Media	3,17	75,52	5,28	1,664	1,611	5116,81	5008,6
CV ⁹	3,17	3,17	3,89	3,36	2,02	3,35	2,79

1- Temperatura de expansão; 2- Peso médio; 3- Ganho de peso diário; 4- Consumo de ração; 5- Conversão alimentar econômica; 6- Conversão alimentar técnica; 7- Conversão calórica econômica; 8- Conversão calórica técnica; 9- Coeficiente de variação.

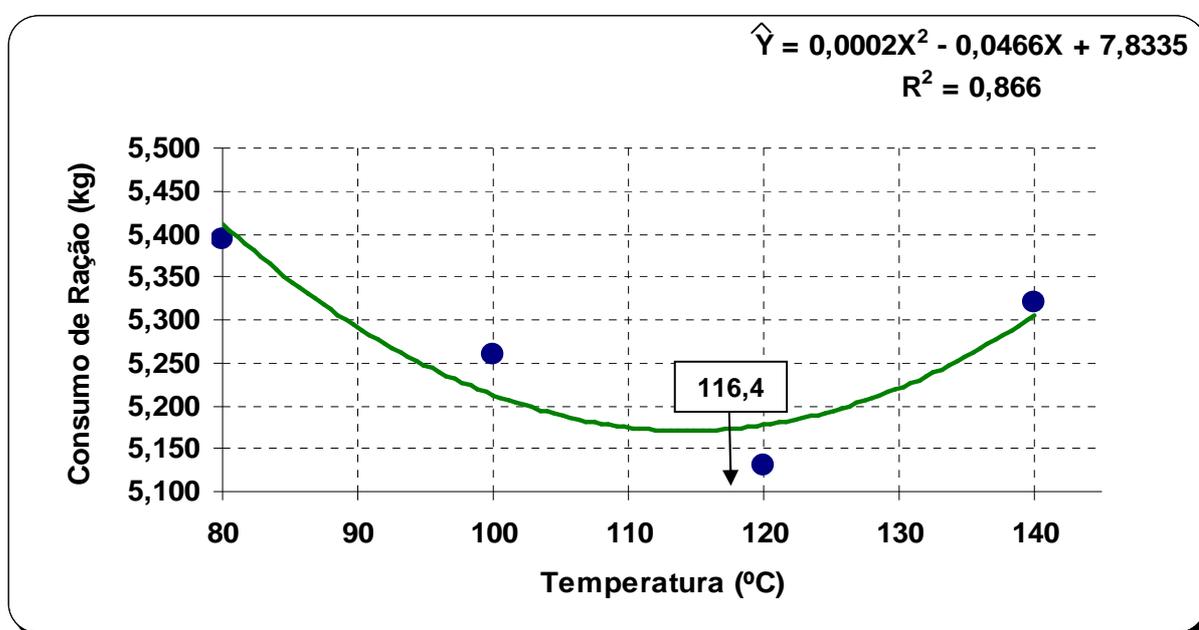


Figura 30 - Efeito das temperaturas de expansão no consumo de ração de frangos de corte aos 42 dias de idade.

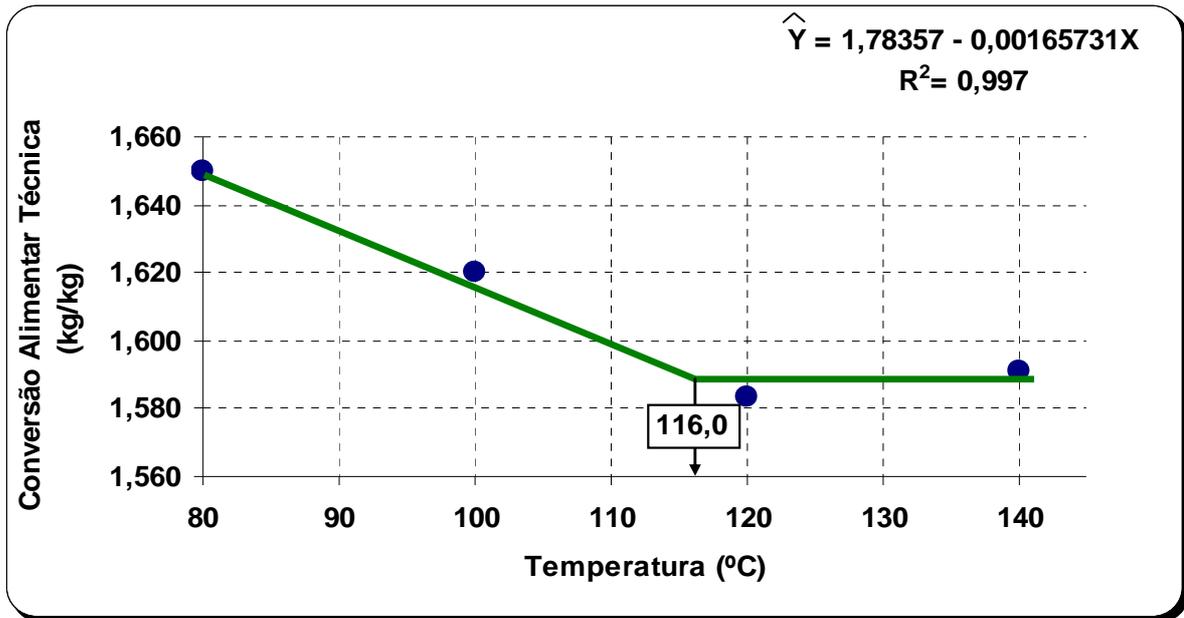


Figura 31 - Efeito das temperaturas de expansão na conversão alimentar técnica de frangos de corte aos 42 dias de idade.

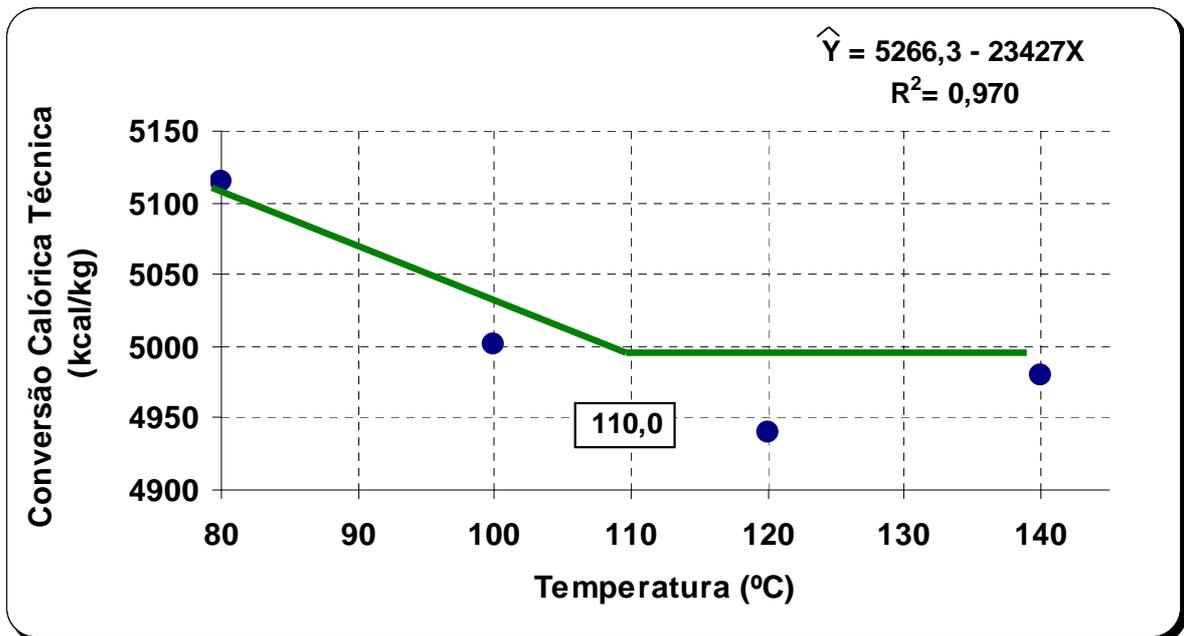


Figura 32 - Efeito das temperaturas de expansão na conversão calórica técnica de frangos de corte aos 42 dias de idade.

Foi verificado efeito significativo ($P < 0,05$) para a forma física da ração aos 42 dias de idade para: PM, GPD, CAT e CCT - Tabela 14.

Tabela 14 - Peso médio (kg), ganho de peso diário (g), conversão alimentar técnica(kg/kg) e conversão calórica técnica (kcal/kg) de frangos de corte aos 42 dias alimentados com rações expandidas farelada e expandida peletizada.

FORMA FÍSICA DA RAÇÃO	ÍNDICES ZOOTÉCNICOS AOS 42 DIAS			
	PM	GPD	CAT	CCT
Farelada	3,10 ^b	73,80 ^b	1,640 ^b	5089,86 ^b
Peletizada	3,240 ^a	77,17 ^a	1,580 ^a	4927,44 ^a
Média	0,207	0,209	0,206	0,197

Médias com letras distintas na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

Observa-se que o PM e o GPD foram melhorados em 4,5 e 4,4%, respectivamente, quando as rações foram submetidas a peletização após expansão.

Esta interação, entre forma física da ração, neste período de vida dos frangos deve-se ao fato de que as aves ao se desenvolverem ocupam maior espaço físico nas instalações havendo competição pelo alimento no comedouro e com isso rações mais adensadas, peletizadas, favorecem o desenvolvimento das aves por serem facilmente ingeridas e com menor gasto de energia pelas aves. Um aumento médio de 140 gramas por ave é de ordem significativa para a avicultura de corte.

Para as variáveis econômicas de conversão, foi observado melhora significativa de aproximadamente 3,5%. Um frango macho aos 42 dias de idade, consumindo até 163Kcal a menos, com um ganho de peso médio diário acima de 77 gramas, comprova a eficiência da expansão e peletização.

NILIPOUR (2007) acredita que na atualidade, tecnicamente deveria se calcular o crescimento de frangos de corte por hora.

5. CONCLUSÕES GERAIS

As temperaturas de expansão de rações de 80 a 100 °C apresentaram os melhores valores de energia metabolizável corrigida (EMAn) para frangos com idade entre 15 a 19 dias (fase inicial), enquanto para idade de 31 a 35 dias (fase crescimento) é de 120°C.

O desempenho zootécnico e econômico de frangos de corte foi maximizado em temperaturas de expansão de 105 a 110°C para aves de 0 a 21 dias, enquanto para as de 22 a 42 dias de idade de 115 a 120 °C.

Os processos hidrotérmicos de expansão e peletização possuem efeitos independentes, e podem melhorar significativamente o desempenho zootécnico e econômico da produção de frangos de corte.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, C. M. C. (2002). Extrusão e peletização de ração completa: efeitos no desempenho, na digestibilidade e no desenvolvimento das câmaras gástricas de cabritos saanen. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias do Campus de Jaboticabal, Jaboticabal, SP., p 57.
- ARAÚJO, J. M. A. (1999) *Química de Alimentos: teoria e prática*. 2. ed. Viçosa:UFV., p 282.
- BELLAVER, C., NONES, K. (2000). A importancia da granulometria, da mistura e da peletização da ração avícola. *IV Simpósio Goiano de Avicultura*. Goiana – GO., p 18.
- BEHNKE, K. C. (2006). The art Science of pelleting. American Soybean Association. *Feed Technology*., 06 – 09.
- BIAGI, J. D. (1998). Implicações da granulometria de ingredientes na qualidade de peletes e na economia da produção de rações. *Simpósio sobre granulometria de ingredientes e rações para suínos e aves*. EMBRAPA – CNPSA., 57 – 70.
- BUDIÑO, F. E. L. (2000). Efeito da extrusão e umidade sobre a digestibilidade do milho em dietas para suínos. Informativo técnico nº 217. Instituto de zootecnia – CPDZD/APTA/SAA., p 07.
- DIBNER, J. (2000). Alimentação inicial e desenvolvimento da imunidade intestinal. In: *Anais da Conferência APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas*, Campinas, SP. p. 174-180.
- DONALD, V., JUDITH, G. V., CHARLOTPE, W. P. (2002). Fundamentos de Bioquímica. *Artmed* .2 ed.

- ELSTNER, F. (1996). Expansion of ration advantage and adverse. *Feed International.*, p 160.
- FALK, D. (1985). Pelleting cost center. In: *Feed Manufacturing Technology III*. AFIA. Cap. 17: 529 – 533.
- FISCHER, J. A. A., ALBINO, L. F. T., ROSTAGNO, H. S. (1998). Determinação dos valores de energia metabolizável de alguns alimentos usados na alimentação de aves. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia.*, 27(2): 314-318.
- FLEMMING, J. S., MONTANHIN, N. R., ARRUDA, J. S., FRANCO, S. G. (2002). Efeito da forma física e do valor de energia metabolizável da dieta sobre o desempenho de frangos de corte. *Archives of Veterinary Science.*, 7: 27 – 34,
- FREITAS, E. R., SAKOMURA, N. K., NEME, R., BARBOSA, N. A. A. (2005). Valor nutricional do milho termicamente processado, usado na ração pré-inicial para frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia.*, 57: 4.
- GERMANY, M. P. (1992) .Physical and chemical changes during expansion. *Feed International.*, p 16 – 23.
- GOELEMA, J. O., SMITS, A., VAESSEN, A. (1999) .Effects of pressure toasting, expander treatment and pelleting on in vitro and in situ parameters of protein and starch in a mixture of broken peas, lupins and faba beans. *Animal Feed Science and Technology.*, 78: 109 –126.
- HILL, F. W., ANDERSON, D. L. (1959). Comparasion of metabolizable energy determinations with growing chicks. *Journal of Nutrition.*, 64 (3): 587-604.
- KARKALAS, J. J. (1985). An improved enzymatic method for determination of native and modified starch. *Journal Science Food of Agriculture.*, 36:1019 – 1027.

- KLEIN, A. A. (1999). Pontos Críticos no processo de fabricação de ração – Uma abordagem prática. *V Simpósio Goiano de Avicultura.*, p 59 – 77.
- LEHNINGER, A. L. Princípio de bioquímica. (1998). 4. ed. São Paulo: Savier., p 105.
- LÓPEZ, C. A. A., BAIÃO, N. C. (2004). Efeitos do tamanho da partícula e da forma física da ração sobre o desempenho, rendimento de carcaça e peso dos órgãos digestivos de frangos de corte. *Arq. Brás. Méd. Zootec.*, 56: 2.
- MANUAL COBB-VANTRESS. (2003). Manual de nutrição para frangos de corte. *Editado por Coob-Vantress Brasil.* Guapiaçu. SP., p 47.
- MACARI, M. (2001). Adaptações digestivas pós-eclosão. In: *Anais da 1º Encontro Alpha de Enteropatias em Frangos de Corte.* Campinas. São Paulo. p.5-13.
- NAGANO, F. H., FERNANDES, E. A., SILVEIRA, M. M., MARCACINE, B. A., BRANDEBURGO, J. H. (2003). Efeito da peletização e extrusão da ração pré inicial sobre o desempenho final de frangos de corte. *Revista brasileira de Ciência Avícola.*, 5: 35.
- MAIORKA, A. J., LECZNIESKI, H. A., BARTELS., PENS, A. M. J. (1997). Efeito do nível energético da ração sobre o desempenho de frangos de corte de 1 a 21 dias da idade. In: *Anais da Conferência APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas.* Curitiba, Brasil., p 41.
- MATTERSON. L. D., POTTER, L. M., STUTZ, N. W. (1965). The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. *Agricultural Experiment Station Reserch Report.*, 7 (3):22.
- MENDES, W. S., SILVA, I. J., FONTES, D. O. (2004). Composição química e valor nutritivo de soja crua e submetida a diferentes processamentos térmicos

para suínos em crescimento. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia.*, 56: 207-213.

MITCHELL, M. A., SMITH, M. W. (1991). The effects of genetic selection to increased growth rate on mucosal and muscle weights in the different of the small intestine of the domestic fowl (*Gallus domesticus*). *Poultry Sci.*, 99: 251-258.

MOREIRA, I., ROSTAGNO, H. S., COELHO, D. T. (1994). Determinação dos coeficientes de digestibilidade, valores energéticos e índices de controle de qualidade do milho e soja integral processada a calor. *Revista Brasileira de Zootecnia.*, 23(6):916–929.

NETO, J. G. (200). Conferencia Apinco de Ciência e Tecnologia. Anais., p 269-276.

NILIPOUR, A. H. (2007). El pollo de engorda de hoy em dia crece por hora. *Indústria avícola.*, 54(4):14-17.

NILSAN, Z., DUNNINGTON, E.A., SIEGEL, P., B. (1991). Organ growth and digestive enzyme levels fifteen days of age in lines of chickens differing in body weight. *Poultry Sci.*, 70: 2040-2048.

NITSAN, Z. BEM-AURAHAM, G., ZOREF, Z., NIR, I. (1991). Growth and development of the digestive organs and some enzymes in broiler chicks after hatching. *Br. Poultry Sci.*, 32: 515-523.

PARK, J.S., KIM, I. H., HANCOCK, J. D., WYATT, C. L., BEHNKE, K. C., KENNEDY, G. A. (2003). Effects of expander processing and enzyme supplementation of wheat-based diets for finishing pigs. *Animal. Sci.*, 2: 248 – 256.

PENZ, J. A. M., VIEIRA, S. L. (1997). Broiler pre-start feed formulation. In: Simpósio Internacional, *Journey of Meat Poultry, USA.*, 1-22.

- ROBERTA, C. R. S., ANDRADE, T. (2000). Investigação dos processos de gelatinização e extrusão de amido de milho. *Ciência e Tecnologia*, 10 (1): 24 – 30.
- ROY, R. (1970). Pelleting: Introduction and general definitions. Feed manufacturing technology. *American Feed Manufacturers Association*, Kansas.
- ROSTAGNO, H. S. (2005). Tabelas Brasileiras para aves e suínos. Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais. 2 Edição Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia.
- SIBBALD, I. R., SLINGER, S. J. (1963). A biological assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with findings which demonstrate some of the problems associated with evaluation of fats. *Poultry Science*, 42 (1): 13-25.
- SILVA, D. J. (1999). Análise de alimentos Métodos químicos e biológicos . 2ª .ed. UFV. Viçosa, MG.
- SMITH, P. A., FIRMAN, J. D., DALE, N. M. (1995). Effects of feed processed in an annular gap expander on subsequent broiler performance. *Poultry Science*, 74(1): 145.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. (1999). Manual de utilização do programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e genéticas). Viçosa: *Imprensa Universitária*, 59p.
- VAN, S. P. J. (1994). Carbohydrates. In Nutritional ecology of the ruminant. New York: *Cornell University*, 164p.

VELOSO, J. A. F., MEDEIROS, S. L. S., AROUCA, C. L. C., RODRIGUEZ, N. M., SALIBA, E. O. S., OLIVEIRA, S. G. (2005). Composição química, avaliação físico-química e nutricional e efeito da expansão do milho e do farelo de soja para suínos em crescimento. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia.*, 57: 623-633.