



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

ROMILTON FERREIRA DE BARROS JÚNIOR

**PLANOS NUTRICIONAIS PARA CODORNAS JAPONESAS ALOJADAS EM
DIFERENTES TEMPERATURAS**

AREIA – PB

2022

ROMILTON FERREIRA DE BARROS JÚNIOR

**PLANOS NUTRICIONAIS PARA CODORNAS JAPONESAS ALOJADAS EM
DIFERENTES TEMPERATURAS**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. José Humberto Vilar da Silva – Orientador Principal

Prof. Dr. José Jordão Filho

Prof. Dr. Leonardo Augusto Fonseca Pascoal

AREIA – PB

2022

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

B277p Barros Júnior, Romilton Ferreira de.

Planos nutricionais para codornas japonesas alojadas em diferentes temperaturas / Romilton Ferreira de Barros Júnior. - Areia - PB, 2022.

76 f. : il.

Orientação: José Humberto Vilar da Silva.

Coorientação: José Jordão Filho, Leonardo Augusto Fonseca Pascoal.

Tese (Doutorado) - UFPB/CCA.

1. Coturnicultura. 2. Codornas japonesas. 3. Programas de alimentação. 4. Crescimento corporal. 5. Estresse por calor. I. Silva, José Humberto Vilar da. II. Jordão Filho, José. III. Pascoal, Leonardo Augusto Fonseca. IV. Título.

UFPB/BC

CDU 636.084:636.59(043)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA - UFPB – UFC
PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE TESE**

TÍTULO: “PLANOS NUTRICIONAIS PARA CODORNAS JAPONESAS ALOJADAS EM DIFERENTES TEMPERATURAS”

AUTOR: ROMILTON FERREIRA DE BARROS JÚNIOR

ORIENTADOR: Prof. Dr. José Humberto Vilar da Silva

J U L G A M E N T O

CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:

Prof. Dr. José Humberto Vilar da Silva
Presidente

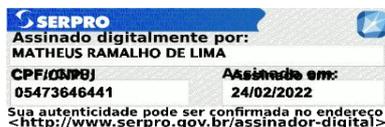
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Prof. Dr. Edilson Paes Saraiva
Examinador

Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Prof. Dr. Fernando Guilherme Perazzo Costa
Examinador

Universidade Federal da Paraíba - UFPB



Prof. Dr. Matheus Ramalho de Lima
Examinador

Universidade Federal do Sul da Bahia - UFSB

Dr. Jorge Cunha Lima Muniz
Examinador

Universidade Federal de Viçosa

Areia, 22 de fevereiro de 2022

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ROMILTON FERREIRA DE BARROS JÚNIOR - Filho de Romilton e Vanusia Barros, nasceu em Palmeira dos Índios, Estado de Alagoas, em junho de 1995. cursou Graduação em Zootecnia na Universidade Federal de Alagoas, no período de 2012 a 2016. Em agosto de 2016, iniciou o Curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Alagoas, área de concentração Produção Animal – Nutrição de Não-Ruminantes, sob orientação do Professor Dr. Geraldo Roberto Quintão Lana. Em outubro de 2018, submeteu-se à banca examinadora para defesa da Dissertação de Mestrado, para obtenção de título de Mestre. Em março de 2019, iniciou o Curso de Doutorado no Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba, na área de Produção e Nutrição de Não-Ruminantes, sob orientação do Professor Dr. José Humberto Vilar da Silva. Em fevereiro de 2022, submeteu-se à defesa de tese para a obtenção do título de Doutor.

DEDICO

A Deus, minha esposa e minha filha.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar forças durante este caminho e pela oportunidade da realização de mais um sonho.

A minha esposa Karla Barros, pelo seu amor e carinho demonstrado todos os dias, pela paciência durante os momentos de distância, por sempre ter me incentivado a nunca desistir; e à minha filha que chegou para alegrar ainda mais nossas vidas.

A meus pais, Romilton e Vanusia Barros, minhas irmãs, Vivyan e Lara Barros; e toda minha família pelas orações e incentivo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Humberto Vilar da Silva, pelo exemplo de profissional, no qual tenho muito respeito e admiração. Agradeço pelo apoio, conselhos e aprendizados para a carreira acadêmica.

Aos Profs. Drs. Jordão Filho, Leonardo Pascoal, Edilson Saraiva, Geraldo Lana e Sandra Lana, por todos os ensinamentos práticos e científicos transmitidos.

Aos professores membros da banca de qualificação e defesa, pelos pertinentes apontamentos que engrandeceram este trabalho.

Aos amigos da pós-graduação: Daniel Santos, Jorge Luiz, Joederson Dantas, José Fábio, Tamires Félix, Thalís Oliveira, Wilson Araújo, Larissa Kellen, Isabelle Naemi, entre outros. Em especial à Iva Carla, Pedro Garcia e Liliane Pereira por estarmos juntos durante esta etapa, e Ana Patrícia Leão por todo apoio e amizade durante tantos anos.

À Universidade Federal da Paraíba - Areia/PB, instituição a qual tenho muito orgulho em ter feito parte e aprendido com docentes exemplares.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

A vocês e a todos que rezaram, torceram e me apoiaram nesta trajetória, meus sinceros agradecimentos.

Muito obrigado!

Deus é bom o tempo todo;

O tempo todo Deus é bom.

(Autor desconhecido)

Planos nutricionais para codornas japonesas alojadas em diferentes temperaturas

RESUMO GERAL

Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes planos nutricionais e temperaturas para codornas japonesas de um a 39 dias de idade. Foram utilizadas 576 codornas japonesas fêmeas (*Coturnix coturnix japônica*), de um dia de idade, com peso médio inicial $7,51 \pm 0,75$ g. Os tratamentos foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3×2 (três planos nutricionais x duas temperaturas), com 12 repetições de oito aves por unidade experimental. Aos onze dias de vida as aves foram transferidas para duas câmaras climáticas (25° e $35^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$). Os planos nutricionais foram: PN1 - com oferta de duas dietas, uma de 1 a 21 dias e outra de 22 a 39 dias (Silva e Costa, 2009); PN2 - com oferta de duas dietas, uma de 1 a 14 e outra de 15 a 39 dias (Rostagno et al., 2017); PN3 - com oferta de uma única dieta no período de 1 a 39 dias (Silva e Costa, 2009). As variáveis avaliadas foram: desempenho, características de carcaça, viabilidade econômica, além das curvas e taxas de crescimento corporal, carcaça, cortes nobres, penas e vísceras comestíveis, utilizando-se o modelo matemático de Gompertz. Houve efeito dos planos nutricionais, temperaturas ambiente e interação destes fatores sobre o desempenho. O PN1 promoveu menor consumo de ração e melhor conversão alimentar, não diferindo do PN3 no tocante ao ganho de peso. Codornas mantidas em 25°C apresentaram melhor conversão alimentar e peso de moela; e maior consumo de ração e ganho de peso. O PN3 propiciou maior retorno financeiro nos dois ambientes de criação. Codornas alimentadas com PN3 também apresentaram maiores valores na curva e taxa de crescimento corporal, de carcaça, coxa+sobrecoxa e penas. As codornas criadas em temperatura de 35°C apresentaram menor taxa de maturidade. Nas aves mantidas em 25°C , observou-se maior taxa de crescimento e peso de peito nas codornas alimentadas com PN3, e aquelas alimentadas com PN1 tiveram maior peso de coxa+sobrecoxa e peso de penas. Codornas japonesas alimentadas com plano nutricional 3, alojadas em 25°C , apresentam maior desempenho produtivo, curvas de crescimento e retorno financeiro, sem comprometer as características de carcaça de um a 39 dias de idade, sendo também o plano nutricional mais indicado para codornas mantidas em 35°C .

Palavras-chave: coturnicultura. crescimento corporal. estresse por calor. programas de alimentação

Nutritional plans for japanese quail housed at different temperatures

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of different nutritional plans and temperatures for Japanese quails from one to 39 days of age. A total of 576 one-day-old female Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) with an average initial weight of 7.51 ± 0.75 g were used. The treatments were distributed in a completely randomized design in a 3×2 factorial scheme (three nutritional plans x two temperatures), with 12 replications of eight birds per experimental unit. At eleven days of age the birds were transferred to two climatic chambers (25° and $35^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$). The nutritional plans were: PN1 - offering two diets, one from 1 to 21 days and the other from 22 to 39 days (Silva and Costa, 2009); PN2 - offering two diets, one from 1 to 14 days and the other from 15 to 39 days (Rostagno et al., 2017); PN3 - offering a single diet in the period from 1 to 39 days (Silva and Costa, 2009). The variables evaluated were: performance, carcass characteristics, economic viability, in addition to curves and body growth rates, carcass, prime cuts, feathers and edible offal, using the mathematical model of Gompertz. There was an effect of nutritional plans, ambient temperatures and interaction of these factors on performance. PN1 promoted lower feed intake and better feed conversion, not differing from PN3 in terms of weight gain. Quails kept at 25°C showed better feed conversion and gizzard weight; and higher feed intake and weight gain. PN3 provided greater financial return in both creative environments. Quails fed with PN3 also showed higher values in the curve and growth rate of body, carcass, thigh+drumstick and feathers. Quails reared at 35°C had a lower maturity rate. In birds kept at 25°C , there was a higher growth rate and breast weight in quails fed PN3, and those fed PN1 had higher weight of thigh+drumstick and feather weight. Japanese quails fed with nutritional plan 3, housed at 25°C , present higher productive performance, growth curves and financial return, without compromising carcass characteristics from one to 39 days of age, being also the most suitable nutritional plan for quails kept in 35°C .

Keywords: body growth. coturniculture. feeding programs. heat stress.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 - Referencial teórico 14

Tabela 1. Exigências nutricionais para codornas japonesas na fase inicial e de crescimento19

Tabela 2. Levantamento bibliográfico de diferentes trabalhos com codornas sobre o efeito do estresse por calor no consumo diário de ração 24

Tabela 3. Levantamento bibliográfico de diferentes trabalhos com codornas sobre o efeito do estresse por calor no ganho de peso 25

Tabela 4. Médias posteriores dos parâmetros da função de Gompertz de codornas machos e fêmeas31

CAPÍTULO 2 - Planos nutricionais para codornas japonesas em diferentes temperaturas na fase inicial e de crescimento 41

Tabela 1. Composição percentual e calculada das rações experimentais 46

Tabela 2. Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de codornas japonesas, em função de planos nutricionais (P) e temperaturas (T), de um a 21, 22 a 39 e um a 39 dias de idade 47

Tabela 3. Desdobramento da interação (planos nutricionais x temperaturas) para conversão alimentar e consumo de ração de 1 a 21 e 22 a 39 dias de idade 48

Tabela 4. Peso absoluto (g) e/ou relativo (%) ao abate, carcaça, cortes nobres e penas em função dos planos nutricionais (P) e temperaturas (T) de codornas japonesas aos 39 dias de idade 48

Tabela 5. Peso absoluto (g) e relativo (%) de vísceras comestíveis de codornas japonesas alimentadas com diferentes planos nutricionais (P) e temperaturas (T) aos 39 dias de idade 49

Tabela 6. Viabilidade econômica de codornas japonesas alimentadas com diferentes planos nutricionais em duas temperaturas (25 °C e 35 °C) 49

CAPÍTULO 3 - Efeito dos planos nutricionais e da temperatura ambiente nas curvas de crescimento de codornas japonesas 55

Tabela 1. Composição percentual e calculada das rações experimentais 60

Tabela 2. Estimativa dos parâmetros da equação de Gompertz para peso corporal e peso de penas de codornas japonesas alimentadas com diferentes planos nutricionais (P) em diferentes temperaturas de alojamento (T) 61

Tabela 3. Taxa de crescimento para peso corporal e peso de penas de codornas japonesas alimentadas com diferentes planos nutricionais (P) em diferentes temperaturas de alojamento (T) 63

Tabela 4. Estimativa dos parâmetros da equação de Gompertz para peso de carcaça, peito e coxa + sobrecoxa de codornas japonesas alimentadas com diferentes planos nutricionais (P) em diferentes temperaturas de alojamento (T) 64

Tabela 5. Taxa de crescimento para carcaça, peito e coxa + sobrecoxa de codornas japonesas alimentadas com diferentes planos nutricionais (P) em diferentes temperaturas de alojamento (T) 66

Tabela 6. Estimativa dos parâmetros da equação de Gompertz para peso de vísceras comestíveis de codornas japonesas alimentadas com diferentes planos nutricionais (P) em diferentes temperaturas de alojamento (T) 67

Tabela 7. Taxa de crescimento para peso de coração, moela e fígado de codornas japonesas alimentadas com diferentes planos nutricionais em diferentes temperaturas de alojamento 69

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 - Referencial teórico	14
Figura 1. Imagens de câmara termográfica de codornas japonesas sob estresse térmico (35°C)	21
Figura 2. Efeito do estresse térmico em espécies reativas de oxigênio	23
Figura 3. Efeitos do estresse térmico no rendimento e na qualidade da carne	26
Figura 4. Curvas de crescimento com o peso corporal predito (gramas) e a taxa de crescimento (gramas/dia) para codornas machos, segundo o modelo de Gompertz	32
Figura 5. Curvas de crescimento com o peso corporal predito (gramas) e a taxa de crescimento (gramas/dia) para codornas fêmeas, segundo o modelo de Gompertz	32
CAPÍTULO 2 - Planos nutricionais para codornas japonesas em diferentes temperaturas na fase inicial e de crescimento	41
Figura 1. (A) Margem bruta média (R\$/ave) e (B) rentabilidade média de codornas japonesas alimentadas com planos nutricionais em diferentes temperaturas	50
CAPÍTULO 3 - Efeito dos planos nutricionais e da temperatura ambiente nas curvas de crescimento de codornas japonesas	55
Figura 1. Curva (a) e taxa de crescimento (b) de peso corporal em codornas japonesas alimentadas com planos nutricionais submetidas a diferentes temperaturas de alojamento	62
Figura 2. Curva (a) e taxa de crescimento (b) de penas em codornas japonesas alimentadas com planos nutricionais submetidas a diferentes temperaturas de alojamento	62
Figura 3. Curva (a) e taxa de crescimento (b) de carcaça em codornas japonesas alimentadas com planos nutricionais submetidas a temperaturas de alojamento	65
Figura 4. Curva (a) e taxa de crescimento (b) de peito em codornas japonesas alimentadas com planos nutricionais submetidas a temperaturas de alojamento	65
Figura 5. Curva (a) e taxa de crescimento (b) de coxa e sobrecoxa em codornas japonesas alimentadas com planos nutricionais submetidas a temperaturas de alojamento	65
Figura 6. Curva (a) e taxa de crescimento (b) de coração em codornas japonesas alimentadas com planos nutricionais submetidas a temperaturas de alojamento	68
Figura 7. Curva (a) e taxa de crescimento (b) de moela em codornas japonesas alimentadas com planos nutricionais submetidas a temperaturas de alojamento	68
Figura 8. Curva (a) e taxa de crescimento (b) de fígado em codornas japonesas alimentadas com planos nutricionais submetidas a temperaturas de alojamento	68

SUMÁRIO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS	12
CAPÍTULO 1 - Referencial teórico	14
1. INTRODUÇÃO	15
2. PANORAMA DA COTURNICULTURA	17
3. PLANOS NUTRICIONAIS PARA CODORNAS JAPONESAS	18
4. EFEITO DO ESTRESSE POR CALOR EM CODORNAS	20
4.3 Estresse térmico por calor no desempenho de codornas	23
4.3.1 Efeito no consumo de ração e ganho de peso	24
5. CURVAS DE CRESCIMENTO	27
5.1 Modelos não lineares de curva de crescimento para codornas	28
5.1.1 Equação de Gompertz	29
6. REFERÊNCIAS	34
CAPÍTULO 2 - Planos nutricionais para codornas japonesas em diferentes temperaturas na fase inicial e de crescimento	41
1. Introdução	44
2. Material e métodos	45
3. Resultados	47
4. Discussão	50
5. Conclusão.....	52
6. Agradecimentos.....	53
7. Referências.....	53
CAPÍTULO 3 - Efeito dos planos nutricionais e da temperatura ambiente nas curvas de crescimento de codornas japonesas.....	55
1. Introdução	58
2. Material e métodos	59
3. Resultados	61
4. Discussão	70
5. Conclusão.....	71
6. Agradecimentos.....	72
7. Referências.....	72
CONSIDERAÇÕES E IMPLICAÇÕES FINAIS.....	75

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Na criação de aves os gastos com alimentação chegam a 75% do custo total de produção. Os animais recebem dietas com diferentes preços de ingredientes utilizados em função das exigências nutricionais, idade e fase produtiva. O conjunto de dietas fornecido a um lote de aves, durante o período de criação, é chamado de programa de alimentação. A escolha precisa dos programas ou planos nutricionais são fundamentais no desenvolvimento dos animais.

Existem diferentes recomendações nutricionais para se formular rações para codornas, sejam com a finalidade de se produzir ovos ou carne. Desta maneira, encontrar níveis ótimos dos nutrientes para aperfeiçoar o desempenho destas aves se torna desafio constante, pois as respostas das mesmas podem variar bastante de acordo com fatores extrínsecos.

Um dos grandes desafios para a produção na coturnicultura é o controle da temperatura no ambiente de criação, pois essa exerce efeito direto e indireto sobre o crescimento e produção das aves em todas as fases de criação, podendo acarretar redução na produtividade, quando em condições desfavoráveis, com consequentes prejuízos econômicos.

Em um sistema de produção de codornas é necessário analisar, em períodos pré-definidos, características que influenciam diretamente no crescimento do animal. Estudos deste tipo podem ser conduzidos por regressão temporal, utilizando-se modelos não lineares, por possuírem parâmetros biologicamente interpretáveis.

Na literatura encontram-se vários modelos não lineares que são usados para descrever curvas de crescimento animal, e o modelo de Gompertz é um dos que descreve adequadamente o crescimento de codornas japonesas, auxiliando na tomada de decisões da produção, além de caracterizar o potencial genético das aves pelas curvas de crescimento.

Neste contexto, torna-se importante a realização de estudos que forneçam informações atualizadas de crescimento de codornas japonesas, quando submetidas a diferentes fatores, como diferentes planos nutricionais e temperaturas de alojamento.

Este trabalho é apresentado em três capítulos: no primeiro encontra-se o referencial teórico sobre os temas abordados nos capítulos subsequentes, dando maior ênfase a importância das recomendações nutricionais, efeito do estresse por calor e curvas de crescimento para codornas japonesas; no segundo se discute a influência dos planos nutricionais para codornas japonesas em diferentes temperaturas, sobre desempenho, rendimento de carcaça e viabilidade

econômica; no terceiro capítulo, refere-se às curvas e taxas de crescimento pelo modelo matemático de Gompertz para codornas japonesas.

O objetivo geral foi avaliar o efeito de diferentes planos nutricionais sob duas temperaturas, sobre o desempenho, rendimento de carcaça, viabilidade econômica, curvas e taxas de crescimento corporal de codornas japonesas na fase de crescimento.

CAPÍTULO 1

REFERENCIAL TEÓRICO

Planos nutricionais para codornas japonesas alojadas em diferentes temperaturas

1. INTRODUÇÃO

A coturnicultura se destaca na cadeia produtiva, pois fatores como o rápido crescimento, precocidade na produção e na maturidade sexual (35 a 42 dias), alta produtividade (média de 300 ovos/ano), baixo investimento e, conseqüentemente, o rápido retorno financeiro têm atraído o interesse de avicultores e até de pessoas de fora do setor (FONSECA et al., 2021; MENDONÇA et al., 2022).

Durante muito tempo, a formulação de dietas para as codornas criadas no Brasil foi marcada pela utilização de tabelas de exigências nutricionais internacionais ou até mesmo pelo uso de tabelas de outras espécies, como poedeiras. Em contrapartida, pesquisas foram desenvolvidas em todo o Brasil e, atualmente, existem tabelas de exigências elaboradas em território nacional (NRC, 1994; SILVA e COSTA, 2009; SILVA et al., 2012; ROSTAGNO et al., 2017). Porém, ainda há divergências nas recomendações nutricionais e na idade de troca das rações de codornas japonesas, uma vez que existem recomendações para utilização de uma dieta única compreendendo a fase inicial e de crescimento, ou duas dietas de acordo com cada fase.

As recomendações de energia metabolizável (EM) na literatura apresentam heterogeneidade, sendo encontrados valores de 2.600 a 3.150 kcal de EM, enquanto os níveis de proteína bruta recomendados variam de 16% até 25%, para codornas nas fases de crescimento e de produção, sendo que, essas diferenças podem refletir no desempenho das codornas (SILVA et al., 2012).

Desta maneira, se faz necessário formular dietas que se adequem as reais exigências nutricionais das aves, o que é um desafio constante, visto que as respostas podem variar de acordo com fatores extrínsecos (STANQUEVIS et al., 2021). Portanto, novos estudos são necessários, pois, informações divergentes sobre as exigências nutricionais podem comprometer os custos da ração, além de subestimar ou superestimar as necessidades das codornas (SOUZA et al., 2017; JEKE et al., 2018).

Outro grande desafio para a produção de codornas, é o controle da alta temperatura do ambiente de criação, visto que essa, exerce efeitos sobre o crescimento e produção das aves em todas as fases de criação (PU et al., 2020; MIAO et al., 2021). O estresse por calor afeta negativamente o setor avícola em termos de mortalidade, qualidade de carne e ovos, e no crescimento animal, ocasionando prejuízos aos produtores (ATTIA; AL-HARTHI; ELNAGGAR, 2018; MORAES et al., 2021).

O crescimento animal é um processo biológico complexo que está relacionado a alterações de tamanho e forma em uma determinada idade, mas esses processos podem ser afetados pela temperatura ambiente, nutrição e eventos adversos (EMAM, 2020). Para estimar os efeitos ocasionados pela nutrição e temperatura de criação, modelos matemáticos não-lineares são utilizados para determinação de curvas de crescimento, e segundo estudos recentes, a função de Gompertz é um dos modelos utilizados que caracteriza o potencial genético das aves e descreve adequadamente o crescimento (SILVA et al., 2016; FARAJI-AROUGH et al., 2018; GRIESER et al., 2018; TON et al., 2021).

O estudo da curva de crescimento possibilita a explicação biológica para seus parâmetros sendo as suas estimativas fundamentais para melhor compreensão do crescimento das aves (CARVALHO et al., 2020; TON et al., 2021), permitindo planejar mudanças na curva de crescimento dos animais, por meio de seleção e otimização dos programas de alimentação, priorizando as necessidades nutricionais em cada fase de crescimento (DUDUSOLA et al., 2019; LUCENA et al., 2019).

Nesse contexto, torna-se importante a realização de estudos que forneçam informações atualizadas de crescimento de codornas japonesas, quando submetidas a distintos fatores, como diferentes planos nutricionais e temperaturas de alojamento. Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes planos nutricionais e temperaturas, sobre o desempenho produtivo, características de carcaça, viabilidade econômica, curvas e taxas de crescimento corporal através da equação de Gompertz para codornas japonesas na fase inicial e de crescimento.

2. PANORAMA DA COTURNICULTURA

A cadeia produtiva de aves no Brasil modernizou-se e continua buscando formas de melhorar ainda mais o desempenho do setor, devido à necessidade de redução de custos de produção e aumento de produtividade, tentando com isso não perder competitividade em nível mundial (HOSSEINI et al., 2017). Países como Espanha, França, China e Estados Unidos se destacam pela produção de carne, no entanto, quando a produção é destinada à produção de ovos, países como China, Japão e Brasil são destaques (VIEIRA et al., 2017).

A avicultura destaca-se como um dos principais setores responsáveis pela produção de carne e ovos no Brasil, apresentando avanços na nutrição, genética, ambiência e tecnologias. Uma das áreas avícolas que se destaca na cadeia produtiva é a coturnicultura, pois fatores como o rápido crescimento, precocidade na produção e na maturidade sexual (35 a 42 dias), alta produtividade (média de 300 ovos/ano), pequenos espaços para grandes populações, baixo investimento e, conseqüentemente, o rápido retorno financeiro têm atraído o interesse de avicultores e até pessoas de fora do setor (FURTADO et al., 2018; FONSECA et al., 2021; MENDONÇA et al., 2022).

A carne e ovos de codorna são fonte de proteína de excelente qualidade e têm melhorado significativamente, o que se associa ao aumento na demanda mundial por esse produto, pelos consumidores com perfis mais exigentes (ABREU et al., 2014), tornando-se uma atividade promitente.

No entanto em 2020, estimou-se que o efetivo de codornas foi de 16,5 milhões de aves, enquanto a produção de ovos apresentou 295,9 milhões de dúzias, demonstrando decréscimos de -5,2% e -6,2%, respectivamente, em relação ao ano anterior. Uma das principais razões pode ser encontrada na cultura de consumo dos ovos de codorna: normalmente, esse produto tem seu consumo associado a festas e restaurantes. Ao longo da pandemia, as restrições e *lockdowns* impuseram reduções das festividades e diminuição das atividades de polos gastronômicos, acarretando, conseqüentemente, menor demanda por esses ovos. Com o impacto da menor demanda por seus produtos, somado ao crescente custo de produção devido ao aumento de preço da ração e de demais insumos, muitos produtores de codorna viram a necessidade de reduzir os seus plantéis (IBGE, 2020).

Na produção de codornas, são utilizadas principalmente duas linhagens no Brasil, a *Coturnix japonica* e a *Coturnix coturnix*, para produção de ovos e carne, respectivamente. Estudos mostram que a carne e os ovos de codorna são conhecidos por sua alta qualidade proteica, alto valor biológico e baixo teor calórico (INDRESWARI et al., 2019; CRUVINEL et

al., 2021). A codorna japonesa (*Coturnix japonica*) tem um tamanho corporal pequeno e a avaliação genética dos animais tem se baseado em várias características dependendo da espécie, como peso corporal, consumo de ração, produção de ovos e longevidade (HOSSEINI et al., 2017).

Na literatura existem diferentes recomendações nutricionais para codornas japonesas, e dependendo da composição nutricional da dieta, associadas a fase de desenvolvimento da ave e suas demandas nutricionais, acabam por influenciar no crescimento adequado das mesmas.

3. PLANOS NUTRICIONAIS PARA CODORNAS JAPONESAS

Na criação de aves os gastos com alimentação chegam a 75% do custo total de produção. Os animais recebem rações com diferentes preços em função das suas exigências nutricionais que variam com a idade ou fase de produção (BARROS JÚNIOR et al., 2020; MENDONÇA et al., 2022). O conjunto de dietas fornecido a um lote de aves, durante o período de criação, é chamado de programa de alimentação. Cada programa de alimentação pode ser elaborado a partir de diferentes planos nutricionais, que são dietas formuladas com diferentes níveis nutricionais.

A escolha dos programas ou planos nutricionais a serem utilizados para as aves faz com que em função da genética, manejo e idade, um se sobressaia como sendo mais eficiente em termos econômicos, produtivos e ambientais em relação a outro (DESSIMONI, 2011). As diferentes estratégias nutricionais buscam melhorar o aproveitamento dos nutrientes e aumentar a produtividade dos animais (PESSOA et al., 2012).

Assim, como a genética das aves tem apresentado avanços constantes ao longo dos anos, é preciso também fazer adequações ou correções dos planos nutricionais recomendados pelos diferentes segmentos, possibilitando que a nutrição caminhe junto com a genética e/ou o ambiente que as aves estão inseridas, para que estes animais possam expressar o máximo do seu potencial produtivo (DESSIMONI et al., 2019).

Além disso, o adequado desenvolvimento corporal das codornas na fase inicial e de crescimento é de grande importância para as características reprodutivas das aves, uma vez que o peso corporal tem correlação direta com órgãos reprodutivos como ovário e oviduto nas fêmeas e testículos nos machos (RETES et al., 2019).

A nutrição adequada é um dos fatores mais importantes na manutenção da condição física da codorna para o crescimento normal e otimização da produção de ovos. Assim, é importante o entendimento das exigências nutricionais, pois, energia, proteína, aminoácidos,

minerais e vitaminas são primordiais para que a ave possa expressar seu máximo potencial genético e produtivo, produzindo ovos de máxima qualidade interna e externa (COSTA et al., 2010; AGUIHE et al., 2022).

A formulação de rações para as codornas criadas no Brasil foi marcada pela utilização de tabelas internacionais de exigências nutricionais, como as do NRC dos Estados Unidos e as do INRA da França (INRA, 1988; NRC, 1994) ou até mesmo por tabelas de outras espécies. Em contrapartida, passou-se a realizar pesquisas em todo o território nacional e, atualmente, existem tabelas de exigências elaboradas no Brasil (SILVA e COSTA, 2009; SILVA et al., 2012; ROSTAGNO et al., 2017).

As codornas japonesas apresentam diferenças comportamentais, anatômicas, e fisiológicas em relação as poedeiras comerciais, e são por esses motivos que não se deve ofertar para essas aves a mesma ração, uma vez que as necessidades nutricionais são diferentes, fato que justifica a realização de pesquisas para melhor aproveitamento do alimento que possa resultar em maior desempenho animal (ROSTAGNO et al., 2017). As exigências nutricionais de codornas japonesas variam de acordo com a fase em que essas aves se encontram. Na fase de produção, Silva e Costa (2009), recomendam que a dieta dessas aves seja formulada contendo: 22% para proteína bruta e 2.900 kcal/kg de ração de energia metabolizável (EM), apresentando valores de 3,50% de cálcio. Enquanto Rostagno et al. (2017), recomendam 18,92 a 19% de proteína bruta, 2.800 Kcal/kg de ração de EM, e 2,99 a 3,15% de cálcio, ou seja, há divergências na literatura (Tabela 1).

Tabela 1. Recomendações nutricionais para codornas japonesas na fase inicial e de crescimento.

Exigências Nutricionais	INICIAL				CRESCIMENTO			
	¹ NRC, 1994	² SC, 2009	³ TB, 2011	⁴ TB, 2017	¹ NRC, 1994	² SC, 2009	³ TB, 2011	⁴ TB, 2017
EM (Kcal/kg)	2900	2900	2900	2900	2900	3050	2900	2900
PB (%)	24,00	25,00	22,00	24,40	20,00	22,00	22,00	23,00
Cálcio (%)	0,80	0,850	0,900	1,090	2,50	0,750	0,900	0,91
Fósforo disponível	0,300	0,320	0,380	0,513	0,350	0,300	0,380	0,428
Sódio (%)	0,180	0,240	0,180	0,205	0,150	0,240	0,180	0,214
Lisina (%)	-	1,250	1,120	1,095	-	1,050	1,120	1,034
Met + Cys dig. (%)	-	0,800	0,760	0,744	-	0,740	0,760	0,693
Metionina dig. (%)	-	0,487	0,420	0,438	-	0,450	0,420	0,393
Treonina dig. (%)	-	0,821	0,790	0,733	-	0,730	0,790	0,734
Triptofano dig. (%)	-	0,265	0,210	0,186	-	0,235	0,210	0,196
Valina dig. (%)	-	1,024	0,950	0,898	-	0,910	0,950	0,889
Arginina dig. (%)	-	1,560	1,190	1,182	-	1,350	1,190	1,096

¹NRC = Nutrient Requirement Council (NRC, 1994); ²SC = Tabelas para Codornas Japonesas e Europeias (Silva e Costa, 2009) 1 a 21 e 22 a 42 dias; ³TB = Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2011) 1 a 42 dias; ⁴TB = Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2017) 1 a 14 e 15 a 35 dias.

Murakami et al. (1993) recomendam dietas com 20% de proteína bruta (PB) na fase de crescimento (1 a 42 dias de idade), enquanto Soares et al. (2003) sugerem 23%. O NRC (1994) recomenda 24% e Leeson e Summers (2009) 26% de PB. Silva e Costa (2009) sugerem 25% de PB até os 21 dias de idade e 22% até os 42 dias. Rostagno et al. (2011) recomendaram 22% de 1 a 35 dias, porém, em sua versão mais recente, recomendam 24% (1 a 14 dias) e 23% de PB (15 a 35 dias) (ROSTAGNO et al., 2017).

O NRC (1994) apresenta valores relacionados a aminoácidos totais e as tabelas brasileiras mais recentes relacionam valores relativos a aminoácidos digestíveis. Isso reforça a ideia de que a utilização de tabelas brasileiras se mostra mais adequada, além do fato de que as exigências nutricionais também são influenciadas pelas condições ambientais de criação, assim, pesquisas nacionais podem refletir de modo mais fidedigno as exigências das codornas. (OLIVEIRA, 2014).

Nesse cenário, os dados compilados nas tabelas devem ser testados nas mais diferentes condições (Ex.: altas temperaturas ambientais), para avaliar as adequações dos mesmos para a elaboração de programas de alimentação eficientes de acordo com cada fase de criação.

4. EFEITO DO ESTRESSE POR CALOR EM CODORNAS

A criação de codornas no Brasil apresenta vários desafios a serem contornados, pois apesar do crescente aumento dos resultados produtivos provenientes dos avanços tecnológicos, observa-se aumento na temperatura, principalmente nos últimos anos, nas diferentes regiões brasileiras, que afeta negativamente a produção. Deste modo, são necessárias modificações na execução do manejo para que essas atitudes reflitam em um melhor desempenho produtivo dos animais (BONFIM e MELO, 2015; FONSECA et al., 2021).

O estresse ocorre quando o ganho e produção de calor pelo animal ultrapassa sua capacidade de dissipar o calor extra para o ambiente circundante. Esse desequilíbrio pode ser atribuído à fatores meteorológicos (radiação, umidade relativa do ar, temperatura do ar e velocidade do vento), bem como características dos animais (gênero, espécie, tipo de corpo e taxa de metabolismo) (LARA e ROSTAGNO, 2013; WASTI et al., 2020; MORAES et al., 2021).

Em comparação às galinhas, as codornas apresentam temperaturas mais elevadas de conforto térmico e podem ser mais tolerantes ao calor devido a uma maior relação

superfície/volume, sugerindo maior capacidade de dissipar o calor gerado pelo metabolismo (SOUSA et al., 2014).

Duas categorias principais de estresse por calor, ou seja, agudo e crônico, podem ser distinguidas. O tipo agudo resulta do aumento curto e rápido da temperatura ambiente (Figura 1). O tipo crônico resulta da alta temperatura ambiente por um longo período (dias a semanas), permitindo a aclimação ao meio ambiente da ave (ALAGAWANY et al., 2017).

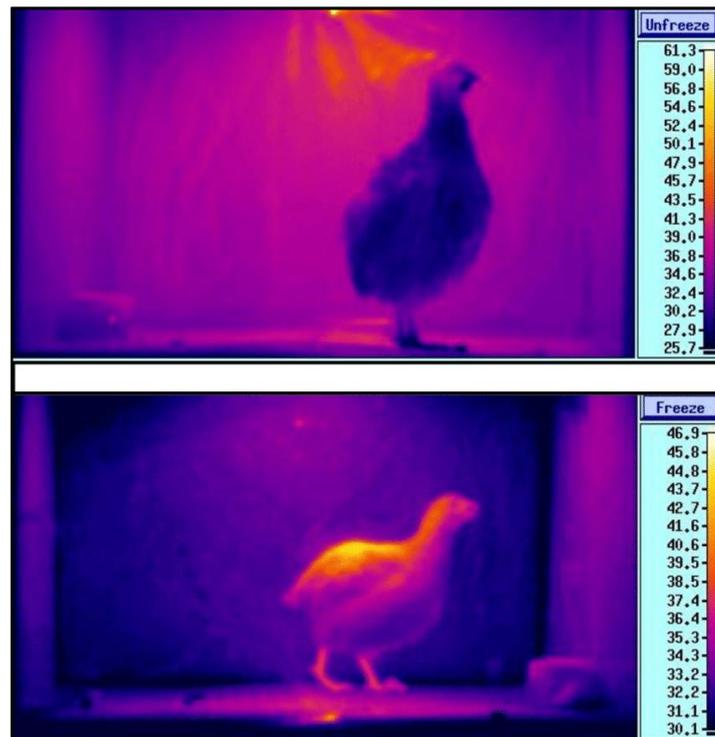


Figura 1. Imagens de câmera termográfica de codornas japonesas submetidas a estresse térmico a 35°C. Fonte: Khalil et al. (2014).

Avaliando imagens de câmera termográfica de codornas japonesas submetidas a temperatura de 35°C, Khalil et al. (2014), observaram que na primeira foto (Figura 1) tirada no início do estudo, momento em que não havia aquecimento, verificaram que o bico e as pernas eram de cor escura, ou seja, estava numa temperatura entre 25,7°C a 30°C. Após 11 minutos do início do aquecimento, foi tirada a foto abaixo, e o bico, dorso e as pernas aparecem mais avermelhados (38°C a 45°C). Nesse momento, pode-se observar que a ave está ofegante e com o bico aberto.

Nazar et al. (2018), afirmam que o estresse por calor em codornas japonesas, por mais de três dias consecutivos, compromete de forma drástica a resposta imune, afetando negativamente a saúde e o bem-estar dos animais. Os autores observaram ainda, que a relação Heterófilos:Linfócitos e a produção de anticorpos são alteradas, atingindo o estado mais grave

de imunossupressão no nono dia de exposição ao estresse térmico crônico. Nesse contexto, qualquer patógeno poderia afetar gravemente as chances de sobrevivência das aves.

A temperatura ambiente acima ou abaixo da zona de termoneutralidade, representa importante estressor principalmente em regiões tropicais, em que temperaturas elevadas, desencadeiam respostas fisiológicas (LARA; ROSTAGNO et al., 2013). As codornas são animais homeotérmicos que requerem temperaturas confortáveis para seu desenvolvimento ideal, considerando que a ausência de glândulas sudoríparas juntamente com muitas camadas de penas torna as aves particularmente propensas ao estresse por calor e suas consequências (NAZAR et al., 2018).

Alem da resposta imunológica deprimida, outras consequências do estresse por calor são: Ingestão reduzida de ração, aumento da temperatura corporal, má digestibilidade, absorção e metabolismo dos nutrientes, prejuízo nas funções endócrinas, redução da função reprodutiva, distúrbios na estrutura e função do epitélio intestinal (LARA; ROSTAGNO, 2013; LOYAU et al., 2015). Além disso, o estresse térmico pode reduzir a concentração de triiodotironina, resultando na redução da deposição de proteína por meio do turnover de proteína em aves (SANTANA et al., 2021).

Aves sob estresse por calor, alteram algumas de suas funções metabólicas na tentativa de se manterem na zona de termoneutralidade, o que pode afetar o desempenho produtivo das aves (BOIAGO et al., 2013). Um dos motivos para queda no desempenho é o fato que o estresse térmico leva à produção de quantidades excessivas de espécies reativas de oxigênio, causando o estresse oxidativo, que danificam as membranas fosfolipídicas celulares e outras macromoléculas (RAJKUMAR et al., 2017).

De acordo com a Figura 2, o estresse por calor agudo resulta na produção de espécies reativas de oxigênio (ERO'S), que são neutralizados por enzimas antioxidantes (superóxido dismutase, catalase e glutathione peroxidase). O estresse crônico por calor resulta na geração excessiva de ERO'S que resulta em danos oxidativos (GITOOE et al., 2018).

O estresse oxidativo ocorre como resultado da formação de agentes oxidantes, os produtos normais do metabolismo aeróbio a uma taxa que excede a capacidade do sistema antioxidante de eliminar as espécies reativas de oxigênio, causando danos biológicos significativos em animais e, em particular, afetando o desempenho produtivo e crescimento das aves (ESTÉVEZ, 2015; VARGAS-SÁNCHEZ et al., 2019).

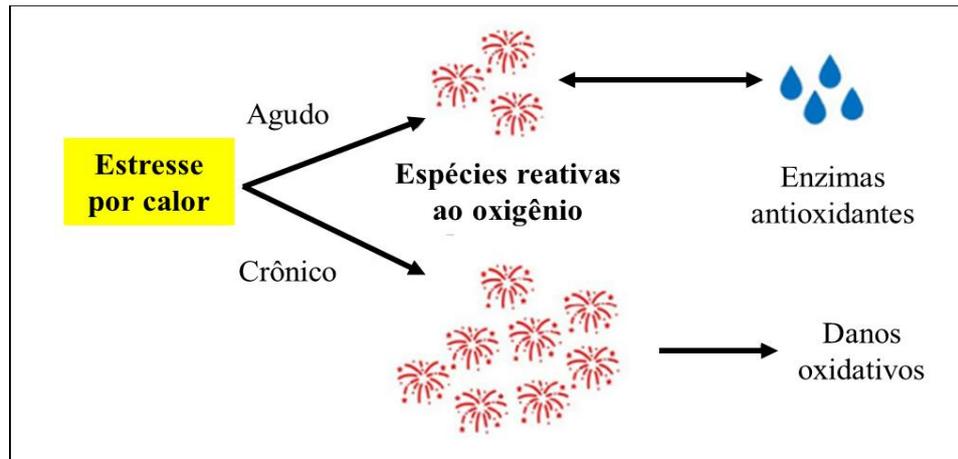


Figura 2. Efeito do estresse térmico em espécies reativas de oxigênio. Fonte: Adaptado de Goel (2021).

Estudos mostram que essas consequências do estresse por calor resultam em maior catabolismo proteico, hiperglicemia, imunossupressão e aumento da susceptibilidade a infecções (EBRAHIMZADEH et al., 2012; MEHAISEN et al., 2017; NAZAR et al., 2018; WU et al., 2018). O hormônio que se destaca em condições de estresse, não só por calor, são os glicocorticoides (em aves - corticosterona) principalmente por causa da ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA).

4.3 Estresse térmico por calor no desempenho de codornas

As altas temperaturas ambientais promovem alterações fisiológicas e comportamentais levando a uma ampla gama de impactos deletérios como redução no consumo de ração, taquicardia, taquipneia, alterações hematológicas e imunossupressão (EL-KHOLY et al., 2017; VIDELA et al., 2020). Além disso, as codornas se tornam mais agitadas e começam a abrir mais as asas para aumentar a dissipação do calor corporal para o meio ambiente. Essas alterações provocadas pelo estresse térmico reduzem o ganho de peso, aumentam a conversão alimentar, reduzem a qualidade da carcaça, além de aumentar a taxa de mortalidade, resultando em impactos econômicos para o setor produtivo (KAMEL et al., 2017).

A criação de codornas em climas tropicais e subtropicais do Brasil, com intensa radiação solar, alta temperatura e umidade relativa do ar em boa parte do ano, gera condições de desconforto térmico quase permanente às aves, dificultando seu desempenho produtivo e constituindo um dos principais problemas que afetam a sua criação (PORTO; FONTENELE-NETO, 2020). O calor não afeta apenas o estado de saúde e bem-estar, mas também diminui a capacidade de sobrevivência (MOHAMED et al., 2019).

4.3.1 Efeito no consumo de ração e ganho de peso

Nas aves, o estresse térmico é um dos principais fatores que resulta em perdas de produção em termos de diminuição no ganho de peso, consumo de ração, eficiência alimentar e aumento da mortalidade (SAHIN et al., 2010). Assim, para obter o melhor desempenho sob um determinado sistema de produção, é necessário que as aves sejam criadas em uma zona de conforto térmico (RIBEIRO et al., 2016). Sob condições de estresse térmico, mudanças fisiológicas e comportamentais ocorrem nas codornas, as quais afetam severamente o consumo de ração e causam mudanças estruturais no epitélio intestinal, reduzindo a digestibilidade e absorção dos nutrientes (ALAGAWANY et al., 2017).

A produtividade prejudicada de aves expostas ao estresse por calor tem sido associada a uma série de fatores, como apetite reduzido e ingestão de ração como um mecanismo para mitigar o incremento de calor (SOHAIL et al., 2013), digestão e metabolismo prejudicados, que podem ser atribuídos a dano da morfologia intestinal e diminuição da atividade de enzimas digestivas, hormônios da tireoide (CHEN et al., 2014) e hormônios endócrinos alterados pelo aumento da corticosterona (GUZMÁN et al., 2018).

As médias dos recentes estudos descritos (Tabela 2), demonstram que as aves diminuem até 12,03% do consumo diário de ração quando alojadas em temperaturas entre 32-37°C quando comparadas a temperatura de conforto térmico (23-25°C). Cruvinel et al. (2021), observaram que codornas japonesas sob estresse por calor apresentaram redução significativo no consumo de ração diário (17,05g) em comparação ao ambiente termoneutro (21,89g). As aves geralmente restringem o consumo voluntário de ração para reduzir a produção de calor metabólico em zonas de clima quente (SOARES et al., 2020).

Tabela 2. Levantamento bibliográfico de diferentes trabalhos com codornas sobre o efeito do estresse por calor no consumo diário de ração.

Consumo diário de ração (g)		Autores
23 – 25°C	32 – 37°C	
21,90	17,05	Cruvinel et al. (2021)
18,07	17,09	Tekce et al. (2020)
25,40	20,02	Soares et al. (2020)
21,00	19,90	Santos et al. (2019a)
23,68	22,75	El-Kholy et al. (2017)
Média		Taxa de Redução
22,01±2,78	19,36±2,38	-12,03%

Fonte: Autor, 2021.

El-Kholy et al. (2017), observaram que a exposição de codornas japonesas a altas temperaturas causou significativa diminuição do peso e ganho de peso corporal. O consumo de ração também diminuiu nas aves submetidas a condições de estresse por calor ($33 \pm 2^\circ\text{C}$) durante 2 a 6 semanas de idade.

Jahanian e Rasouli et al. (2015), afirmam que o efeito prejudicial do estresse por calor no peso corporal e no ganho de peso pode ser devido à diminuição da ingestão de ração e/ou ao aumento dos níveis sanguíneos de corticosterona, que mudam o gasto de energia em favor da deposição de gordura e catabolismo proteico.

A razão por trás disso pode estar relacionada à diminuição de hormônios relacionados ao apetite, resultando em decréscimo no peso corporal (HE et al., 2018). O consumo de ração é suprimido durante o estresse por calor e pode ser atribuído a uma redução no peso intestinal, comprimento e morfologia de vilosidade modificada (LIU et al., 2016), uma vez que o intestino é o principal local de assimilação e digestão de nutrientes.

As médias dos estudos descritos (Tabela 3), demonstram que as aves reduzem até 5,07% o ganho de peso quando alojadas em temperaturas entre $32\text{-}37^\circ\text{C}$ quando comparadas a temperatura de conforto térmico ($23\text{-}25^\circ\text{C}$). Bonfim et al. (2016), observaram que codornas japonesas em crescimento criadas em 32°C diminuiram a taxa de crescimento em 8,19% em comparação aquelas criadas em 26°C de 14 a 42 dias.

Tabela 3. Levantamento bibliográfico de diferentes trabalhos com codornas sobre o efeito do estresse por calor no ganho de peso.

Ganho de peso (g)		Autores
23 – 25°C	32 – 37°C	
185,88	178,56	Tekce et al. (2020)
208,91	196,73	Erisir et al. (2018)
192,00	190,10	Mehaisen et al. (2017)
224,38	216,86	El-Kholy et al. (2017)
192,00	170,00	Vercese et al. (2012)
Média		Taxa de redução
200,63±15,80	190,45±18,00	-5,07%

Fonte: Autor, 2021.

Sahin et al. (2005), relataram que o peso corporal e o ganho de peso corporal de codornas japonesas em crescimento diminuiram significativamente em 10 e 14,5%, respectivamente, em condições de estresse por calor (34°C por 8 horas diárias), em comparação com um grupo de controle (22°C).

Onderic et al. (2005), submeteram codornas japonesas em crescimento a condições de estresse térmico (34°C por 8 horas diárias) e relataram uma diminuição significativa no peso

corporal (9,1%) e ganho de peso corporal (11%) em comparação com aves criadas em 22°C. Sousa et al. (2014), verificaram efeito negativo dos ambientes de criação (33°C) sobre o rendimento de carcaça (%) e o peso do fígado (g) em codornas aos 35 dias de idade, em relação àquelas mantidas a 25°C.

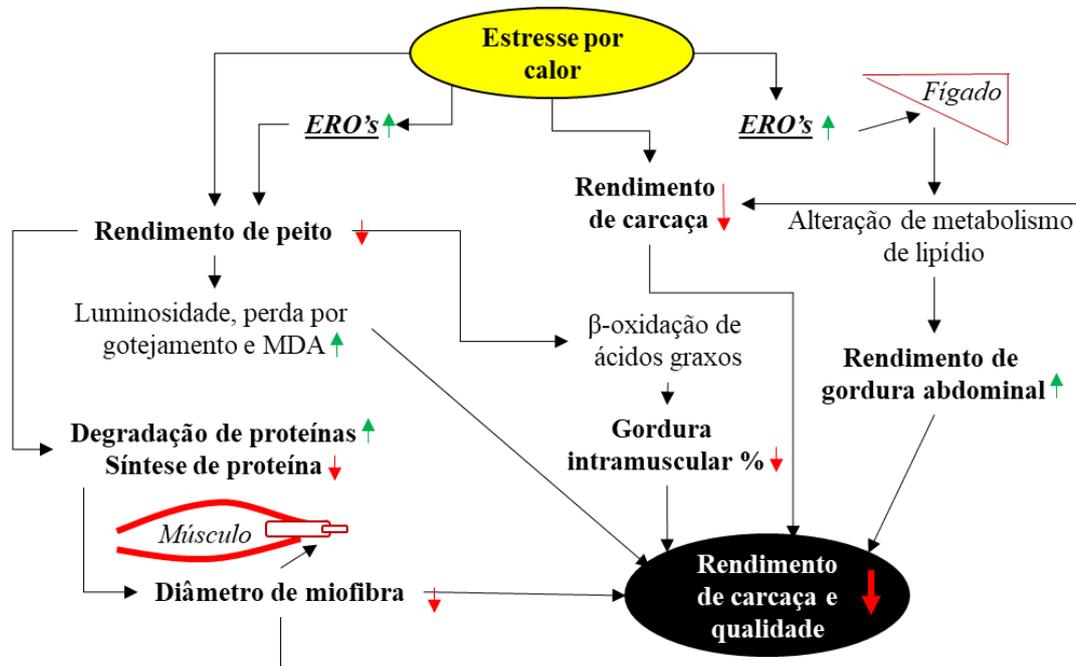


Figura 3. Efeitos do estresse por calor no rendimento e na qualidade da carne. MDA – Malondialdeído. Fonte: Autor, 2021. Adaptado de Fouad et al. (2016).

A Figura 3 demonstra que a alta produção de espécies reativas de oxigênio (ERO'S) nos músculos do peito das aves induzida por estresse por calor, pode levar a redução do peso ao promover a oxidação da mioglobina, perda por gotejamento devido à oxidação das proteínas sarcoplasmáticas e miofibrilares e aumento da produção de malondialdeído (MDA) via aumento da peroxidação lipídica. Além disso, o estresse por calor pode reduzir o conteúdo de gordura intramuscular devido ao aumento da oxidação de ácidos graxos e o diâmetro da miofibrila pode diminuir devido ao aumento da degradação de proteínas e à inibição da síntese de proteínas. A elevada produção de espécies reativas ao oxigênio no fígado pode afetar o metabolismo lipídico aumentando o rendimento da gordura abdominal, reduzindo assim o rendimento e a qualidade da carne (FOUAD et al., 2016).

Nesse contexto, é possível observar, que o crescimento de codornas japonesas é afetado por diversos fatores relacionados à produção, como nutrição e temperatura.

5. CURVAS DE CRESCIMENTO

O crescimento em um animal é um conjunto de processos fisiológicos e morfológicos complexos desde a incubação até a maturidade, que é definido como o aumento nas medidas de peso e volume dos órgãos ou corpo por um determinado período (GRIESER et al., 2018). O peso vivo das aves está relacionado a fatores genéticos, nutrição e às condições ambientais, e por meio da estimativa de curvas de crescimento se torna possível avaliar os efeitos de seleção genética, de sexo ou de diferentes fatores extrínsecos sobre o desenvolvimento das aves (BUZALA E JANICKI, 2016; SANTOS et al., 2019b).

A compreensão do crescimento é necessária para formular modelos de simulação capazes de prever as demandas nutricionais das aves e determinar os efeitos da alimentação e das condições ambientais em seu desempenho. Esses modelos possibilitam o aprimoramento das estratégias de manejo para cada fase da vida, com foco na melhoria de características importantes de crescimento, melhorando o desempenho e reduzindo os custos com alimentação (RIBEIRO et al., 2021).

Pesquisas relacionadas às curvas de crescimento possibilitam uma melhor avaliação dos animais, auxiliando nas decisões, por meio de seleção, ajustes e otimização das estratégias de programas de alimentação, priorizando as exigências nutricionais (DRUMOND et al., 2013; TELEKEN, et al., 2017).

Uma das maneiras de realizar tal processo, é encontrar um modelo que descreva o crescimento dos animais, com o objetivo de determinar o melhor crescimento dos animais. Para isso, os modelos matemáticos não lineares são utilizados devido algumas propriedades e possibilidade de interpretações de seus parâmetros do ponto de vista biológico: Como o peso, taxa de maturidade, etc. (DUDUSOLA et al., 2019).

Mazucheli et al. (2011) afirmam que a aplicação por meio de modelos não lineares para o crescimento animal, tem papel fundamental para auxiliar na maximização do sistema, produzindo estimativas de alta precisão e parâmetros que possuem interpretação biológica. Ainda, Gotuzzo et al. (2019) observaram que os modelos não lineares podem ser utilizados para descrever o crescimento de acordo com a idade, possibilitando a observação dos fatores extrínsecos à produção, que influenciam a disposição da curva de crescimento, podendo a partir desse ponto alterá-la por meio de seleção, sem alterar o peso adulto, em vez de selecionar animais cada vez maiores.

Os parâmetros dos modelos de crescimento, e especialmente seu significado biológico, são informativos para produtores, pois permitem a inferência e a previsão precisa de

informações econômicas relevantes no que diz respeito ao ponto de inflexão e maturidade que não são acessíveis a partir de uma simples análise de características de crescimento, como pesos em diferentes idades chave (nascimento, produção e abate) ou ganhos diários, daí a necessidade de modelar o crescimento de codornas (DUDUSOLA et al., 2019).

Uma função de crescimento apropriada resume as informações fornecidas sobre os animais em um pequeno conjunto de parâmetros que podem ser interpretados biologicamente e usados para derivar outras características de crescimento relevantes. O crescimento animal segue um padrão sigmóide (forma de S) e numerosas equações de crescimento não lineares foram desenvolvidas para descrever e ajustar a relação sigmóide entre peso e idade das aves (RAJI et al., 2014; LUCENA et al., 2019). Porém, esse tipo de seleção aumenta o peso adulto, o que requer manejos diferenciados para os criadores. Os modelos de crescimento são de grande importância para a produção animal, pois fornecem uma oportunidade para interpretações práticas de conversão alimentar e crescimento (DUDUSOLA et al., 2019).

5.1 Modelos não lineares de curva de crescimento para codornas

Modelos não-lineares são frequentemente utilizados para descrever o crescimento de plantas e suas partes, bem como de animais (DUDUSOLA et al., 2019). Esses modelos são utilizados para descrever a curva de crescimento de diferentes culturas de animais domésticos de produção, como bovinocultura, suinocultura, coturnicultura, entre outros (SILVA et al., 2016).

É possível antecipar um conjunto de dados de qualquer animal, sob diferentes tratamentos (sexo, linhagem, dieta, etc.), ou quando são submetidos sob distintas condições (níveis, tempo, doses, etc.) em três ou quatro parâmetros de um destes modelos não lineares (FREITAS, 2005). Assim, é possível a interpretação de vários dias de pesagens em três ou quatro parâmetros, estimando-se os efeitos individuais por cada linhagem ou sexo; e principalmente, os animais mais precoces para peso, gerando informações relevantes na seleção de animais de genética superior para precocidade (SILVA et al., 2016). Esses modelos têm sido usados também para relacionar o peso corporal das aves e a idade, além da determinação da eficiência de deposição de nutrientes; bem como com funções para prever os requisitos de energia e proteína visando a manutenção do crescimento (DARMANI-KUHI et al., 2010).

Diversos modelos matemáticos não-lineares têm sido usados para descrição do crescimento e da deposição de nutrientes dos animais. Entre eles, destacam-se Logístico, Brody, Richards, Robertson, Bertalanffy e Gompertz. No entanto, questiona-se qual o melhor modelo

a ser adotado, já que, a escolha dos modelos deve basear-se na análise de no mínimo três itens: possibilidade de interpretação biológica dos parâmetros, qualidade do ajuste e dificuldades computacionais. Dos seis modelos descritos, o que apresenta maior convergência com os itens para descrever a curva de crescimento de codornas é o modelo de Gompertz (DRUMOND et al., 2013; UCKARDES E NARINC, 2014; SILVA et al., 2016; FARAJI-AROUGH et al., 2018; GRIESER et al., 2018; TON et al., 2021).

O crescimento dos animais é um processo complexo na produção animal, pois, não é apenas o peso do animal que pode influenciar na taxa de crescimento, mas também a velocidade com que a ave aumenta o peso. O modelo de Gompertz apresenta uma taxa de crescimento após o nascimento, e adquire parâmetros até que a taxa máxima seja alcançada e, então a curva declina assintoticamente, estabelecendo uma forma sigmoide (CALEGARI et al., 2021).

Para Oviedo-Rondón (2014), o modelo de Gompertz descreve o crescimento dos animais de maneira mais apropriada e de fácil interpretação, enquanto Marcato et al. (2009), afirmam que a equação de Gompertz pode ainda ser aplicada onde se almeje ajustar e descrever curvas de crescimento e de deposição de nutrientes nos músculos, ossos, pele e/ou penas.

Uckardes e Narinc (2014) compararam os modelos Logístico e de Gompertz no conjunto de dados de codornas japonesas e concluíram que, o modelo de Gompertz indica um ajuste muito melhor do que o modelo Logístico. Os autores ainda observaram que os modelos Gompertz e Logísticos não são apenas mais lucrativos para espécies avícolas, mas também mais úteis para outras espécies, como caprinos, ovinos e bovinos.

5.1.1 Equação de Gompertz

Durante o século XX e XXI, o modelo de Gompertz vem sendo utilizado para a descrição do crescimento dos animais. Este modelo matemático foi originalmente descrito por Benjamin Gompertz em 1825, e recebe denominações como função, equação, ou curva de crescimento (BRUSAMARELO et al., 2020).

O modelo de Gompertz pode estimar o crescimento e a deposição de nutrientes nos órgãos em qualquer faixa etária do animal. Além disso, os parâmetros da função podem ser utilizados por outros pesquisadores como auxílio em estudos de necessidades nutricionais e na elaboração de modelos de crescimento, que podem ser utilizados pelas empresas da área avícola dispondo informações do crescimento (MARCATO et al., 2010; RIBEIRO et al., 2021).

Nesse contexto, o modelo não linear de Gompertz tem sido estudado na avicultura para representar o padrão de crescimento das aves. O conhecimento desse padrão é importante, pois,

as características próprias de cada espécie determinam as diferenças na forma do seu crescimento (BRUSAMARELO et al., 2020).

Costa et al. (2013), estudaram a comparação do crescimento de duas gerações de codornas japonesas com auxílio do modelo de Gompertz, e observaram que o mesmo permitiu a descrição adequada do crescimento das aves podendo ser considerado uma ferramenta de utilidade no monitoramento e predição do crescimento de codornas japonesas. Os autores concluíram ainda que uma equação comum não deve ser utilizada para descrever o crescimento das aves.

Nos modelos, as mudanças no crescimento são representadas por Pt (peso corporal) em relação à idade t (tempo em dias de vida). O **parâmetro Pm** (B0 ou B1), representa em modelos de regressão não linear o peso corporal assintótico ou peso corporal a maturidade (parâmetro de característica fenotípica). O **parâmetro b**, é uma constante e indica a proporção do crescimento assintótico a ser ganho depois do nascimento, sem interpretação biológica clara. O **índice de maturidade t** ou B3 é uma medida de precocidade; possibilitando a aferição do tempo esperado pelos animais para atingir a maturidade; assim sendo, animais mais precoces quanto à maturidade apresentam k maiores (MCMANUS et al., 2003; DRUMOND et al., 2013).

O conjunto de dados servem de suporte aos produtores e à indústria quanto à previsão das necessidades nutricionais, idade ideal de abate, taxas de eficiência e conhecimento sobre manejo e práticas alimentares, além de contribuir com informações sobre seleção genética de codornas e viabilizar o desenvolvimento do crescimento (GRIESER et al., 2018).

De acordo com os autores da Tabela 4 (Ton et al., 2021), a partir da avaliação das estimativas dos parâmetros da função de Gompertz para descrição das curvas de crescimento por sexo, é demonstrado que codornas machos apesar de detentores de maior taxa de maturidade, ou velocidade de crescimento para se atingir o peso assintótico (parâmetro b), apresentaram menor peso assintótico ou peso à maturidade (parâmetro Pm) em relação às fêmeas. Assim, machos apresentam desenvolvimento ponderal mais acelerado e com menor ganho de peso corporal diário, em relação às fêmeas.

As curvas obtidas por meio de dados de crescimento animal geralmente apresentam uma estrutura sigmoidal em duas fases como exemplos nas Figuras 5 e 6. O primeiro estágio é expresso como o ponto de inflexão, onde a taxa de crescimento é máxima e então começa a diminuir. A taxa de crescimento continua diminuindo no segundo estágio, até o ponto de crescimento zero (assíntotas), onde o valor mais alto que pode ser teoricamente alcançado quando todas as condições são adequadas (KARADAVUT et al., 2017).

Tabela 4. Médias posteriores dos parâmetros da função de Gompertz de codornas machos e fêmeas.

	Parâmetros	Média
Machos	Pm	305,0
	t	3,962
	b	0,072
Fêmeas	Pm	377,5
	t	3,775
	b	0,062

Pm = Parâmetro de peso assintótico à maturidade da ave; b = constante de integração; t = parâmetro relacionado a taxa de maturidade. **Fonte:** Adaptado de Ton et al. (2021).

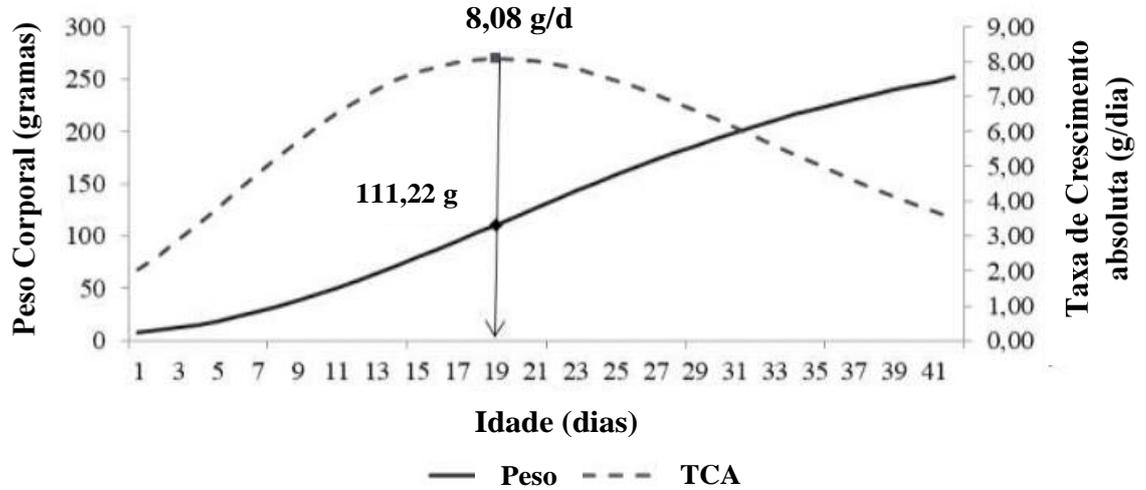
O período em que a taxa de crescimento é máxima (t^*) é denominado ponto de inflexão da curva de crescimento e representa o exato momento em que a taxa de crescimento passa de crescente para decrescente (Figura 4 e 5). O padrão da curva de crescimento é então alterado de côncavo para convexo (TON et al., 2021).

Avaliando os resultados obtidos por meio da função de Gompertz, verificou-se que machos apresentaram o ponto de inflexão, aproximadamente, aos 19 dias de idade e com peso corporal de 112 gramas e taxa de crescimento absoluta igual a 8,08 gramas/dia (Figura 4). Para as fêmeas, o ponto de inflexão ocorreu aproximadamente aos 21 dias com o peso corporal de 135 gramas e uma taxa de crescimento absoluta igual a 8,60 gramas/dia (Figura 5). Tal resultado denota a maior precocidade observada em machos (Figuras 4 e 5).

As codornas, destinadas à produção de carne ou ovos, apresentam maturidade sexual precoce a qual está relacionada com a taxa de crescimento, ou seja, codornas menores têm taxa de crescimento superior e menor idade até a maturidade sexual, sendo assim, a precocidade no crescimento está relacionada ao tempo que as codornas levam para atingir a maturidade sexual, sendo este parâmetro norteador na produção animal, além de demonstrar as diferentes necessidades nutricionais das codornas (VIEIRA et al., 2020; TON et al., 2021).

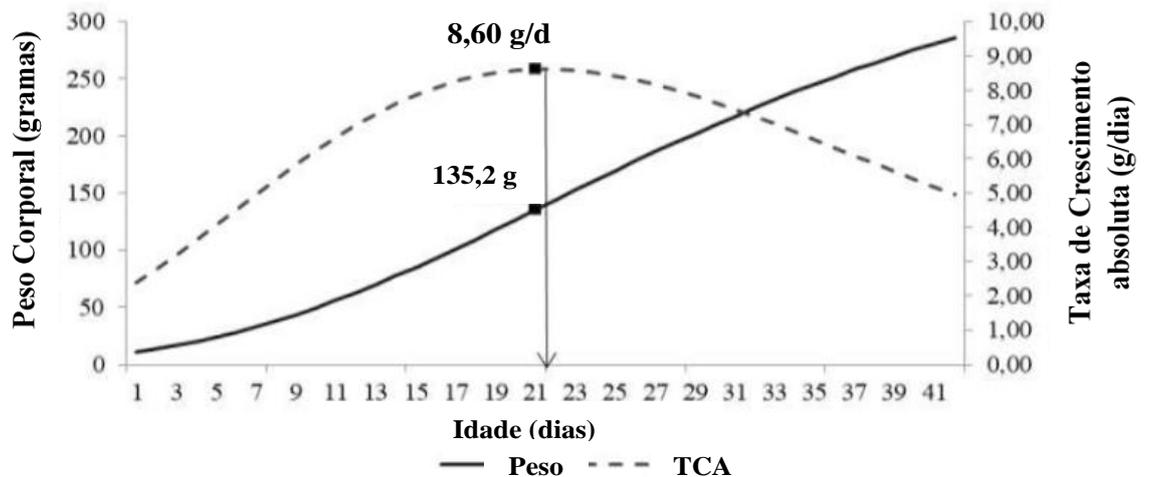
Dessa forma, havendo diferenças fisiológicas para o crescimento entre machos e fêmeas, refletindo-se em pesos corporais distintos, bem como diferentes taxas de crescimento absoluta, deve-se manter a análise individualizada por sexo, mesmo que o mesmo modelo seja o mais ajustado para ambos os sexos, uma vez que os valores dos parâmetros estimados são diferentes (TON et al., 2021).

Figura 4. Curvas de crescimento com o peso corporal predito (gramas) e a taxa de crescimento (TCA) (gramas/dia) para codornas machos, segundo o modelo de Gompertz.



Fonte: Adaptado de Ton et al. (2021).

Figura 5. Curvas de crescimento com o peso corporal predito (gramas) e a taxa de crescimento (TCA) (gramas/dia) para codornas fêmeas, segundo o modelo de Gompertz.



Fonte: Adaptado de Ton et al. (2021).

Para determinação das curvas de crescimento é adotado o modelo matemático proposto por Gompertz (1825), que expressa o peso corporal em função da idade do animal:

$$P_t = P_m \cdot \exp(-\exp(-b(t-t^*)))$$

em que:

P_t = peso estimado (g) do animal ao tempo t (dias); P_m = peso (g) à maturidade do animal; t = idade (dias); b = taxa máxima de crescimento ou de deposição de tecido (g/dia); t^* = idade do máximo crescimento ou deposição (dias).

A taxa de crescimento (TC) das codornas é estimada pela derivada da função Gompertz:

$$TC = P_m \cdot b \cdot (\exp(-\exp(-b(t-t^*)))) \cdot (\exp(-b(t-t^*)))$$

Grieser et al. (2018), utilizaram o modelo de Gompertz para obtenção de curvas de crescimento de diferentes linhagens e sexo de codornas. Os autores observaram que o modelo de Gompertz permite verificar que as fêmeas apresentam maiores taxas de crescimento corporal que os machos das mesmas linhagens, com crescimento acelerado até 14 e 21 dias de idade para machos e fêmeas, respectivamente.

Faraji-Arough et al. (2018), relataram que o modelo de Gompertz é o mais adequado para traçar curvas de crescimento em linhagens de codornas japonesas. Afirmam ainda, que a idade e o peso no ponto de inflexão e a taxa de crescimento em diferentes idades nas linhagens podem ser usados como critérios eficazes nas estratégias de reprodução.

Em estudos realizados por Santos et al. (2019b), foi observado que modelo não linear de Gompertz produziu o melhor ajuste para as curvas de crescimento de linhagens de carne e codornas em postura, além disso, as taxas de crescimento permitiram a diferenciação dos perfis de crescimento das aves.

Haqani et al. (2021), examinaram cinco modelos (Weibull, Logística, Gompertz, Richards e Brody) de curva de crescimento de codornas japonesas de tamanho normal e grande e sua progênie F1. Foi observado que o modelo de Gompertz e Richards apresentaram o melhor ajuste para aves entre todos os cinco modelos.

Com o avanço da tecnologia dos pacotes de estatística, tem sido possível adotar modelos não lineares, de forma que a ascensão computacional dos últimos anos tem propiciado seu uso na avicultura através de modelos matemáticos como o de Gompertz para estimar como o peso adulto ou assintótico das aves pode ser usado na avaliação da uniformidade de lotes na fase de crescimento e produção das aves. Nesse contexto, o programa computacional estatístico SAS (Statistical Analysis System) tem sido utilizado em análises e procedimentos estatísticos na modelagem do crescimento animal, através de um conjunto de ferramentas para análises de modelos não lineares mistos (procedimento NLMIXED) em que são considerados os efeitos fixos e aleatórios nas análises o que pode favorecer na qualidade de ajuste do modelo testado (BRUSAMARELO et al., 2020).

Diante o exposto, observa-se que o estresse por calor e a nutrição afetam o consumo e o ganho de peso dos animais, portanto, compreender como esta interação afeta o crescimento de codornas pode reduzir perdas econômicas.

6. REFERÊNCIAS

- ABREU, L. R. A. et al. Influência do sexo e idade de abate sobre rendimento de carcaça e qualidade da carne de codornas de corte. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, n. 1, p. 131-140, 2014.
- AFSAL, A. et al. Heat Stress and Livestock Adaptation: Neuro-endocrine Regulation. **International Journal of Veterinary and Animal Medicine**, v. 1, n. 2, p. 1-8, 2018.
- AGUIHE, P. C. et al. Performance and egg qualities of laying japanese quails fed yam peel meal based diets with enzymes complex + yeast supplementation. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 43, e53335, p. 1-10 2022.
- ALAGAWANY, M. et al. Heat stress: effects on productive and reproductive performance of quail. **Worlds Poult Sci J.**, v.73, n. 4, p. 747–756, 2017.
- ATTIA, Y. A. et al. Effect of betaine, vitamin C and vitamin E on egg quality, hatchability, and markers of liver and renal functions in dual-purpose breeding hens exposed to chronic heat stress. **Eur Poult Sci.** v. 82, p.1-12, 2018.
- BARROS JÚNIOR, R.F. et al. Nutritional composition, metabolizability coefficients and use of passion fruit pulp waste in the diet of meat quail. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 559-570, 2020.
- BOIAGO, M. M. et al. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes fontes de selênio, zinco e manganês, criados sob condições de estresse térmico. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 65, n. 1, p. 241-247, 2013.
- BONFIM, D. S. et al. Productive characteristics of meat quails reared in diferents environments. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 6, p. 4313-4326, 2016.
- BONFIM, D. S.; MELO, S. A. Influência do ambiente na criação de codornas de corte: Revisão. **Pubvet**, v. 9, n. 4, p. 174-181, 2015.
- BRUSAMARELO, E. et al. Gompertz growth model in poultry farming: some considerations. **Research, Society and Development**, v. 9, n.8, e508985208, 2020.
- BUZALA M.; JANICKI, B. Review: Effects of different growth rates in broiler breeder and layer hens on some productive traits. **Poultry Science**, v. 95, n. 9, p. 2151-2159, 2016. doi: 10.3382/ps/pew173.
- CALEGARI, S; TON, A.P.S; FERNANDES, T. A. C. et al. Curvas de crescimento de codornas de corte utilizando o modelo gompertz. In: 30º Congresso Brasileiro de Zootecnia **Anais...**, Online, 2021.
- CARVALHO, L. C. et al. Genetic growth potential characterization in the Japanese quail:a meta-analysis. **Animals**, v. 14, n. 2, p. 341–347, 2020.
- CHEN, Z., WANG, B., XIE, J. E TANG, J. Effect of γ -aminobutyric acid on digestive enzymes, absorption function, and immune function of intestinal mucosa in heat-stressed chicken. **Poultry Science**, v. 93, p. 2490-2500, 2014.
- COSTA, F. G. P.; SILVA, J. H. V.; LIMA, M. R. et al. Relação entre exigências nutricionais vs qualidade de ovos de codornas japonesas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL, 4; CONGRESSO BRASILEIRO DE COTURNICULTURA, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA/NECTA, 2010. p. 50-70.

- COSTA, P.A.T. et al. Comparação do crescimento de duas gerações de codornas japonesas por meio do modelo de Gompertz. In: Simpósio Brasileiro de melhoramento animal, 10º, 2013, **Anais...** Uberaba, MG, 2013.
- CRUVINEL, J. M. et al. Different dietary electrolyte balance values on performance, egg, and bone quality of Japanese quail (*Coturnix Coturnix Japonica*) under heat stress. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, n. 17, p. 1-8, 2021.
- DARMANI-KUHI, H. et al. A review of mathematical functions for the analysis of growth in poultry, **Worlds Poultry Science Journal**, v. 66, p. 227-239. 2010. Doi:10.1017/S0043933910000280.
- DESSIMONI, G.V. **Planos nutricionais com suplementação de protease em dietas de frangos de corte**. 2011. 48p. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Zootecnia). Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina – MG, 2011.
- DESSIMONI, G.V. et al. Protease supplementation under amino acid reduction in diets formulated with different nutritional requirements for broilers. **Rev. Bras. Cienc. Avic.**, v. 21, n. 1, p. 1-8, 2019.
- DRUMOND, E. S. C. et al. Curvas de crescimento para codornas de corte. **Ciência Rural**, v. 43, p.1872-1877, 2013.
- DRUMOND, E.S.C. et al. Rendimento de carcaça de codornas de corte em cruzamentos dialélicos. **Ciência Rural**, v. 44, n. 1, p. 129-134, 2014.
- DUDUSOLA, I. O. et al. Modeling the growth curve of Japanese quail under different nutritional environments, **Nigerian Journal Animal Science**, v. 21, n. 2, p. 53-58, 2019.
- EBRAHIMZADEH, S.K.; FARHOOMAND, P.; NOORI, K. Immune response of broiler chickens fed diets supplemented with different level of chromium methionine under heat stress conditions. **Asian-Australas. J. Anim. Sci.**, v. 25, p. 256-260, 2012.
- EL-KHOLY, M. S. et al. Dietary supplementation of chromium can alleviate negative impacts of heat stress on performance, carcass yield, and some blood hematology and chemistry indices of growing japanese quail. **Biological Trace Element Research**, v. 179, p. 148–157, 2017.
- EMAM, A. M. Growth curves models in two lines of japanese quail selected for high body weight. **Egypt. Poult. Sci.**, v. 40, n.4, p. 915-928, 2020.
- ERİŞİR, Z. et al. Effects of dietary grape seed on performance and some metabolic assessments in Japanese quail with different plumage colors exposed to heat stress. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 47, e20170172, 2018.
- ESTÉVEZ, M. Oxidative damage to poultry: from farm to fork. **Poultry Science**, v. 94, p. 1368-1378, 2015.
- FARAJI-AROUGH, H. et al. Comparative study of growth patterns in seven strains of Japanese quail using nonlinear regression modeling. **Turk J Vet Anim Sci**, v. 42, p. 441-451, 2018.
- FONSECA, T.; TON, A. P.; CORASSA, A. et al. Metabolizable energy and digestible lysine for Japanese quails reared in a hot climate. **Livestock Science**, v. 245, p. 1-7, 2021.
- FOUAD, A. M. et al. Impact of heat stress on meat, egg quality, immunity and fertility in poultry and nutritional factors that overcome these effects: A review. **International journal of poultry Science**, v. 15, n. 3, p. 81-95, 2016.

- FREITAS, A.R. Curvas de crescimento na produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 3, p. 786-795, 2005.
- FURTADO, D. A. et al. Production and quality of japanese quail eggs submitted to environments with different light spectrums, **Engenharia Agrícola**, v. 38, n. 4, p. 504-509, 2018.
- GITTOEE, A.; SADEGHI, G.; KARIMI, A. Combination effects of organic and inorganic chromium on production performance, reproductive response, immune status, and maternal antibody transmission in breeder quails under heat stress. **Biol Trace Elem Res**, v. 184, n. 2, p. 508-516, 2018. doi: 10.1007/s12011-017-1205-x.
- GOEL A. Heat stress management in poultry. **J Anim Physiol Anim Nutr**. v. 105, n .6, p. 1–10. 2021. <https://doi.org/10.1111/jpn.13496>.
- GOMPERTZ, B. On the nature of the function expressive of the law of human mortality and on a new method of determining the value of life contingencies. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, v. 115, p. 513-585, 1825.
- GOTUZZO, A.G. et al. Bayesian hierarchical model for comparison of different nonlinear function and genetic parameter estimates of meat quails, **Poultry Science**, v. 98, n. 4, p. 1601-1609, 2019. <https://doi.org/10.3382/ps/pey548>.
- GRIESER, D. O. et al. Estimation of growth parameters of body weight and body nutrient deposition in males and females of meat- and laying-type quail using the Gompertz model, **R. Bras. Zootec.**, v. 47, e20170083, 2018.
- GUZMÁN, D. A.; LÈCHE, A.; CONTARDE, C. B. et al. Adrenocortical responses in Japanese quail classified by their permanence in proximity to either low or high density of conspecifics, **Poultry Science**, v. 97, n. 11, p. 4107-4112, 2018. <https://doi.org/10.3382/ps/pey269>.
- HAQANI, M. I. et al. A growth performance and nonlinear growth curve functions of large- and normal-sized japanese quail (*Coturnix japonica*). **Journal Poultry Science**, v. 58, p. 88-96, 2021.
- HE, X., LU, Z., MA, B., et al. Effects of chronic heat exposure on growth performance, intestinal epithelial histology, appetite-related hormones and genes expression. in broilers. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 12, p. 4471–4478, 2018. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8971>.
- HOSSEINI, F., MEHRAEI HAMZEKOLAEI, M. H., MOGHADDAM, A. K. Z., ARABHA, H., & TOHIDIFAR, S. S. Normal ultrasonographic images of reproductive organs of female Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*): a laboratory animal model. **Laboratory Animals**, v.51, n.1, p.75-84, 2017. doi: 10.1177/0023677215625607.
- IBGE. **Produção da Pecuária Municipal 2020**, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Ministério da Agricultura, Brasil. v.48, p. 1-16. 2020. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2020_v48_br_informativo.pdf
- INDRESWARI, R. et al. Performance of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica* Temminck & Schlegel, 1849) fed Hatchery Waste Meal. In: The UGM Annual Scientific Conference Life Sciences 2016, **KnE Life Sciences**, p. 281–287, 2019. doi: 10.18502/cls.v4i11.3874.
- INRA. **Institut National de la Recherche Agronomique**. L'alimentation des animaux monogastriques: porc, lapin, volailles. Paris: INRA, 1998. 282p.

- JAHANIAN, R.; RASOULI, E. Dietary chromium methionine supplementation could alleviate immunosuppressive effects of heat stress in broiler chicks. **Journal Animal Science**, v. 93, p. 3355–3363, 2015.
- JEKE, A. et al. Nutritional compositions of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) breed lines raised on a basal poultry ration under farm conditions in Ruwa, Zimbabwe. **Cogent Food & Agriculture**. v. 4., n.1, p. 1-8. 2018.
- KAMEL, N.N.; AHMED, A.M.; MEHAISEN, G.M. et al. Depression of leukocyte protein synthesis, immune function and growth performance induced by high environmental temperature in broiler chickens. **Int. J. Biometeorol.**, v. 61, p. 1637-1645, 2017.
- KARADAVUT, U.; TASKIN, A.; GENÇ, S. Comparison of growth curve models in Japanese quail raised in cages enriched with different colored lights. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, n. 11, p. 839-846, 2017. <https://dx.doi.org/10.1590/s1806-92902017001100002>.
- KHALIL, H. A. et al. Efficacy of long-term heat stress on heat tolerance in Japanese quail. **Annals... 7th International Poultry Conference - Proceeding 2014**. p. 430-437. 2014.
- LARA, L. J.; ROSTAGNO, M. H. Impact of heat stress on poultry production. **Animals**, v. 3, n. 2, p. 356-369, 2013. doi:10.3390/ani3020356.
- LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Commercial Poultry Nutrition**. Nottingham university press, 2009.
- LIU, L. et al. Resveratrol modulates intestinal morphology and HSP70/90, NF- κ B and EGF expression in the jejunal mucosa of black-boned chickens on exposure to circular heat stress. **Food & Function**, v. 7, n. 3, p. 1329–1338, 2016. <https://doi.org/10.1039/c5fo01338k>.
- LOYAU, T., BEDRANI, L., BERRI, C., et al. Cyclic variations in incubation conditions induce adaptive responses to later heat exposure in chickens: a review. **Animals**, v. 9, p. 76-85, 2015.
- LUCENA, L. R. R. et al. Adjusting weight growth curve of male quails *Coturnix japonica* reared in the semi-arid region of the State of Pernambuco. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.41, e42563, 2019.
- MARCATO, S. M., SAKOMURA, N. K., FERNANDEZ, J. B. K., NASCIMENTO, D. C. N., FURLAN, R. L.; PIVA, G. H. Crescimento e deposição de nutrientes nas penas, músculo, ossos e pele de frangos de corte de duas linhagens comerciais. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.4, p.1159-1168, 2009.
- MARCATO, S.M. et al. Crescimento e deposição de nutrientes nos órgãos de frangos de corte de duas linhagens comerciais. **R. Bras. Zootec.**, v.39, n.5, p.1082-1091, 2010.
- MAZUCHELI, J.; SOUZA, R.M. de; PHILIPPSEN, A.S. Modelo de crescimento de Gompertz na presença de erros normais heterocedásticos: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Biometria**, v.29, p.91-101, 2011.
- McMANUS, C. et al. Curvas de crescimento de ovinos bergamácia criados no Distrito Federal. **R. Bras. Zootec**, v. 32, n.5, p.1207-1212, 2003.
- MEHAISEN, G. M. et al. The importance of propolis in alleviating the negative physiological effects of heat stress in quail chicks. **PLoS One**. v. 12, n. 10, e0186907, 2017.

- MENDONÇA, D. S.; LANA, S. R. V.; LANA, G. R. Q.; LEÃO, A. P. A.; BARROS JR, R. F.; LIMA, L. A. A.; AYRES, I. C. B.; SANTOS, D. S.; SILVA, W. A. Different calcium sources on the productive performance and bone quality of meat quail. **Ciência Rural**, v.52, n. 6, p.1-7, 2022.
- MIAO, Z. Q. et al. Dietary supplementation of methionine mitigates oxidative stress in broilers under high stocking density. **Poultry science**, v. 100, n.8, 1012-1031. 2021.
- MOHAMED, A.S.A.; LOZOVSKIY, A.R.; ALI, A.M.A. Strategies to combat the deleterious impacts of heat stress through feed restrictions and dietary supplementation (vitamins, minerals) in broilers. **J. Indones. Trop. Anim. Agric.** v. 44, p. 155–166, 2019.
- MORAES, L. R. et al. Methionine supplementing effects on intestine, liver and uterus morphology, and on positivity and expression of Calbindin-D28k and TRPV6 epithelial calcium carriers in laying quail in thermoneutral conditions and under thermal stress. **PLoS ONE**, v. 16, n. 1, p. 1-15, 2021.
- MURAKAMI, A. E. et al. Níveis de proteína e energia em rações para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 22, n. 4, p. 534-540, 1993.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient Requeriments of Poultry**. 9.ed. Washington, D. C.: National Academy of Sciences: 1994. p.44-45.
- NAZAR, F. N., et al. Insights into thermal stress in Japanese quail (*Coturnix coturnix*): dynamics of immunoendocrine and biochemical responses during and after chronic exposure. **Stress**. v. 21, n. 3, p. 257-266, 2018. doi: 10.1080/10253890.2018.1442430.
- OLIVEIRA, G. B. **Programas de alimentação para codornas japonesas em crescimento e seus efeitos na fase produtiva**. 2014. 45 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.
- ONDERIC, M.; SAHIN, K.; SAHIN, N.; CIKIM, G.; VIJAYA, J.; KUCUK, O. Effects of dietary combination of chromium and biotin on growth performance, carcass characteristics and oxidative stress markers in heat-distressed Japanese quail. **Biological Trace Element Research**, v.106, p. 165-176, 2005.
- OVIDO-RONDÓN, E. O. Como usar y desarrollar un modelo matemático para nutriciónavícola. **Asociación Colombiana de Médicos Veterinarios y Zootecnistas Especialistas En Avicultura**, v.47, p.4-12, 2014.
- PESSÔA, G. et al. Novos conceitos em nutrição de aves. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, v.13, n.3, p.755-774. 2012.
- PORTO, M.L.; FONTENELE-NETO, J.D. Efeito da manipulação térmica durante a incubação sobre as variáveis hematológicas, bioquímica sérica e morfometria da bolsa cloacal de codornas japonesas submetidas ao estresse crônico por calor. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.72, n. 2, p. 505-516, 2020.
- PU, S. et al. The relation between liver damage and reproduction in female Japanese quail (*Coturnix japonica*) exposed to high ambient temperature. **Poultry Science**. v. 99, n. 9, p. 4586-4597. 2020.
- RAJI, A. O. et al. Comparison of different models to describe growth of the japanese quail (*Coturnix japonica*), **Trakia Journal of Sciences**, v.2, p.182-188, 2014.
- RAJKUMAR, U. et al. Effect of supplemental trace minerals on Hsp-70 mRNA expression in commercial broiler chicken. **Animal Biotechnology**, v. 29, n. 1, p. 20-25, 2017.

RETES, P. L. et al. Reproductive characteristics of male and female Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) fed diets with different levels of crude protein during the growth and production phases. **Livestock Science**, v. 223, p. 124-132, 2019.

RIBEIRO, M. J. B. et al. Choice of non-linear models to determine the growth curve of meat-type quail. **Ciência Rural**, v.51, n.2, e20190990, 2021. DOI: <http://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190990>.

RIBEIRO, T. L. A. et al. Diferentes níveis de proteína e energia sobre o comportamento fisiológico e desempenho de codornas europeias no semiárido brasileiro. **J. Anim. Behav. Biometeorol.** v.4, p. 76–83, 2016.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia/UFV, 2011. 252p.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4. ed. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia/UFV, 2017. 488p.

SAHIN, K.; ONDERIC, M.; SAHI, N. et al. Chromium picolinate, rather than biotin, alleviates performance and metabolic parameters in heat-stressed quail. **British Poultry Science**, v. 46, p. 457-463, 2005.

SAHIN, K. et al. Epigallocatechin-3-gallate prevents lipid peroxidation and enhances antioxidant defense system via modulating hepatic nuclear transcription factors in heat-stressed quails. **Poultry Science**, v. 89, p. 2251-2258, 2010.

SANTANA, T. P. et al. Effect of prenatal ambient temperature on the performance physiological parameters, and oxidative metabolism of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) layers exposed to heat stress during growth. **Science Reports**, v.11, p. 98-109, 2021.

SANTOS, T. C. et al. Productive performance and surface temperatures of Japanese quail exposed to different environment conditions at start of lay. **Poultry Science**, v. 98, p. 2830–2839. 2019a.

SANTOS, H. B. et al. Application of non-linear mixed models for modelling the quail growth curve for meat and laying. **The Journal of Agricultural Science**, v. 156, n. 10, p.1–6, 2019b.

SAS. **SAS User's Guide: statistics**. 8th ed. Institute Incorporation, Statistical Analysis System. [S.1] 2001.

SILVA, J. H. V. et al. Exigências nutricionais de codornas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 3, p. 775-790, 2012.

SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P. **Tabela para codornas japonesas e europeias**. 2.ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2009. 110p.

SILVA, M. R. et al. Meat quail growth curve by non-linear regression models. **Archives of Veterinary Science**, v.21, n.4, p.26-00, 2016.

SOARES, K. R. et al. Protein diets for growing broilers created under a thermoneutral environment or heat stress. **Animal Feed Science and Technology**, v. 259, p. 1-9, 2020.

SOARES, R. T. R. N. et al. Protein requirement of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) during rearing and laying periods. **Revista Brasileira de Ciencia Avícola**, v. 5, n. 2, p. 153-156, 2003.

- SOHAIL, M.U. et al. Effect of supplementation of mannan oligosaccharide and probiotic on growth performance, relative weights of viscera, and population of selected intestinal bacteria in cyclic heat-stressed broilers. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 22, p. 485-491, 2013.
- SOUSA, M. S. et al. Determinação de limites superiores da zona de conforto térmico para codornas de corte aclimatizadas no Brasil de 22 a 35 dias de idade. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, n. 2, p. 350-360, 2014.
- SOUZA, C. S. et al. Cálcio e fósforo na nutrição de codornas japonesas em postura. **Sci. Anim. Health**, v.3, p. 260-281, 2017.
- STANQUEVIS, C. E. et al. Calcium and available phosphorus requirements of Japanese quails in early egg-laying stage. **Poultry Science**, v. 100, n.1, p.147-158. 2021.
- TEKCE, E. et al. Response of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) to dietary inclusion of *Moringaoleifera*. **Ital J Anim Sci**. v. 18, n. 1, p. 868–876, 2020.
- TELEKEN, J.T. et al. Comparing non-linear mathematical models to describe growth of different animals. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. v. 39, n. 1, p.73-81, 2017.
- TON, A. P. S. et al. Adjustment of growth curves in cutting quails by Bayesian inference. **Research, Society and Development**, v.10, n.6, e8910615530, 2021.
- UCKARDES, F.; NARINC, D. An application of modified Logistic and Gompertz growth models in Japanese quail. **Indian Journal of Animal Sciences**, v.84, n.8, p.903–907, 2014.
- VARGAZ-SANCHEZ, R. D. et al. Use of natural ingredients in Japanese quail diet and their effect on carcass and meat quality — A review. **Asian-Australas J Anim Sci**, v. 32, p. 11, p. 1641-1656, 2019. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0800>.
- VERCESE, F., GARCIA, E.A, SARTORI, J.R, SILVA, A DE P., FAITARONE, A., BERTO, D.A, MOLINO, A DE B., PELÍCIA, K. Performance and egg quality of Japanese quails submitted to cyclic heat stress. **Revista brasileira de ciência avícola**. v.14, n. 1, p. 37–41, 2012.
- VIDELA, E. A. et al. Immediate and transgenerational effects of thymol supplementation, inactivated Salmonella and chronic heat stress on representative immune variables of Japanese quail. **Sci Rep**. v. 10, n.1, p. 1-11, 2020. doi:10.1038/s41598-020-74547-2.
- VIEIRA, D. V. G., NASCIMENTO OLIVEIRA, E. J., SOUZA, R. G. et al. Mathematical models to predict the energy requirements of Japanese quails from 01-35 days age. **Research, Society and Development**, v.9, n.8, e777986544-e777986544. 2020. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsdv9i8.6544>.
- VIEIRA, D.V.G. et al. **Amino Acid for Japanese Quails: Methodologies and nutritional requirement**. In T. Asao and Asaduzzaman (Ed.), *New Insights and Roles in Plant and Animal*, p.231-248, 2017. DOI: 10.5772/intechopen.68547.
- WASTI, S., SAH, N., MISHRA, B. Impact of heat stress on poultry health and performances, and potential mitigation strategies. **Animals**, v. 10, n. 8, p. 1-19, 2020.
- WU, Q. J. et al. Glutamine alleviates heat stress-induced impairment of intestinal morphology, intestinal inflammatory response, and barrier integrity in broilers. **Poultry Science**, v.97, n.8, p 2675–2683, 2018. <https://doi.org/10.3382/ps/pey123>.

CAPÍTULO 2

Planos nutricionais para codornas japonesas na fase inicial e de crescimento em diferentes temperaturas

Planos nutricionais para codornas japonesas na fase inicial e de crescimento em diferentes temperaturas

RESUMO

Objetivou-se avaliar três planos nutricionais para codornas japonesas em duas temperaturas sobre o desempenho produtivo, características de carcaça e viabilidade econômica. Foram utilizadas 576 codornas japonesas fêmeas (*Coturnix japonica*), com um dia de idade, peso médio inicial $7,51 \pm 0,75$ g. Os tratamentos foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3×2 (três planos nutricionais x duas temperaturas), com 12 repetições de oito aves por unidade experimental em duas câmaras climáticas mantidas em 25°C e 35°C. Os planos nutricionais foram: Plano nutricional um (PN1) – uma dieta de 1-21 dias e uma dieta de 22-39 dias; Plano nutricional dois (PN2) – uma dieta de 1-14 dias e uma dieta de 15-39 dias; e Plano nutricional três (PN3) - dieta única de 1-39 dias. As variáveis avaliadas foram: desempenho, características de carcaça e viabilidade econômica. Houve efeito de planos, temperaturas e interação dos fatores sobre desempenho produtivo. O PN1 propiciou menor consumo de ração e melhor conversão alimentar, não diferindo do PN3 no tocante ao ganho de peso em 25°C. Codornas alojadas em 25°C apresentaram maior consumo de ração e ganho de peso, e melhor conversão alimentar. O PN3 proporcionou maior retorno financeiro em aves mantidas a 25°C ou 35°C. A elaboração de um plano nutricional composto por uma única dieta, formulado com base nas recomendações das tabelas para codornas japonesas e europeias, se mostra como o mais indicado tanto para aves mantidas em condições de conforto térmico (25°C) quanto aquelas em estresse por calor (35°C), uma vez que, essas codornas apresentam maior desempenho produtivo e maior retorno financeiro, sem comprometimento das características de carcaça aos 39 dias de idade.

Palavras-chave: coturnicultura. desempenho produtivo. estresse por calor. nutrição animal. programa alimentar.

Nutritional plans for Japanese quail in the initial stage and growing at different temperatures

ABSTRACT

The objective was to evaluate three nutritional plans for Japanese quails at two temperatures on productive performance, carcass characteristics and economic viability. A total of 576 female Japanese quails (*Coturnix japonica*), with one day of age, initial average weight of 7.51 ± 0.75 g, were used. The treatments were distributed in a completely randomized design in a 3×2 factorial scheme (three nutritional plans x two temperatures), with 12 repetitions of eight birds per experimental unit in two climatic chambers at 25° and 35°C. The nutritional plans were: Nutritional plan one (PN1) – a diet of 1-21 days and a diet of 22-39 days; Nutritional plan two (PN2) – a 1-14 day diet and a 15-39 day diet; and Nutritional plan three (PN3) - single diet for 1-39 days. The variables evaluated were: performance, carcass characteristics and economic viability. There was an effect of planes, temperatures and interaction of factors on productive performance. PN1 provided lower feed intake and better feed conversion, not differing from PN3 in terms of weight gain at 25°C. Quails housed at 25°C showed higher feed intake and weight gain, and better feed conversion. PN3 provided greater financial return in birds kept at 25°C or 35°C. The elaboration of a nutritional plan composed of a single diet, formulated based on the recommendations of the tables for Japanese and European quails, is shown to be the most suitable for both birds kept in conditions of thermal comfort (25°C) and those under stress due to heat (35°C), since these quails present higher productive performance and greater financial return, without compromising carcass characteristics at 39 days of age.

Keywords: animal nutrition. coturniculture. food program. heat stress. productive performance.

1. Introdução

A criação de codornas é uma atividade produtiva de baixo investimento e rápido retorno financeiro, o que contribui para a consistente evolução desse seguimento nos últimos anos. O consumo de carnes e ovos de codornas está em expansão, por serem produtos de alto valor nutritivo, sabor diferenciado e versátil na sua utilização (SAKAMOTO et al., 2016; SILVA et al., 2020).

Atualmente, existem diferentes recomendações nutricionais para formulação de dietas para codornas japonesas, seja dieta única compreendendo fase inicial e de crescimento, ou duas dietas de acordo com cada fase de criação. Nesse sentido, encontrar níveis ótimos dos nutrientes para aperfeiçoar o desempenho dessas aves torna-se desafio constante, pois as respostas podem variar de acordo com fatores extrínsecos. Recomendações nutricionais para a fase inicial e de crescimento são relevantes, pois, antecedem o período de postura, sendo assim, as aves necessitam de um suporte nutricional adequado para o seu desenvolvimento o que terá influencia direta no desempenho durante a fase de produção (CRUVINEL et al., 2021).

Um dos entraves na coturnicultura é o controle adequado do ambiente de criação, visto que, fatores como umidade, ventilação e temperatura ambiental influenciam no crescimento e produção das aves (SILVA et al., 2017). O estresse por calor afeta negativamente o setor avícola em termos de mortalidade, desempenho e qualidade de carne e ovos, ocasionando prejuízos aos produtores (ATTIA; AL-HARTHI; ELNAGGAR, 2018; CRUVINEL et al., 2021; MORAES et al., 2021). As altas temperaturas afetam a produção das aves, principalmente pela diminuição no consumo de ração (EL-KHOLY et al., 2017), que acaba provocando redução na ingestão de nutrientes e produção de energia (JAHANIAN; RASOULI, 2015).

A formulação de rações capazes de fornecer os nutrientes exigidos pelas aves em diferentes temperaturas, torna-se fundamental, visto que, além do déficit nutricional, parte da energia que seria destinada à produção é desviada para a termorregulação, o que é necessário para manutenção da homeotermia (BONFIM et al., 2016).

Neste contexto, torna-se importante a realização de estudos que forneçam informações atualizadas de crescimento de codornas japonesas, sob influência de diferentes fatores, como diferentes planos nutricionais e temperaturas de alojamento. Assim, buscamos avaliar o desempenho produtivo, características de carcaça e viabilidade econômica de codornas japonesas, em condições de estresse por calor e conforto térmico, com diferentes planos nutricionais até aos 39 dias de idade.

2. Material e métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Avicultura do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), localizado no município de Bananeiras-PB. O projeto foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/UFPB), sob o número de protocolo 5665070319.

Foram utilizadas 576 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*), fêmeas, de um dia de idade, com peso médio inicial de $7,51 \pm 0,75\text{g/ave}$, alojadas em gaiolas de arame galvanizado, equipado com comedouro tubular e bebedouro pendular infantil. As baterias de gaiolas estavam localizadas em câmaras climáticas de 2 x 4 m com controle de temperatura e umidade do ambiente ($75,7 \pm 2,8\%$), por meio de campânulas 250 W (fonte de aquecimento) colocadas a um metro da bateria e a um metro do chão, exaustores, e ar condicionado para manutenção da temperatura de 25 °C. O monitoramento da temperatura e umidade relativa das câmaras climáticas foi realizado por meio de termohigrômetro digital. As mensurações foram realizadas diariamente, às 08:00 e 16:00 horas, durante todo o período experimental. O programa de luz adotado foi de 24 horas diários por meio de luzes fluorescentes.

Os tratamentos foram em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3×2 , composto de três planos nutricionais e duas temperaturas com 12 repetições de oito aves por parcela em duas câmaras climáticas de 25° e 35 °C. Os planos nutricionais foram: **PN1** - plano nutricional para codornas japonesas, nas fases de um a 21 e de 22 a 42 dias de idade, seguindo as recomendações preconizadas por Silva & Costa (2009); **PN2** - plano nutricional para codornas japonesas, nas fases de um a 14 e de 15 a 35 dias de idade, conforme recomendações de Rostagno et al. (2017) e **PN3** – plano nutricional para codornas japonesas na fase de um a 42 dias de idade, segundo as recomendações de Silva & Costa (2009) (Tabela 1). O fornecimento de ração e água foi à vontade, durante todo o período experimental.

O consumo de ração, ganho de peso e a conversão alimentar das aves foram avaliados nos períodos de um a 21 dias, 22 a 39 dias e de um a 39 dias de idade. As aves, a ração fornecida e as sobras de ração foram pesadas semanalmente para o cálculo dos índices de desempenho.

Aos 39 dias de idade foram selecionadas três codornas de peso médio vivo de cada unidade experimental e mantidas em jejum de 6 horas. Posteriormente, as aves foram pesadas e abatidas por eletronarcose e posterior deslocamento do osso occipital e atlas, em seguida depenadas para realização dos cortes. Os parâmetros avaliados foram: peso ao abate (g), peso absoluto (g) e relativo (%) da carcaça, penas, cortes nobres (peito e coxa+sobrecoxa) e das vísceras comestíveis (coração, fígado e moela) que foram pesados em balança digital de precisão.

Tabela 1. Composição percentual e calculada das rações experimentais.

Ingredientes	PN1		PN2		PN3
	1 a 21 dias	21 a 39 dias	1 a 14 dias	15 a 39 dias	1 a 39 dias
Milho Grão	54,568	59,272	56,267	58,753	56,809
Farelo de Soja 46%	39,647	34,841	36,280	36,577	38,758
Farinha Carne e Ossos	3,726	1,295	5,725	1,968	0,000
Óleo de Soja	0,294	2,083	0,000	0,000	1,269
Fosfato Bicálcico	0,000	0,640	0,501	1,132	1,050
Calcário Calcítico	0,692	0,807	0,394	0,680	1,046
Sal Comum	0,477	0,520	0,353	0,442	0,543
DL-Metionina	0,148	0,145	0,104	0,074	0,149
L-Lisina	0,074	0,021	0,000	0,000	0,000
Cloreto de Colina	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Sup. Vitamínico ¹	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Sup. Mineral ²	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Bacitracina de Zinco	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Anticoccidiano	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Antioxidante	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição Nutricional					
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2.900	3.050	2.900	2.900	2.950
Proteína Bruta (%)	25,00	22,00	24,40	23,00	23,00
Lisina Dig. (%)	1,250	1,050	1,095	1,034	1,104
Metionina + Cistina Dig. (%)	0,800	0,740	0,740	0,693	0,770
Metionina Dig. (%)	0,487	0,451	0,436	0,394	0,469
Cálcio (%)	0,850	0,750	1,092	0,911	0,800
Fósforo Disponível (%)	0,320	0,300	0,513	0,428	0,310
Sódio (%)	0,240	0,240	0,205	0,214	0,240
BE ³ , mEq/kg	238,26	212,43	229,53	221,91	224,77

Nota: ¹Suplemento Vitamínico/kg: Vit.A 13.440.000 UI; Vit. D 3.200.000 UI; Vit.E 28.000 mg/kg; Vit.K 2.880 mg/kg; Tiamina 3.500 mg/kg; Riboflavina 9.600 mg/kg; Piridoxina 5.000 mg/kg; Cianocobalamina 19.200 mcg/kg; Ácido Fólico 1.600 mg/kg; Ácido Pantotênico 25.000 mg/kg; Niacina 67.200 mg/kg; Biotina 80.000 mcg/kg; Antioxidante 0,40 g/kg. ²Suplemento Mineral/kg: Mg 150.000 ppm; Zn 140.000 ppm; Fe 100.000 ppm; Cu 16.000 ppm; I 1.500 ppm; Se 600 ppm.

A análise econômica foi realizada em função das variações no peso vivo, consumo de ração e custos das rações, de acordo com a metodologia descrita por Lana (2000). Os valores dos ingredientes foram referentes ao período vigente do experimento, sendo a codorna de um dia adquirida por R\$ 0,90 a unidade, e sua venda estimada em 18,00 R\$/kg de codorna abatida.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância para os efeitos dos planos nutricionais e temperaturas, e quando houve interações significativas foi realizado o desdobramento. As médias foram comparadas utilizando o teste F e teste de Tukey a 5% utilizando o software R Core Team (2016).

3. Resultados

3.1 Desempenho produtivo

O desempenho produtivo das codornas foi influenciado ($p < 0,05$), de acordo com os planos nutricionais e temperaturas de alojamento, havendo interação para conversão alimentar de um a 21 dias e consumo de ração de 22 a 39 dias de idade (Tabela 2).

Tabela 2. Consumo de ração (CR, g/ave), ganho de peso (GP, g/ave) e conversão alimentar (CA, g/g) de codornas japonesas, em função de planos nutricionais (P) e temperaturas (T), de um a 21, 22 a 39 e um a 39 dias de idade

Planos	CR	GP	CA	CR	GP	CA	CR	GP	CA
	1 a 21 dias			22 a 39 dias			1 a 39 dias		
PN1	154,13 ^B	73,74 ^A	2,09 ^A	304,68 ^B	79,69 ^{AB}	3,81 ^B	458,80 ^B	153,43 ^{AB}	2,98 ^B
PN2	157,51 ^A	71,91 ^B	2,19 ^B	316,19 ^A	78,30 ^B	4,01 ^A	473,69 ^A	150,21 ^B	3,14 ^A
PN3	157,12 ^A	72,81 ^{AB}	2,16 ^B	314,19 ^A	81,68 ^A	3,83 ^B	471,31 ^A	154,49 ^A	3,04 ^A
25 °C	159,49 ^A	74,78 ^A	2,13	364,36 ^A	85,82 ^A	4,26 ^A	523,85 ^A	160,60 ^A	3,26 ^A
35 °C	153,02 ^B	70,87 ^B	2,16	259,01 ^B	73,95 ^B	3,51 ^B	412,03 ^B	144,82 ^B	2,85 ^B
P	0,038	0,035	0,001	0,001	0,033	0,005	0,001	0,010	0,001
T	0,001	0,001	0,134	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
P x T	0,499	0,306	0,049	0,005	0,502	0,448	0,053	0,206	0,437
CV(%)	3,13	3,30	3,74	3,09	5,52	3,02	2,50	3,22	3,66

PN1: Silva; Costa (2009), fase de um a 21 e de 22 a 39 dias de idade; PN2: Rostagno *et al.* (2017), fase de um a 14 e de 15 a 39 dias de idade; PN3: Silva; Costa (2009), fase de um a 39 dias. Médias seguidas de diferentes letras maiúsculas nas colunas diferem ($p < 0,05$) estatisticamente pelo teste de Tukey.

As aves alimentadas com PN1 tiveram menor consumo de ração ($p < 0,05$) nas diferentes fases de idade. Os maiores valores de ganho de peso foram verificados para PN3 (154,49^A g/ave) não diferindo do PN1 (153,43^{AB}). A conversão alimentar dos animais que receberam plano nutricional 1 foi melhor em todas as fases de idade, não diferindo do PN3 na fase de 22 a 39 dias. Verificou-se diminuição no consumo de ração e ganho de peso, e melhor conversão alimentar em codornas alojadas sob temperatura de 35°C.

O desdobramento da interação ($p < 0,05$) entre os planos nutricionais e as temperaturas são apresentados na Tabela 3. O plano nutricional não influenciou a conversão alimentar quando as aves foram mantidas em 25°C de 1 a 21 dias. No entanto, quando mantidas em temperatura de 35°C, as aves alimentadas com o PN1 apresentaram melhor conversão alimentar que as demais. As codornas alimentadas com PN2 tiveram melhor conversão alimentar quando mantidas em ambiente de 25°C em comparação àquelas criadas em temperatura de 35°C.

Tabela 3. Desdobramento da interação (planos nutricionais x temperaturas) para conversão alimentar e consumo de ração de 1 a 21 e 22 a 39 dias de idade

Planos	1 a 21 dias			22 a 39 dias		
	Conversão Alimentar (g/g)		p	Consumo de ração (g/ave)		p
	25°C	35°C		25°C	35°C	
PN1	2,10	2,08 ^B	0,587	351,97 ^{Ba}	257,38 ^b	0,001
PN2	2,14 ^b	2,24 ^{Aa}	0,006	372,28 ^{Aa}	260,09 ^b	0,001
PN3	2,15	2,16 ^A	0,741	368,83 ^{Aa}	259,55 ^b	0,001
p	0,207	0,001		0,001	0,767	

PN1: Silva; Costa (2009), fase de um a 21 e de 22 a 39 dias de idade; PN2: Rostagno *et al.* (2017), fase de um a 14 e de 15 a 39 dias de idade; PN3: Silva; Costa (2009), fase de um a 39 dias. ns: não-significativo ($p>0,05$). Médias seguidas de diferentes letras maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem ($p<0,05$) estatisticamente pelo teste de Tukey.

Quando mantidas em conforto térmico (25 °C) no período de 22 a 39 dias as aves consumiram mais ração comparadas às criadas em temperatura de 35°C. O consumo de ração dos animais foi influenciado pelo plano nutricional apenas na temperatura de 25°C, em que as aves do PN1 consumiram menos ração que as demais.

3.2 Características de carcaça

Para peso ao abate, características de carcaça e penas, não houve influência ($p<0,05$) dos planos nutricionais (Tabela 4). Em relação ao efeito das temperaturas, todos os parâmetros avaliados das aves diminuíram ($p<0,05$) no estresse por calor (35 °C). Codornas mantidas em 35 °C apresentaram menor ($p=0,001$) peso de penas (4,91^B g) comparadas àquelas alojadas em 25 °C (6,45^A g).

Tabela 4. Peso absoluto (g) e relativo (%) ao abate, carcaça, cortes nobres e penas em função dos planos nutricionais (P) e temperaturas (T) de codornas japonesas aos 39 dias de idade.

Planos	Peso ao abate (g)	Carcaça (g)	Peito (g)	Coxa + sobrecoxa (g)	Carcaça (%)	Peito (%)	Coxa + sobrecoxa (%)	Penas (g)
PN1	144,12	88,26	31,24	19,97	61,29	30,27 ^A	19,40	5,80
PN2	145,91	89,34	31,15	19,91	61,18	30,20 ^{AB}	19,29	5,63
PN3	144,03	89,95	30,63	20,37	62,27	29,45 ^B	19,60	5,59
25°C	154,03 ^A	95,93 ^A	33,41 ^A	20,98 ^A	61,92	30,24	19,87 ^A	6,45 ^A
35°C	135,34 ^B	82,43 ^B	28,61 ^B	19,18 ^B	61,16	29,64	19,00 ^B	4,91 ^B
P	0,363	0,371	0,246	0,451	0,314	0,028	0,597	0,842
T	0,001	0,001	0,001	0,001	0,191	0,052	0,005	0,001
PxT	0,928	0,117	0,084	0,107	0,080	0,136	0,060	0,906
CV(%)	1,71	1,89	2,08	3,31	1,90	1,88	2,74	11,21

PN1: Silva; Costa (2009), fase de um a 21 e de 22 a 39 dias de idade; PN2: Rostagno *et al.* (2017), fase de um a 14 e de 15 a 39 dias de idade; PN3: Silva; Costa (2009), fase de um a 39 dias. ns – não-significativo. Médias seguidas de diferentes letras maiúsculas nas colunas diferem ($p<0,05$) estatisticamente pelo teste de Tukey.

Não houve efeito ($p>0,05$) dos planos nutricionais sobre o peso absoluto e relativo de vísceras comestíveis (Tabela 5), porém, aves alojadas na temperatura de 35 °C apresentaram menor peso de moela (g) e aumento no peso relativo de fígado (%).

Tabela 5. Peso absoluto (g) e relativo (%) de vísceras comestíveis de codornas japonesas alimentadas com diferentes planos nutricionais (P) e temperaturas (T) aos 39 dias de idade.

Planos	Coração (g)	Moela (g)	Fígado (g)	Coração (%)	Moela (%)	Fígado (%)
PN1	1,25	2,82	4,43	1,21	2,74	4,30
PN2	1,24	2,69	4,26	1,20	2,61	4,15
PN3	1,29	2,91	4,35	1,24	2,80	4,18
25°C	1,30	2,95 ^A	4,50	1,18	2,66	4,07 ^B
35°C	1,21	2,67 ^B	4,20	1,25	2,77	4,35 ^A
P	0,639	0,173	0,655	0,765	0,279	0,607
T	0,071	0,008	0,070	0,083	0,326	0,037
PxT	0,487	0,130	0,322	0,328	0,085	0,173
CV(%)	7,71	6,62	7,17	7,17	7,39	6,12

PN1: Silva; Costa (2009), fase de um a 21 e de 22 a 39 dias de idade; PN2: Rostagno *et al.* (2017), fase de um a 14 e de 15 a 39 dias de idade; PN3: Silva; Costa (2009), fase de um a 39 dias. Médias seguidas de diferentes letras maiúsculas nas colunas diferem ($p<0,05$) estatisticamente pelo teste de Tukey.

3.3 Viabilidade econômica

A melhor viabilidade econômica (Tabela 6) foi demonstrada para os Planos 1 e 3 na temperatura de 25 °C. O custo de ração do PN3 foi o menor (R\$ 1,61/kg), e apresentou redução de R\$ 0,10/kg (-6,83%) no custo total em comparação ao PN1 e R\$ 0,09/kg (-6,21%) em relação ao PN2.

Tabela 6. Viabilidade econômica de codornas japonesas alimentadas com diferentes planos nutricionais em duas temperaturas (25 °C e 35 °C).

Planos Nutricionais	PMV (kg/ave)	CMR (kg/ave)	CR (R\$/kg)	RBM (R\$/ave)	CMA (R\$/ave)
25°C					
PN1	0,160	0,509	1,72	2,88	0,87
PN2	0,159	0,532	1,71	2,86	0,91
PN3	0,162	0,529	1,61	2,92	0,85
35°C					
PN1	0,146	0,407	1,72	2,63	0,70
PN2	0,141	0,415	1,71	2,54	0,71
PN3	0,147	0,413	1,61	2,65	0,66

PN1: Silva; Costa (2009), fase de um a 21 e de 22 a 39 dias de idade; PN2: Rostagno *et al.* (2017), fase de um a 14 e de 15 a 39 dias de idade; PN3: Silva; Costa (2009), fase de um a 39 dias. PMV - Peso Médio Vivo; CMR - Consumo Médio de Ração; CR - Custo da Ração; RBM - Renda Bruta Média; CMA - Custo Médio de Arraçoamento.

O consumo médio de ração foi maior para PN2 nas temperaturas de 25 °C e 35 °C, como também o custo médio de arraçoamento, que inclui o custo e a quantidade de ração consumida.

A renda bruta média indicou que os tratamentos PN3 e PN1, apresentaram os maiores valores de retorno financeiro bruto (R\$ 2,92/ave e R\$ 2,88/ave) em 25 °C e (R\$ 2,65/ave e R\$ 2,63/ave) em 35 °C, respectivamente.

A margem bruta média (Figura 1A) que é a renda deduzida do custo de arraçamento e preço da pintainha, foi de: PN1/25°C = R\$ 1,10/ave; PN1/35°C = R\$ 1,02/ave; PN2/25°C = R\$ 1,05/ave; PN2/35°C = R\$ 0,93/ave; PN3/25°C = R\$ 1,17/ave; PN3/35°C = R\$ 1,08/ave, ou seja, foi demonstrado um retorno financeiro maior para o PN3 na temperatura de 25°C e menor para PN2 aos 35°C.

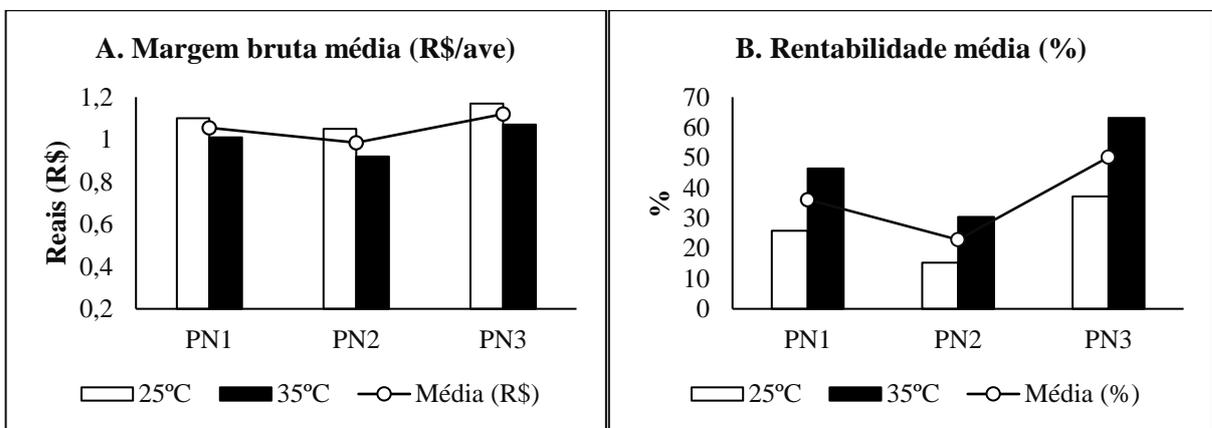


Figura 1. (A) Margem bruta média (R\$/ave) e (B) rentabilidade média de codornas japonesas alimentadas com planos nutricionais em diferentes temperaturas.

A rentabilidade média (Figura 1B) indica a porcentagem de retorno obtido com cada real gasto com o kg da ração consumida pelas codornas, sendo superior para o PN3 (37,19% em 25 °C; 63,12% em 35 °C).

4. Discussão

O estresse por calor e a nutrição afetam o consumo e o ganho de peso dos animais, portanto, compreender como esta interação afeta o crescimento de codornas pode reduzir perdas econômicas.

Codornas alimentadas com dietas contendo menores níveis de energia (PN2: 2.900 kcal/kg EM e PN3: 2.950 kcal/kg EM), apresentaram maior ingestão de ração em comparação aquelas que receberam a dieta do PN1 contendo 2900 kcal/kg EM na fase inicial, porém 3.050 kcal/kg EM na fase de crescimento. Esse resultado é justificado pela energia metabolizável que influencia na regulação do consumo de ração. Segundo Reis et al. (2014), animais que recebem dietas com menor conteúdo energético tendem a compensar a ingestão insuficiente para produção

de energia, consumindo mais ração o que justifica o menor consumo de ração nas diferentes idades do grupo PN1.

A idade de troca da dieta da fase inicial para crescimento entre os planos também pode ter sido determinante para o menor desempenho produtivo das codornas alimentadas com PN2 (troca de dieta aos 14 dias), devido ao notável ganho de peso no terço final de crescimento (21 a 35 dias).

O estresse por calor na avicultura é uma das principais causas que resulta em perdas na produção em termos de diminuição no ganho de peso, consumo de ração, eficiência alimentar e aumento da mortalidade (BONFIM et al., 2016). Para se obter o melhor desempenho em um determinado sistema de produção, é necessário que as aves sejam criadas na zona de conforto térmico (RIBEIRO et al., 2016), fato esse verificado no presente estudo, em que aves criadas a 25 °C apresentaram taxa de ganho de peso superior (+9,82%) àquelas alojadas em temperatura de 35 °C.

Sob as condições de temperatura de 35 graus, sugere que as aves estavam em condição de estresse por calor em virtude da reduzida capacidade de produção, atestada pelo menor desempenho apresentando mudanças fisiológicas e comportamentais que ocorrem nas codornas, como mudanças estruturais no epitélio intestinal, reduzindo a digestibilidade e absorção dos nutrientes (ALAGAWANY et al., 2017). Observa-se também, redução no consumo voluntário de ração e conseqüente redução do incremento calórico oriundo da digestão e metabolismo (SOARES et al., 2020). Estudos relatam que codornas japonesas sob estresse por calor, apresentam redução significativa no consumo diário de ração (17,05g/dia/ave) em comparação ao conforto térmico (21,89g/dia/ave) e diminuição do peso corporal (CRUVINEL et al., 2021; EL-KHOLY et al., 2017).

Segundo SOUSA et al. (2014), codornas alojadas em 33 °C, apresentam redução do rendimento de carcaça (%) aos 35 dias de idade, em relação àquelas mantidas a 25 °C. O efeito prejudicial do estresse por calor pode ser justificado pela diminuição da ingestão de ração e/ou ao aumento dos níveis sanguíneos de corticosterona, que mudam o gasto de energia em favor do catabolismo proteico (JAHANIAN; RASOULI, 2015).

O peso de penas foi menor em codornas sob temperatura de 35°C, facilitando as perdas de calor, uma vez que não possui glândulas sudoríparas e o corpo é isolado termicamente por penas (SANTOS et al., 2019). Pode-se explicar este fato, pelo maior nível de metionina + cistina digestível presente no PN1 (1 a 21 dias = 0,800%; 22 a 42 dias = 0,740%); PN3 (0,770%) em comparação ao PN2 (1 a 14 dias = 0,740%; 15 e 35 dias = 0,693%), visto que, os aminoácidos sulfurosos (metionina e cistina) são destinados principalmente para a síntese proteica, sendo a

metionina o primeiro limitante para as aves e, juntamente com a cistina atua na formação das penas, para o qual é direcionado aproximadamente 2% de metionina e 25% de cistina da dieta (LEESON; SUMMERS, 1997; PINTO et al., 2003), justificando o menor crescimento de penas para o PN2. Além disso, a metionina e lisina, participam da formação das enzimas antioxidantes (glutathiona peroxidase e superóxido dismutase), respectivamente, e assim, dando suporte ao aumento da expressão gênica dessas enzimas, que estimuladas pelo estresse por calor. Esse fato melhora o status antioxidante do organismo do animal, amenizando o efeito da alta temperatura, melhorando a produção (BUNCHASAK, 2009).

As altas temperaturas ambientais podem causar ainda diversas alterações fisiológicas adaptativas que resultam em modificação do tamanho dos órgãos (PORTO et al., 2021). O menor peso da moela (g) ocorreu possivelmente pela redução do consumo de ração, e conseqüentemente a diminuição dos movimentos mecânicos para quebra das partículas do alimento para a digestão. O desenvolvimento da moela também está relacionado ao trânsito alimentar o tratogastrointestinal o que influencia no aproveitamento dos nutrientes ingeridos.

De acordo com análise econômica, o PN3 apresenta maior retorno financeiro independente das temperaturas de alojamento, isso porque é utilizada apenas uma ração durante todo o período de criação (um a 42 dias) que demanda menor inclusão de milho e farelo de soja devido ao menor teor de energia e proteína bruta. Vale ressaltar que aves alojadas sob temperatura de 35°C trazem prejuízos financeiros aos produtores, porém, essas deduções são reduzidas quando os animais são alimentados com PN3 em comparação a outros planos nutricionais.

Na escolha do plano nutricional para codornas japonesas em crescimento deve-se avaliar, além da composição nutricional das dietas - que devem ser adequadas para atender as exigências nutricionais das aves; as condições de criação - com destaque para a temperatura ambiente, uma vez que essa tem efeitos negativos e duradouros na produção; o escalonamento de troca de rações que está associado as condições de manejo; e uma análise econômica, variável importante na tomada de decisão dos produtores.

5. Conclusão

O plano nutricional composto por uma única dieta, formulado com base nas recomendações das tabelas para codornas japonesas e europeias, é o mais indicado tanto para aves mantidas em 25°C quanto aquelas em condições de estresse por calor (35°C). Esse plano proporciona maior desempenho produtivo e maior retorno financeiro, sem comprometer as características de carcaça aos 39 dias de idade.

6. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

7. Referências

- ALAGAWANY, M. et al. Heat stress: Effects on productive and reproductive performance of quail. **World's Poultry Science Journal**, v. 73, n. 4, p. 747-756, 2017. DOI: 10.1017/S0043933917000782.
- ATTIA, Y. A.; AL-HARTHI M. A.; ELNAGGAR, A. S. Productive, physiological and immunological responses of two broiler strains fed different dietary regimens and exposed to heat stress. **Italian Journal of Animal Science**, v. 17, n. 3, p. 686–697, 2018. DOI: 10.1080/1828051X.2017.1416961.
- BONFIM, D. S. et al. Productive characteristics of meat quails reared in different environments. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 6, p. 4313-4326, 2016. DOI: 10.5433/1679-0359.2016v37n6p4313
- BUNCHASAK, C. Role of Dietary Methionine in Poultry Production. **J. Poult. Sci.** v. 46, p. 169–179. 2009.
- CRUVINEL, J. M. et al. Different dietary electrolyte balance values on performance, egg, and bone quality of Japanese quail (*Coturnix Coturnix Japonica*) under heat stress. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, n. 17, p. 1-8, 2021. DOI: 10.1007/s11250-020-02472-7.
- EL-KHOLY, M. S. et al. Dietary supplementation of chromium can alleviate negative impacts of heat stress on performance, carcass yield, and some blood hematology and chemistry indices of growing japanese quail. **Biological Trace Element Research**, v. 179, p. 148–157, 2017. DOI: 10.1007/s12011-017-0936-z.
- JAHANIAN, R.; RASOULI, E. Dietary chromium methionine supplementation could alleviate immunosuppressive effects of heat stress in broiler chicks. **Journal of Animal Science**, v. 93, p. 3355–3363, 2015. DOI: 10.2527/jas.2014-8807.
- LANA, G. R. Q. **Avicultura**. Recife: Rural, 2000, 268 p. il.
- LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Feeding programs for broilers**. In: Comercial Poultry Nutrition. 2 ed. p.350, 1997.
- MORAES, L. R. et al. Methionine supplementing effects on intestine, liver and uterus morphology, and on positivity and expression of Calbindin-D28k and TRPV6 epithelial calcium carriers in laying quail in thermoneutral conditions and under thermal stress. **PLoS ONE**, v. 16, n. 1, p.1-15, 2021. DOI: 10.1371/journal.pone.0245615.
- PINTO, R. et al. Exigência de metionina mais cistina para codornas japonesas em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 1174-1181, 2003. DOI: 10.1590/S1516-35982003000500018.

PORTO, M. L. et al. Incubation variables, performance, and morphometry of the duodenal mucosa of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) submitted to different incubation temperatures and thermally challenged after hatching. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 73, n. 02, p. 495-507, 2021. DOI: 10.1590/1678-4162-12052.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2016.

REIS, R. S. et al. Proteína bruta e energia metabolizável para codornas de corte de um a 14 dias de idade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 3, p. 903-910, 2014. DOI: 10.1590/1678-41626258.

RIBEIRO, T. L. A. et al. Diferentes níveis de proteína e energia sobre o comportamento fisiológico e desempenho de codornas europeias no semiárido brasileiro. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 4, p. 76-83, 2016. DOI: 10.14269/2318-1265/jabb.v4n3p76-83.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4. ed. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia/UFV, 2017. 488p.

SAKAMOTO, M. I. et al. Celulite em codornas japonesas alimentadas com extrato de orégano nas dietas e inoculadas com *Escherichia coli*. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 36, n. 9, p. 831-836, 2016. DOI: 10.1590/S0100-736X2016000900007.

SANTOS, T. C. et al. Productive performance and surface temperatures of Japanese quail exposed to different environment conditions at start of lay. **Poultry Science**, v. 98, n. 7, p. 2830-2839, 2019. DOI: 10.3382/ps/pez068.

SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P. **Tabela para codornas japonesas e europeias**. 2.ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2009. 110p.

SILVA, R. C. et al. Quality of quail eggs confined in thermoneutral environment and heat stress. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 5, p. 139-143, 2017. DOI: 10.31893/2318-1265jabb.v5n4p139-143.

SILVA, W. A. et al. Crude protein in diets for European quail (*Coturnix coturnix*). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 677-688, 2020. DOI: 10.5433/1679-0359.2020v41n2p677.

SOARES, K. R. et al. Protein diets for growing broilers created under a thermoneutral environment or heat stress. **Animal Feed Science and Technology**, v. 259, p. 1-9, 2020. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2019.114332.

SOUSA, M. S. et al. Determinação de limites superiores da zona de conforto térmico para codornas de corte aclimatizadas no Brasil de 22 a 35 dias de idade. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, n. 2, p. 350-360, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbspa/a/hgcZGDhJSyC9p7p7RdcNr4N/?lang=pt&format=pdf>.

CAPÍTULO 3

Efeito dos planos nutricionais e da temperatura ambiente nas curvas de crescimento de codornas japonesas

Efeito dos planos nutricionais e da temperatura ambiente nas curvas de crescimento de codornas japonesas

RESUMO

Objetivou-se estimar o crescimento corporal, carcaça, cortes nobres, vísceras comestíveis e penas de codornas japonesas criadas em dois ambientes térmicos e alimentadas com três planos nutricionais (PNs) de um a 39 dias de idade. Foram utilizadas 576 pintainhas (*Coturnix japonica*), com um dia de idade, com peso médio inicial $7,51 \pm 0,75\text{g/ave}$, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3×2 (três planos nutricionais x duas temperaturas), com 12 repetições de oito aves por unidade experimental em duas câmaras climáticas de 25° e 35°C. Os planos nutricionais foram: Plano nutricional um (PN1) – uma dieta de 1-21 dias e uma dieta de 22-39 dias; Plano nutricional dois (PN2) – uma dieta de 1-14 dias e uma dieta de 15-39 dias; e Plano nutricional três (PN3) - dieta única de 1-39 dias. Foram avaliadas as curvas e taxas de crescimento corporal, carcaça, cortes nobres, penas e vísceras comestíveis, através do modelo matemático de Gompertz. Codornas alimentadas com PN3 apresentaram maiores valores nas curvas e taxas de crescimento corporal, de carcaça, coxa+sobrecoxa e penas. Houve efeito para taxa de maturidade, sendo inferior para codornas alojadas em estresse por calor (35°C). Nas aves mantidas em conforto térmico, observou-se maior taxa de crescimento e peso de peito nas codornas alimentadas com PN3 e aquelas alimentadas com PN1 tiveram maior peso de coxa+sobrecoxa e peso de penas. A utilização de um plano nutricional composto por uma única dieta ofertada durante o período de um a 39 dias de criação, formulado com base nas recomendações das tabelas para codornas japonesas e europeias, é o mais indicado para estimar curvas de crescimento no modelo de Gompertz de codornas japonesas alojadas em 25°C ou 35°C.

Palavras-chave: ambiência. coturnicultura. peso corporal. taxa de crescimento

Effect of nutritional plans and ambient temperature on the growth curves of Japanese quails

ABSTRACT

The objective was to estimate the body growth, carcass, prime cuts, edible viscera and feathers of Japanese quails reared in two thermal environments and fed with three nutritional plans (PNs) from one to 39 days of age. A total of 576 chicks (*Coturnix japonica*) were used, one day old, with an average initial weight of 7.51 ± 0.75 g/bird, distributed in a completely randomized design in a 3×2 factorial scheme (three nutritional plans x two temperatures), with 12 repetitions of eight birds per experimental unit in two climatic chambers at 25° and 35°C. The nutritional plans were: Nutritional plan one (PN1) – a diet of 1-21 days and a diet of 22-39 days; Nutritional plan two (PN2) – a 1-14 day diet and a 15-39 day diet; and Nutritional plan three (PN3) - single diet for 1-39 days. The curves and rates of body growth, carcass, prime cuts, feathers and edible viscera were evaluated using the mathematical model of Gompertz. Quails fed PN3 showed higher values in curves and growth rates of body, carcass, thigh+drumstick and feathers. There was an effect for the maturity rate, being lower for quails housed in heat stress (35°C). In birds kept in thermal comfort, higher growth rate and breast weight were observed in quails fed with PN3 and those fed with PN1 had higher weight of thigh+drumstick and feather weight. The use of a nutritional plan consisting of a single diet offered during the period from one to 39 days of rearing, formulated based on the recommendations in the tables for Japanese and European quails, is the most suitable for estimating growth curves in the Gompertz model of Japanese quail housed at 25°C or 35°C.

Keywords: ambience. body weight. coturniculture. growth rate.

1. Introdução

A coturnicultura tem crescido exponencialmente nos últimos anos e apresenta destaque na economia avícola devido às produções tecnificadas e às novas formas de comercialização de ovos (HOSSEINI et al., 2017; MENDONÇA et al., 2022). Atualmente existem diferentes recomendações nutricionais para formulação de rações para codornas japonesas, seja uma dieta compreendendo todo período de criação, ou duas dietas de acordo com período inicial e de crescimento (SILVA; COSTA, 2009; ROSTAGNO et al., 2017).

Fatores extrínsecos, como a temperatura ambiental efetiva, também exercem influência sobre o crescimento das aves. O estresse por calor, que é um dos principais fatores limitantes da produção, afeta diretamente o bem-estar, qualidade da carne, características de carcaça, produção, massa e qualidade dos ovos (SANTOS et al., 2019; GOEL, 2021). As curvas de crescimento corporal podem ser utilizadas como critérios de seleção para codornas japonesas. As principais razões para isso são, sua rápida taxa de crescimento, curto intervalo de geração, boa eficiência alimentar, alta adaptabilidade, reprodução rápida e alta resistência a doenças (KARADAVUT et al., 2014; KARADAVUT et al., 2017; CRUVINEL et al., 2021).

Dentre os modelos matemáticos não-lineares utilizados para determinação de curvas de crescimento, a função de Gompertz é uma ferramenta utilizada por nutricionistas para caracterizar o potencial genético de aves e descreve adequadamente o crescimento de codornas japonesas (SILVA et al., 2015; SILVA et al., 2016). Uma vez que esse modelo possibilita uma explicação biológica para seus parâmetros, suas estimativas são mais precisas e essenciais para melhor compreender o crescimento das codornas e, conseqüentemente, contribuir para os programas de melhoramento genéticos e, também, maximizar sistemas de produção desses animais (CARVALHO et al., 2020; EMAM, 2020).

As curvas obtidas por meio de dados de crescimento animal geralmente apresentam estrutura sigmoideal em duas fases: o primeiro estágio é expresso como o ponto de inflexão, em que a taxa de crescimento é máxima e então começa a diminuir; A taxa de crescimento continua diminuindo no segundo estágio, até o ponto de crescimento zero (assíntotas), em que o valor mais alto que pode ser teoricamente alcançado quando todas as condições são adequadas (KARADAVUT et al., 2017).

Nesse contexto, torna-se importante a realização de estudos que forneçam informações atualizadas de crescimento, consistentes com as linhagens atuais de codornas japonesas, quando submetidas a diferentes fatores, como diferentes planos nutricionais e temperaturas de alojamento (GRIESER et al., 2018). Assim, propusemos estimar o crescimento corporal,

carcaça, cortes nobres, vísceras comestíveis e penas de codornas japonesas criadas em dois ambientes térmicos e alimentadas com três planos nutricionais (PNs) até os 39 dias de idade.

2. Material e métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Avicultura do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), localizado no município de Bananeiras-PB. O projeto foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/UFPB), sob o número de protocolo 5665070319.

Foram utilizadas 576 codornas japonesas (*Coturnix coturnix* japônica), fêmeas, de um dia de idade, com peso médio inicial de $7,51 \pm 0,75$ g/ave, alojadas em gaiolas de arame galvanizado, equipado com comedouro tubular e bebedouro pendular infantil. As baterias de gaiolas estavam localizadas em câmaras climáticas de 2 x 4 m com controle de temperatura e umidade do ambiente ($76 \pm 2\%$), por meio de campânulas 250 W (fonte de aquecimento) colocadas a um metro da bateria e a um metro do chão, exaustores, e ar condicionado para manutenção da temperatura de 25 °C. O monitoramento da temperatura e umidade relativa das câmaras climáticas foi realizado por meio de termohigrômetro digital. As mensurações foram realizadas diariamente, às 08:00 e 16:00 horas, durante todo o período experimental. O programa de luz adotado foi de 24 horas diários por meio de luzes fluorescentes.

Os tratamentos foram em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3×2 , composto de três planos nutricionais e duas temperaturas com 12 repetições de oito aves por parcela em duas câmaras climáticas de 25° e 35 ± 2 °C. Os planos nutricionais foram: PN1 - plano nutricional para codornas japonesas, nas fases de um a 21 e de 22 a 42 dias de idade, seguindo as recomendações preconizadas por Silva & Costa (2009); PN2 - plano nutricional para codornas japonesas, nas fases de um a 14 e de 15 a 35 dias de idade, conforme recomendações de Rostagno et al. (2017) e PN3 – plano nutricional para codornas japonesas na fase de um a 42 dias de idade, segundo as recomendações de Silva & Costa (2009) (Tabela 1). O fornecimento de ração e água foi à vontade, durante todo o período experimental.

As pesagens das aves e os abates foram realizadas a cada 3 dias de um até o 39° dia de idade para obtenção do peso corporal, carcaça, cortes nobres, vísceras comestíveis e penas. Ao final de cada período de três dias, após jejum alimentar de seis horas, duas codornas de cada grupo foram pesadas individualmente, em seguida foram eutanasiadas e ensanguinadas para realização dos cortes. Em seguida, foram depenadas para obtenção do peso de penas e evisceradas para se obter o peso de carcaça e vísceras comestíveis e cortes nobres sendo eles o peso de peito, coxa e sobrecoxa.

Tabela 1. Composição percentual e calculada das rações experimentais.

Ingredientes	PN1		PN2		PN3
	1 a 21 dias	21 a 39 dias	1 a 14 dias	15 a 39 dias	1 a 39 dias
Milho Grão	54,568	59,272	56,267	58,753	56,809
Farelo de Soja 46%	39,647	34,841	36,280	36,577	38,758
Farinha de Carne e Ossos	3,726	1,295	5,725	1,968	0,000
Óleo de Soja	0,294	2,083	0,000	0,000	1,269
Fosfato Bicálcico	0,000	0,640	0,501	1,132	1,050
Calcário Calcítico	0,692	0,807	0,394	0,680	1,046
Sal Comum	0,477	0,520	0,353	0,442	0,543
DL-Metionina	0,148	0,145	0,104	0,074	0,149
L-Lisina	0,074	0,021	0,000	0,000	0,000
Cloreto de Colina	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Sup. Vitamínico ¹	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Sup. Mineral ²	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Bacitracina de Zinco	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Anticoccidiano	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Antioxidante	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição Nutricional					
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2.900	3.050	2.900	2.900	2.950
Proteína Bruta (%)	25,00	22,00	24,40	23,00	23,00
Lisina Dig. (%)	1,250	1,050	1,095	1,034	1,104
Metionina + Cistina Dig. (%)	0,800	0,740	0,740	0,693	0,770
Metionina Dig. (%)	0,487	0,451	0,436	0,394	0,469
Cálcio (%)	0,850	0,750	1,092	0,911	0,800
Fósforo Disponível (%)	0,320	0,300	0,513	0,428	0,310
Sódio (%)	0,240	0,240	0,205	0,214	0,240
BE ³ , mEq/kg	238,26	212,43	229,53	221,91	224,77

Nota: ¹Suplemento Vitamínico/kg: Vit.A 13.440.000 UI; Vit. D 3.200.000 UI; Vit.E 28.000 mg/kg; Vit.K 2.880 mg/kg; Tiamina 3.500 mg/kg; Riboflavina 9.600 mg/kg; Piridoxina 5.000 mg/kg; Cianocobalamina 19.200 mcg/kg; Ácido Fólico 1.600 mg/kg; Ácido Pantotênico 25.000 mg/kg; Niacina 67.200 mg/kg; Biotina 80.000 mcg/kg; Antioxidante 0,40 g/kg. ²Suplemento Mineral/kg: Mg 150.000 ppm; Zn 140.000 ppm; Fe 100.000 ppm; Cu 16.000 ppm; I 1.500 ppm; Se 600 ppm. ³Balanço Eletrolítico.

Para determinação das curvas de crescimento foi adotado o modelo matemático proposto por Gompertz (1825), que expressa o peso corporal em função da idade do animal:

$$Pt = Pm \cdot \exp(-\exp(-b(t-t^*)))$$

em que: Pt = peso estimado (g) ao tempo t (dias); Pm = peso (g) à maturidade; t = idade (dias); b = taxa de maturidade (g/dia por g); t* = idade do máximo crescimento (dias).

A taxa de crescimento (TC) das codornas foi estimada pela derivada da função Gompertz:

$$TC = Pm \cdot b \cdot (\exp(-\exp(-b(t-T)))) \cdot (\exp(-b(t-T)))$$

As estimativas de peso à maturidade (Pm), taxa de maturidade (b) e idade na maturidade (t*) foram submetidos à análise de variância utilizando o procedimento ANOVA do SAS (Statistical Analysis System, versão 9.4) e as médias comparadas pelo teste de Tukey (P<0,05).

3. Resultados

3.1 Peso corporal e de penas

Os planos nutricionais não afetaram nenhum parâmetro do modelo de Gompertz (Tabela 2) para peso corporal no ambiente de 25°C, mas afetaram no ambiente de 35°C, em que o PN2 (213,50^B g) reduziu o peso à maturidade (Pm) em comparação com PN1 e PN3 (231,20^A e 229,60^A g), respectivamente. Apenas as aves que receberam o PN2, tiveram diminuição do peso corporal (P=0,001) no ambiente com 35°C em comparação ao ambiente com 25°C (235,2^a g vs. 213,50^b g, respectivamente).

Tabela 2. Estimativa dos parâmetros da equação de Gompertz para peso corporal e peso de penas de codornas japonesas alimentadas com diferentes planos nutricionais (P) em diferentes temperaturas de alojamento (T)

Planos	Pm (g)		b (por dia)		t* (dias)		p-valor			
	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	P	T	PxT	
PESO CORPORAL										
PN1	230,20	231,20 ^A	0,058 ^a	0,052 ^b	20,21 ^b	21,55 ^a	Pm	0,092	0,022	0,014
PN2	235,20 ^a	213,50 ^{bB}	0,057 ^a	0,055 ^b	20,47	20,25	b	0,375	0,001	0,054
PN3	237,60	229,60 ^A	0,057 ^a	0,053 ^b	20,76	21,50	t*	0,075	0,009	0,021
EPM	6,60		0,001		0,520					
PENAS										
PN1	7,83 ^a	7,60 ^b	0,163	0,172	9,05 ^a	8,97 ^b	Pm	0,626	0,047	0,452
PN2	8,00 ^a	7,26 ^b	0,152	0,168	10,33 ^a	9,12 ^b	b	0,710	0,310	0,956
PN3	7,97 ^a	7,73 ^b	0,152	0,162	10,31 ^a	9,59 ^b	t*	0,067	0,049	0,355
EPM	0,383		0,022		0,649					

PN1: Silva; Costa (2009), fase de um a 21 e de 22 a 39 dias de idade; PN2: Rostagno et al. (2017), fase de um a 14 e de 15 a 39 dias de idade; PN3: Silva; Costa (2009), fase de um a 39 dias. ns: não-significativo (p>0,05). Médias seguidas de diferentes letras maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem (p<0,05) estatisticamente pelo teste de Tukey. Pm: Peso à maturidade; b: Taxa à maturidade; t*: Idade do máximo crescimento.

O parâmetro b diminuiu no peso corporal das aves em 25°C em relação aquelas do ambiente de 35°C de, respectivamente, 0,058^a para 0,052^b g/dia (PN1); 0,057^a a 0,055^b g/dia (PN2); e 0,057^a a 0,053^b g/dia (PN3). O PN1 atrasou a idade à maturidade em 1,3 dias para codornas no ambiente de calor (20,21^b vs. 21,55^a dias) (P<0,022).

Observou-se maior taxa de crescimento (Tabela 3) em codornas alimentadas com PN3 em conforto térmico, para peso corporal aos 20 dias (5,03 g/dia), e posteriormente, observou-se redução no ganho crescente de peso corporal em codornas (Figura 1a).

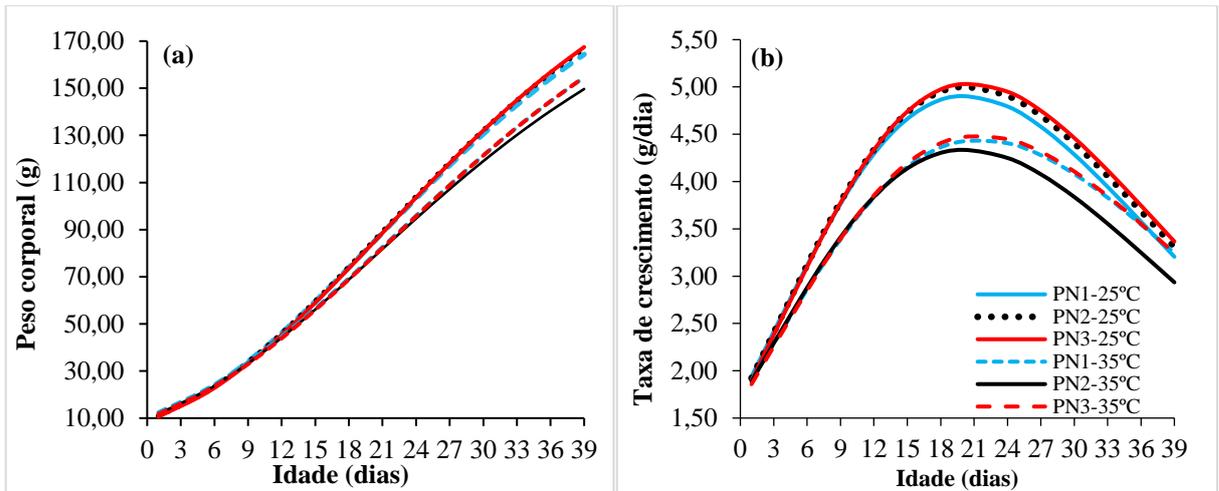


Figura 1. Curva (a) e taxa de crescimento (b) de peso corporal em codornas japonesas alimentadas com planos nutricionais submetidas a diferentes temperaturas de alojamento.

Para peso de penas, não houve interação nem efeito dos planos nutricionais, porém houve redução de peso e idade máxima ao crescimento de penas na temperatura de 35°C ($P=0,047$; $P=0,049$). Também é possível observar (Figura 2a e 2b) que as codornas que receberam o PN3 apresentaram maior curva de crescimento e PN1 maior taxa crescimento de penas nas duas temperaturas, respectivamente.

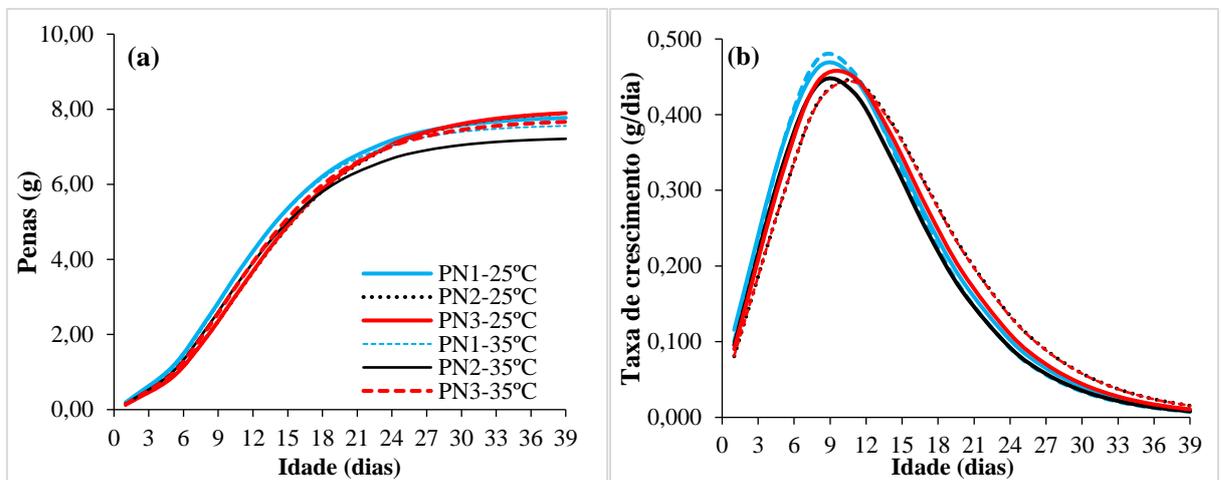


Figura 2. Curva (a) e taxa de crescimento (b) de penas em codornas japonesas alimentadas com planos nutricionais submetidas a diferentes temperaturas de alojamento.

Tabela 3. Taxa de crescimento para peso corporal e peso de penas de codornas japonesas alimentadas com diferentes planos nutricionais (P) em diferentes temperaturas de alojamento (T)

Dias	Peso corporal (g/dia)						Penas (g/dia)					
	PN1		PN2		PN3		PN1		PN2		PN3	
	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C
1	1,94	1,90	1,92	1,89	1,90	1,86	0,116	0,100	0,081	0,095	0,081	0,090
5	2,88	2,67	2,88	2,69	2,86	2,65	0,357	0,357	0,289	0,330	0,289	0,321
8	3,56	3,22	3,58	3,24	3,56	3,22	0,462	0,474	0,417	0,440	0,416	0,444
11	4,13	3,69	4,17	3,71	4,16	3,71	0,449	0,455	0,445	0,429	0,443	0,450
14	4,56	4,06	4,62	4,05	4,62	4,10	0,365	0,361	0,393	0,346	0,391	0,376
17	4,81	4,31	4,89	4,26	4,91	4,35	0,266	0,255	0,307	0,249	0,305	0,279
20	4,90	4,42	5,00	4,34	5,03	4,47	0,181	0,169	0,222	0,167	0,221	0,193
24	4,79	4,41	4,90	4,25	4,95	4,45	0,102	0,091	0,134	0,092	0,133	0,110
27	4,58	4,28	4,70	4,08	4,75	4,31	0,065	0,056	0,089	0,058	0,089	0,070
30	4,29	4,08	4,40	3,84	4,46	4,11	0,041	0,034	0,058	0,035	0,058	0,044
33	3,94	3,83	4,06	3,55	4,12	3,85	0,025	0,021	0,038	0,022	0,037	0,028
36	3,58	3,55	3,69	3,25	3,75	3,55	0,016	0,012	0,024	0,013	0,024	0,017
39	3,20	3,25	3,31	2,93	3,37	3,24	0,010	0,007	0,015	0,008	0,015	0,011

Plano Nutricional 1 (PN1), baseado nas recomendações das Tabelas para codornas japonesas e europeias (Silva; Costa, 2009) em duas fases de criação; Plano Nutricional 2 (PN2) com recomendação das Tabelas brasileiras para aves e suínos (Rostagno et al., 2017) em duas fases; e Plano Nutricional 3 (PN3) também baseado nas recomendações das Tabelas para codornas japonesas e europeias (Silva; Costa, 2009) para fase única.

3.2 Carcaça, Peito e Coxa+Sobrecoxa

Os pesos à maturidade das carcaças das codornas alimentadas com os planos nutricionais 2 e 3, foram maiores (117,90^A e 120,80^A) ($p < 0,05$), comparadas as do plano nutricional 1 (109,93^B). Também houve efeito ($p = 0,001$) ocasionado pelas temperaturas do ambiente. O Pm das carcaças foi maior no ambiente de 25°C em comparação às codornas alojadas no ambiente de estresse por calor, nos três planos nutricionais (Tabela 4). As aves que receberam o PN1 em 25°C apresentaram maiores valores de Pm de carcaça, cerca de 11,37% a mais, em comparação à temperatura de 35°C. Os demais planos nutricionais apresentaram superioridade de 7,6% (PN2) e 7,4% (PN3).

Tabela 4. Estimativa dos parâmetros da equação de Gompertz para peso de carcaça, peito e coxa + sobrecoxa de codornas japonesas alimentadas com diferentes planos nutricionais (P) em diferentes temperaturas de alojamento (T)

Planos	Pm (g)		b (por dia)		t* (dias)		p-valor			
	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	P	T	PxT	
CARCAÇA										
PN1	109,93 ^{ab}	88,63 ^{bb}	0,090 ^b	0,105 ^a	15,31 ^{ab}	13,09 ^b	Pm	0,001	0,001	0,065
PN2	117,90 ^{aA}	92,40 ^{bA}	0,085 ^b	0,100 ^a	16,34 ^{aA}	13,94 ^b	b	0,051	0,001	0,754
PN3	120,80 ^{aA}	92,63 ^{bA}	0,082 ^b	0,099 ^a	16,83 ^{aA}	13,88 ^b	t*	0,001	0,001	0,198
EPM	2,27		0,004		0,339					
PEITO										
PN1	37,57 ^a	32,03 ^b	0,095	0,102	16,50	15,01	Pm	0,113	0,001	0,167
PN2	40,70 ^a	32,57 ^b	0,090 ^b	0,105 ^a	17,68 ^a	15,65 ^b	b	0,054	0,001	0,204
PN3	38,20 ^a	30,33 ^b	0,096 ^b	0,116 ^a	16,82 ^a	14,49 ^b	t*	0,051	0,001	0,566
EPM	1,212		0,005		0,675					
COXA + SOBRECOXA										
PN1	23,43 ^a	19,93 ^{bb}	0,101 ^b	0,113 ^a	13,55 ^a	12,04 ^{bb}	Pm	0,023	0,001	0,325
PN2	24,56 ^a	21,66 ^{bAB}	0,093 ^b	0,103 ^a	14,65 ^a	13,42 ^{bAB}	b	0,054	0,026	0,391
PN3	24,17	22,33 ^A	0,097	0,099	14,35	13,60 ^A	t*	0,004	0,001	0,514
EPM	0,930		0,006		0,571					

PN1: Silva; Costa (2009), fase de um a 21 e de 22 a 39 dias de idade; PN2: Rostagno et al. (2017), fase de um a 14 e de 15 a 39 dias de idade; PN3: Silva; Costa (2009), fase de um a 39 dias. ns: não-significativo ($p > 0,05$). Médias seguidas de diferentes letras maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem ($p < 0,05$) estatisticamente pelo teste de Tukey. Pm: Peso à maturidade; b: Taxa à maturidade; t*: Idade do máximo crescimento.

De acordo com o parâmetro t*, animais que receberam dieta com PN1, foram mais precoces, cerca de 1,5 dias de idade em relação ao PN3 para peso de carcaça. Nas figuras 3, 4 e 5, estão ilustrados as curvas e taxas de crescimento e demonstram que o PN2 e PN3, tem peso superiores para as variáveis descritas.

Os parâmetros da equação Gompertz Pm e b de peito e Pm de coxa e sobrecoxa (Tabela 4), indicam que as codornas japonesas alojadas em 25°C têm maior peso e taxa à maturidade, ou seja, atingem precocemente o máximo crescimento corporal de peito e coxa+sobrecoxa. Os PN's afetaram ($p = 0,001$) o parâmetro t* para peso de coxa e sobrecoxa, em ambiente de estresse

por calor, em que PN3 aumentou em comparação ao PN1 (13,60^A vs. 12,04^B dias), não diferindo para peso de peito. O PN3 e PN1 ainda apresentaram maiores taxas de crescimento de coxa e sobrecoxa (0,870 e 0,862), em relação ao PN2 (0,839) (Figura 4b e Tabela 5).

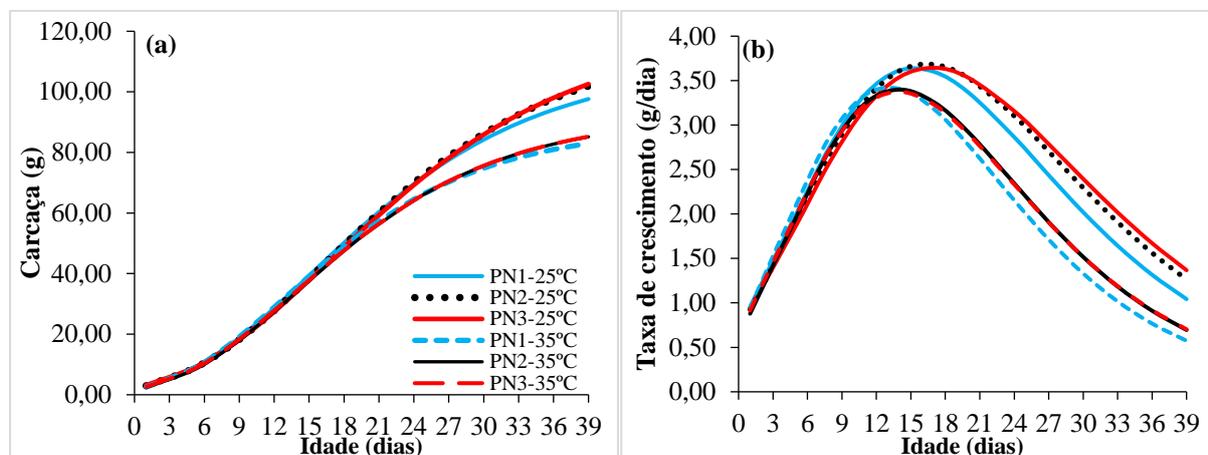


Figura 3. Curva (a) e taxa de crescimento (b) de carcaça em codornas japonesas alimentadas com planos nutricionais submetidas a temperaturas de alojamento.

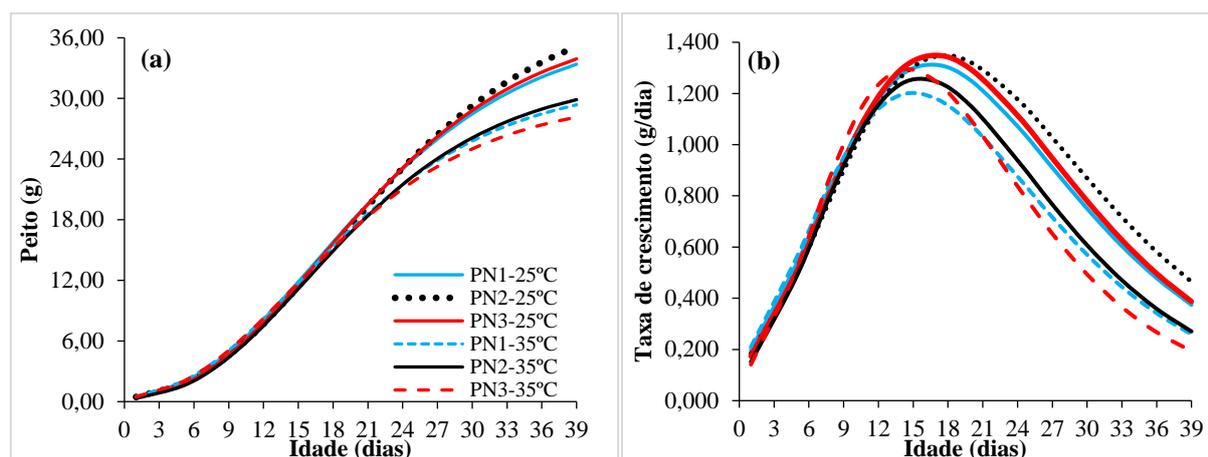


Figura 4. Curva (a) e taxa de crescimento (b) de peito em codornas japonesas alimentadas com planos nutricionais submetidas a temperaturas de alojamento.

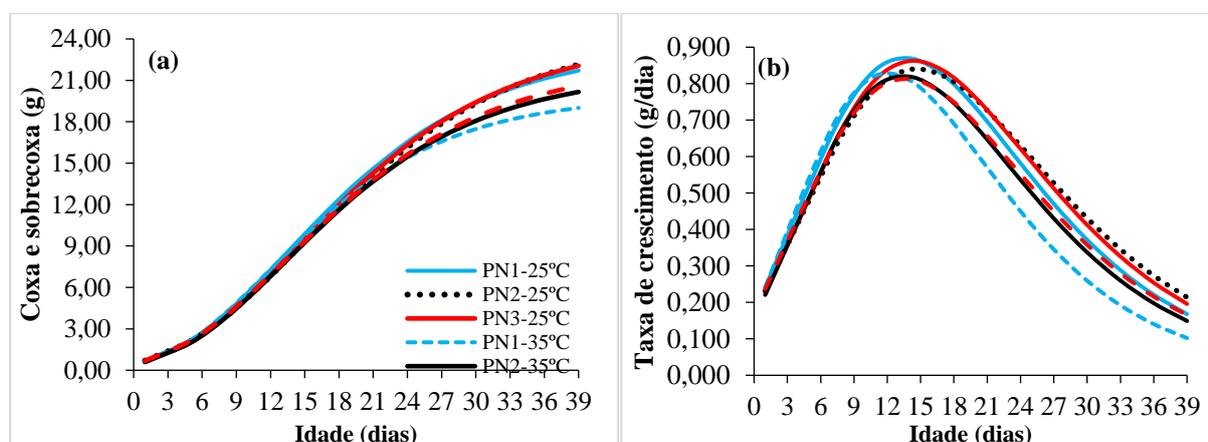


Figura 5. Curva (a) e taxa de crescimento (b) de coxa e sobrecoxa em codornas japonesas alimentadas com planos nutricionais submetidas a temperaturas de alojamento.

Tabela 5. Taxa de crescimento para carcaça, peito e coxa + sobrecoxa de codornas japonesas alimentadas com diferentes planos nutricionais (P) em diferentes temperaturas de alojamento (T)

Dias	Carcaça (g/dia)						Peito (g/dia)						Coxa e sobrecoxa (g/dia)					
	PN1		PN2		PN3		PN1		PN2		PN3		PN1		PN2		PN3	
	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C
1	0,96	0,94	0,93	0,88	0,93	0,92	0,199	0,210	0,185	0,151	0,174	0,141	0,241	0,241	0,231	0,220	0,222	0,237
5	1,99	2,10	1,91	1,96	1,87	1,99	0,540	0,565	0,501	0,491	0,509	0,523	0,524	0,544	0,482	0,491	0,488	0,497
8	2,77	2,88	2,67	2,74	2,60	2,74	0,850	0,865	0,802	0,819	0,830	0,894	0,719	0,733	0,663	0,679	0,682	0,675
11	3,34	3,34	3,27	3,24	3,18	3,23	1,115	1,092	1,078	1,092	1,116	1,178	0,840	0,823	0,788	0,793	0,813	0,784
14	3,61	3,41	3,61	3,40	3,54	3,37	1,273	1,195	1,267	1,238	1,296	1,292	0,870	0,810	0,839	0,819	0,862	0,813
17	3,60	3,18	3,68	3,26	3,64	3,23	1,312	1,179	1,345	1,246	1,349	1,245	0,825	0,726	0,822	0,773	0,837	0,773
20	3,37	2,78	3,53	2,92	3,53	2,90	1,249	1,077	1,320	1,150	1,293	1,095	0,732	0,610	0,756	0,682	0,760	0,690
24	2,86	2,15	3,10	2,34	3,16	2,33	1,072	0,876	1,177	0,939	1,114	0,838	0,582	0,450	0,630	0,536	0,621	0,552
27	2,44	1,71	2,70	1,91	2,79	1,90	0,910	0,716	1,028	0,767	0,947	0,652	0,470	0,345	0,527	0,430	0,513	0,450
30	2,02	1,33	2,29	1,52	2,40	1,52	0,750	0,570	0,869	0,607	0,780	0,493	0,372	0,259	0,431	0,337	0,413	0,358
33	1,64	1,02	1,91	1,18	2,02	1,19	0,604	0,445	0,717	0,471	0,628	0,366	0,288	0,192	0,346	0,260	0,326	0,280
36	1,32	0,77	1,56	0,91	1,67	0,92	0,479	0,341	0,581	0,359	0,496	0,267	0,221	0,141	0,273	0,198	0,254	0,216
39	1,04	0,57	1,26	0,69	1,37	0,70	0,374	0,259	0,464	0,270	0,387	0,193	0,168	0,102	0,214	0,149	0,196	0,165

Plano Nutricional 1 (PN1), baseado nas recomendações das Tabelas para codornas japonesas e europeias (Silva; Costa, 2009) em duas fases de criação; Plano Nutricional 2 (PN2) com recomendação das Tabelas brasileiras para aves e suínos (Rostagno et al., 2017) em duas fases; e Plano Nutricional 3 (PN3) também baseado nas recomendações das Tabelas para codornas japonesas e europeias (Silva; Costa, 2009) para fase única.

3.3 Coração, Moela e Fígado

Os planos nutricionais não afetaram nenhum parâmetro do modelo de Gompertz (Tabela 6) para peso de coração e moela. O estresse por calor influenciou na redução da curva de crescimento de moela (Pm e t*) e fígado (Pm) (P=0,001) das codornas alimentadas pelo PN1.

Tabela 6. Estimativa dos parâmetros da equação de Gompertz para peso de vísceras comestíveis de codornas japonesas alimentadas com diferentes planos nutricionais (P) em diferentes temperaturas de alojamento

Planos	Pm (g)		b (por dia)		t* (dias)			p-valor		
	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C		P	T	PxT
CORAÇÃO										
PN1	1,80	1,53	0,085	0,073	15,09	14,25	Pm	0,682	0,101	0,190
PN2	1,80	1,63	0,083 ^a	0,062 ^b	14,63	15,03	b	0,526	0,045	0,197
PN3	1,96	1,50	0,073	0,074	15,66	12,60	t*	0,648	0,088	0,115
EPM	0,135		0,009		1,335					
MOELA										
PN1	3,73 ^a	3,00 ^b	0,085	0,083	9,52 ^a	6,44 ^b	Pm	0,979	0,001	0,118
PN2	3,40	3,00	0,098	0,082	8,40	7,22	b	0,341	0,384	0,372
PN3	3,43	3,03	0,100	0,084	8,06	6,97	t*	0,888	0,004	0,109
EPM	0,279		0,202		1,273					
FÍGADO										
PN1	8,00 ^{aA}	5,40 ^b	0,057 ^B	0,055	21,60 ^A	21,01	Pm	0,001	0,001	0,103
PN2	5,47 ^B	5,10	0,091 ^{aA}	0,065 ^b	15,71 ^B	18,51	b	0,001	0,020	0,104
PN3	6,47 ^B	5,57	0,060 ^B	0,064	18,69 ^A	19,33	t*	0,002	0,221	0,207
EPM	0,452		0,006		1,569					

PN1: Silva; Costa (2009), fase de um a 21 e de 22 a 39 dias de idade; PN2: Rostagno et al. (2017), fase de um a 14 e de 15 a 39 dias de idade; PN3: Silva; Costa (2009), fase de um a 39 dias. ns: não-significativo (p>0,05). Médias seguidas de diferentes letras maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem (p<0,05) estatisticamente pelo teste de Tukey. Pm: Peso à maturidade; b: Taxa à maturidade; t*: Idade do máximo crescimento.

O parâmetro b diminuiu o peso de fígado, no ambiente de conforto para o ambiente de 35°C, 0,091^a a 0,065^b g/dia em PN2, ou seja, o estresse por calor, diminuem à taxa de maturidade, porém, não foi verificado para os demais planos, ou seja, mesmo em altas temperaturas, apresentam taxa de maturidade similar ao ambiente de 25°C.

Observou-se maior taxa de crescimento (figura 6b e 8b) de codornas alimentadas com PN1 em conforto térmico, sendo que para coração foi aos 14 dias (0,056 g/dia) e fígado aos 17 dias (0,167 g/dia); ainda no conforto térmico, foi observada maior taxa de crescimento com o PN3 para moela (Figura 7b) aos 8 dias (0,126g/dia). No ambiente de 35°C, as aves alimentadas com ração do PN1, apresentaram maior taxa de crescimento de coração e moela (0,041 e 0,092 g/dia) e o PN3 para fígado (0,131 g/dia) (Tabela 7).

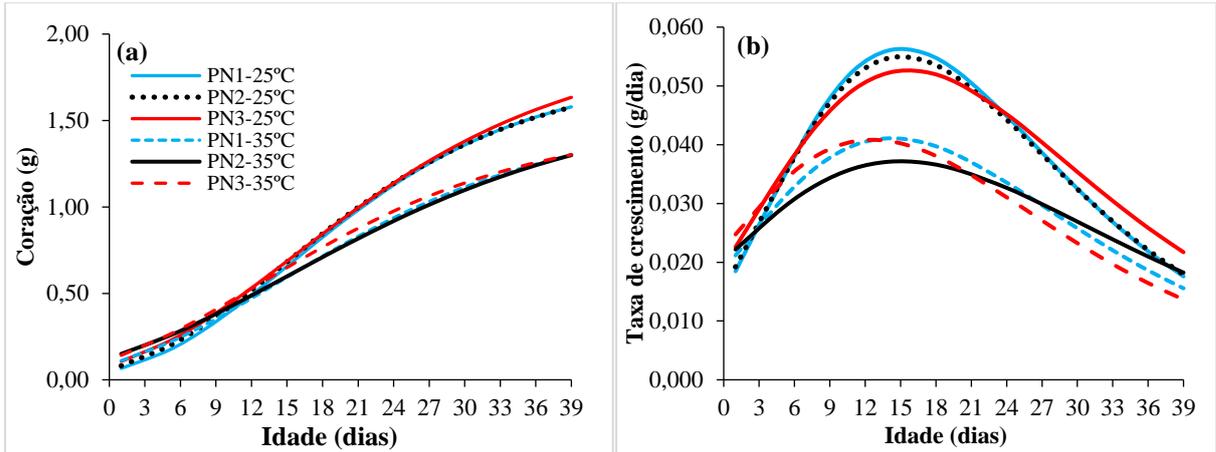


Figura 6. Curva (a) e taxa de crescimento (b) de coração em codornas japonesas alimentadas com planos nutricionais submetidas a temperaturas de alojamento.

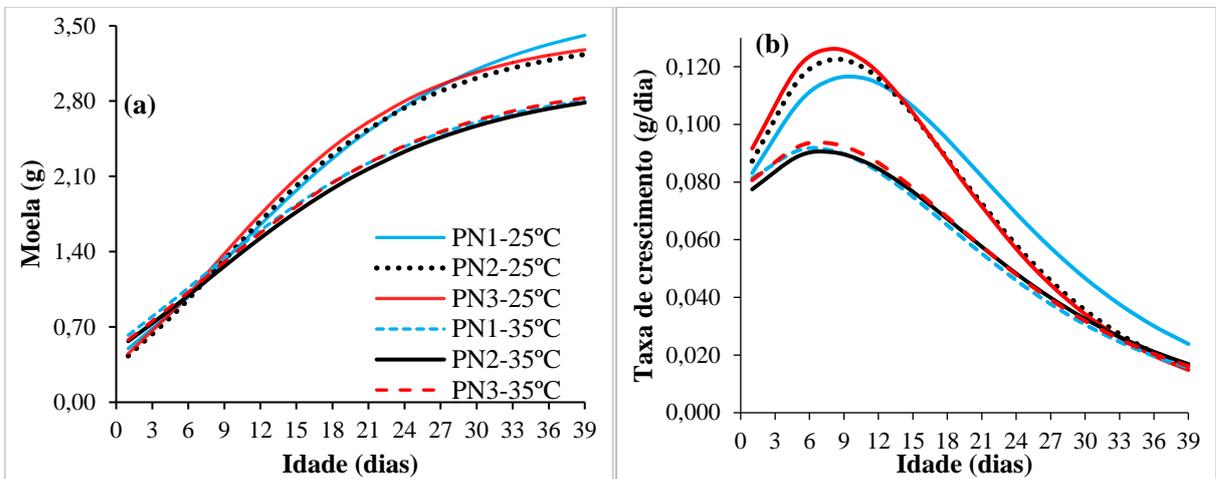


Figura 7. Curva (a) e taxa de crescimento (b) de moela em codornas japonesas alimentadas com planos nutricionais submetidas a temperaturas de alojamento.

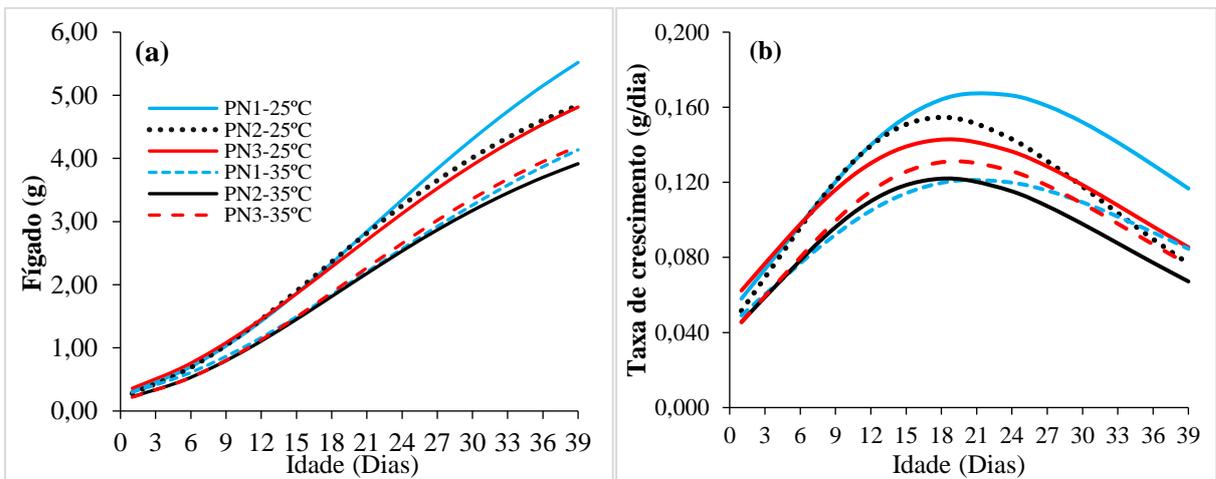


Figura 8. Curva (a) e taxa de crescimento (b) de fígado em codornas japonesas alimentadas com planos nutricionais submetidas a temperaturas de alojamento.

Tabela 7. Taxa de crescimento para peso de coração, moela e fígado de codornas japonesas alimentadas com diferentes planos nutricionais em diferentes temperaturas de alojamento

Dias	Coração (g/dia)						Moela (g/dia)						Fígado (g/dia)					
	PN1		PN2		PN3		PN1		PN2		PN3		PN1		PN2		PN3	
	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C
1	0,018	0,021	0,019	0,022	0,023	0,025	0,083	0,081	0,087	0,077	0,092	0,081	0,058	0,049	0,052	0,046	0,062	0,045
5	0,034	0,031	0,034	0,029	0,035	0,034	0,107	0,091	0,115	0,089	0,120	0,092	0,089	0,071	0,087	0,072	0,091	0,073
8	0,045	0,036	0,044	0,033	0,044	0,038	0,116	0,092	0,122	0,090	0,126	0,092	0,113	0,087	0,113	0,091	0,110	0,093
11	0,053	0,040	0,052	0,036	0,049	0,041	0,116	0,086	0,119	0,087	0,121	0,089	0,134	0,101	0,134	0,106	0,126	0,111
14	0,056	0,041	0,055	0,037	0,052	0,040	0,109	0,078	0,108	0,080	0,109	0,081	0,150	0,112	0,148	0,116	0,137	0,123
17	0,056	0,040	0,054	0,037	0,052	0,039	0,099	0,068	0,093	0,070	0,093	0,071	0,162	0,118	0,153	0,121	0,142	0,130
20	0,052	0,038	0,051	0,036	0,050	0,036	0,086	0,058	0,078	0,061	0,077	0,061	0,167	0,121	0,153	0,121	0,142	0,131
24	0,045	0,034	0,044	0,033	0,045	0,031	0,069	0,046	0,058	0,048	0,057	0,048	0,166	0,120	0,143	0,115	0,136	0,126
27	0,039	0,030	0,038	0,030	0,040	0,027	0,057	0,038	0,046	0,040	0,044	0,039	0,161	0,116	0,131	0,107	0,128	0,118
30	0,033	0,026	0,032	0,027	0,035	0,023	0,047	0,031	0,036	0,033	0,034	0,032	0,152	0,109	0,118	0,098	0,119	0,109
33	0,027	0,022	0,027	0,024	0,030	0,020	0,038	0,025	0,027	0,026	0,026	0,026	0,141	0,102	0,104	0,088	0,108	0,098
36	0,022	0,019	0,022	0,021	0,026	0,016	0,030	0,020	0,021	0,021	0,020	0,020	0,129	0,093	0,090	0,077	0,096	0,087
39	0,018	0,016	0,018	0,018	0,022	0,014	0,024	0,016	0,016	0,017	0,015	0,016	0,117	0,085	0,077	0,067	0,085	0,076

Plano Nutricional 1 (PN1), baseado nas recomendações das Tabelas para codornas japonesas e europeias (Silva; Costa, 2009) em duas fases de criação; Plano Nutricional 2 (PN2) com recomendação das Tabelas brasileiras para aves e suínos (Rostagno et al., 2017) em duas fases; e Plano Nutricional 3 (PN3) também baseado nas recomendações das Tabelas para codornas japonesas e europeias (Silva; Costa, 2009) para fase única.

4. Discussão

O uso de diferentes recomendações nutricionais influencia no crescimento das aves. Aves alimentadas com PN2 tiveram diminuição do peso à maturidade (Pm) em 35°C. O Pm está diretamente relacionado com fatores extrínsecos à produção, como os efeitos da nutrição e da temperatura ambiente que influenciam a forma da curva de crescimento, podendo apresentar pesos assintóticos distintos (NARINC et al., 2010; GOTUZZO et al., 2019). Além disso, a idade de troca da dieta de cria para recria entre os planos também pode ter sido determinante para o menor desempenho das codornas do PN2 (troca aos 14 dias), devido ao notável ganho de peso no terço final de crescimento (21 a 35 dias). Em relação aos ambientes térmicos, o de 35°C, reduz a taxa de maturidade e mostra que codornas japonesas não tolera um ambiente com temperatura de 35°C.

A curva de crescimento de penas foi mais precoce para PN3, e a taxa de crescimento para PN1 (em 25°C e 35°C), porém, inferiores para PN2. Pode-se explicar este fato, provavelmente, pelo maior nível de metionina + cistina digestível presente nas dietas PN1 (1 a 21 dias = 0,800%; 22 a 42 dias = 0,740%); PN3 (0,770%) em comparação ao PN2 (1 a 14 dias = 0,740%; 15 e 35 dias = 0,693%), visto que, os aminoácidos sulfurados (metionina e cistina) são destinados principalmente para a síntese proteica, sendo a metionina o primeiro limitante para as aves e, juntamente com a cistina atua na formação das penas, para o qual é direcionado aproximadamente 2% de metionina e 25% de cistina da dieta (LEESON; SUMMERS, 1997; PINTO et al., 2003), justificando o menor crescimento de penas para o PN2.

Ademais, o estresse por calor leva à produção de quantidades excessivas de espécies reativas de oxigênio, causando o estresse oxidativo, que danificam as membranas fosfolipídicas celulares e outras macromoléculas (RAJKUMAR et al., 2017; PU et al., 2020), além de piorar a conversão alimentar, reduz a qualidade e peso da carcaça, resultando em impactos econômicos (KAMEL et al., 2017). A metionina atua ainda na rota metabólica para a síntese da glutatona, que é uma enzima antioxidante, que age na diminuição do estresse oxidativo e das ações deletérias das espécies reativas ao oxigênio (MIAO et al., 2021; SANTANA et al., 2021). Por isso, de acordo com os resultados do estudo, o impacto da alta temperatura pode ter sido reduzido para aves alimentadas com PN1 e PN3.

As aves que receberam o PN2 e PN3 tiveram maior peso á maturidade e curva de crescimento para carcaça. Já os parâmetros da equação Gompertz Pm e b de peito e Pm de coxa e sobrecoxa indicam que as codornas japonesas alimentadas com PN3 e alojadas em 25°C têm maior peso e taxa à maturidade, ou seja, atingem precocemente o máximo crescimento corporal destes cortes. Estas características permitem indicar que as aves em ambiente de 25°C sejam

mais precoces que às alojadas em 35°C, ou seja, os parâmetros da curva de crescimento podem ser afetados tanto pela nutrição quanto pelas condições ambientais (KAPLAN; GÜRCAN, 2018).

As altas temperaturas podem causar diversas alterações fisiológicas adaptativas que resultam em modificação do tamanho dos órgãos (PORTO et al., 2021) como coração, moela e fígado. O menor peso de moela é justificado pela redução do consumo de ração, e conseqüentemente a diminuição dos movimentos mecânicos para quebra das partículas do alimento para a digestão. A redução dos órgãos das aves alojadas em 35°C pode ser também, pelo fato da elevada taxa metabólica e conseqüente alta produção de calor causada pelos órgãos internos, de modo que, a redução do peso pode ser um mecanismo de controle da temperatura gerada internamente. Além disso, o estresse térmico pode reduzir a concentração de triiodotironina, resultando na redução da deposição de proteína por meio do turnover de proteína em aves (SANTANA et al., 2021).

Os parâmetros do modelo de crescimento e seu significado biológico são muito úteis para inferência e previsão precisas de informações econômicas relacionadas à maturidade e ao ponto de inflexão em comparação com resultados de análises simples de características de crescimento, como pesos em diferentes idades (DUDUSOLA et al., 2019). O crescimento das aves é acelerado até uma certa idade representada pelo ponto de inflexão da curva (obtido pelo parâmetro t^* na função), no qual a taxa de crescimento é máxima (GRIESER et al., 2015). Após a inflexão, as aves diminuem lentamente seu crescimento, reduzindo gradativamente as taxas de ganho diário para atingir o peso adulto (P_m), o que provoca uma estabilização da curva de crescimento (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016).

As curvas de crescimento estimadas podem contribuir em pesquisas futuras e tomadas de decisões de manejo alimentar, auxiliando na definição de escolha do plano nutricional que mais se adequa à criação de codornas japonesas. Além disso, é evidente as alterações provocadas pelo aumento da temperatura do ambiente, indicando ainda, que codornas japonesas tem respostas diferentes a cada recomendação nutricional para cada temperatura.

5. Conclusão

A utilização de um plano nutricional composto por uma única dieta ofertada durante o período de um a 39 dias de criação, formulado com base nas recomendações das tabelas para codornas japonesas e europeias, é o mais indicado para estimar curvas de crescimento no modelo de Gompertz de codornas japonesas alojadas em 25°C ou 35°C.

6. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

7. Referências

- CARVALHO, L. C. et al. Genetic growth potential characterization in the Japanese quail: a meta-analysis. **Animals: An International Journal of Animal Bioscience**, v. 14, n. 2, p. 341–347, 2020. DOI: 10.1017/S1751731120001202.
- CRUVINEL, J. M. et al. Different dietary electrolyte balance values on performance, egg, and bone quality of Japanese quail (*Coturnix Coturnix Japonica*) under heat stress. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, n. 1, p. 17, 2020. DOI: 10.1007/s11250-020-02472-7.
- DUDUSOLA, I. O. et al. Modeling the growth curve of Japanese quail under different nutritional environments, **Nigerian Journal Animal Science**, v. 21, n. 2, p. 53-58, 2019.
- EMAM, A. Growth curves models in two lines of Japanese quail selected for high body weight. **Egyptian Poultry Science Journal**, v. 40, n. 4, p. 915–928, 2021. DOI: 10.21608/epsj.2021.135682.
- GOEL, A. Heat stress management in poultry. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 105, n. 6, p. 1136–1145, 2021. DOI: 10.1111/jpn.13496.
- GOMPERTZ, B. On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies. In a letter to Francis Baily, Esq. F. R. S. &c. **Philosophical transactions of the Royal Society of London**, v. 115, n. 0, p. 513–583, 1825.
- GOTUZZO, A. G. et al. Bayesian hierarchical model for comparison of different nonlinear function and genetic parameter estimates of meat quails. **Poultry Science**, v. 98, n. 4, p. 1601–1609, 2019. DOI: 10.3382/ps/pey548.
- GRIESER, D. O. et al. Estimation of growth parameters of body weight and body nutrient deposition in males and females of meat- and laying-type quail using the Gompertz model. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 47, n. 0, 2018. DOI: 10.1590/rbz4720170083.
- GRIESER, D. O. et al. Comparison of growth curve parameters of organs and body components in meat- (*Coturnix coturnix coturnix*) and laying-type (*Coturnix coturnix japonica*) quail show interactions between gender and genotype. **British Poultry Science**, v. 56, n. 1, p. 6–14, 2015. DOI: 10.1080/00071668.2014.988602.
- HOSSEINI, F. et al. Normal ultrasonographic images of reproductive organs of female Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*): a laboratory animal model. **Laboratory Animals**, v. 51, n. 1, p. 75–84, 2017. DOI: 10.1177/0023677215625607.
- KAMEL, N. N. et al. Depression of leukocyte protein synthesis, immune function and growth performance induced by high environmental temperature in broiler chickens. **International Journal of Biometeorology**, v. 61, n. 9, p. 1637–1645, 2017. DOI: 10.1007/s00484-017-1342-0.
- KAPLAN, S.; GÜRCAN, E. K. Comparison of growth curves using non-linear regression function in Japanese quail. **Journal of Applied Animal Research**, v. 46, n. 1, p. 112–117, 2018. DOI: 10.1080/09712119.2016.1268965.

- KARADAVUT, U.; SAHIN, A.; TASKIN, A.; AKILLI, A. Investigation of possibilities as selection criteria single and multiphase growth in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). **Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi**, 1:539-546, 2014. Disponível em: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/142122>.
- KARADAVUT, U.; TASKIN, A.; GENC, S. Comparison of growth curve models in Japanese quail raised in cages enriched with different colored lights. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, n. 11, p. 839–846, 2017. DOI: 10.1590/s1806-92902017001100002.
- LEESON, S.; SUMMERS, J. D. Feeding promkgrams for broilers. In: *Comercial Poultry Nutrition*. 2 ed. p.350, 1997.
- MENDONÇA, D. S. et al. Different calcium sources on the productive performance and bone quality of meat quail. **Ciencia rural**, v. 52, n. 6, p. 1-7, 2022. DOI: 10.1590/0103-8478cr20210446.
- MIAO, Z. Q. et al. Dietary supplementation of methionine mitigates oxidative stress in broilers under high stocking density. **Poultry science**, v. 100, n. 8, p. 101231, 2021. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101231.
- NARINC, D. et al. Comparison of non-linear growth models to describe the growth in Japanese quail. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 9, n. 14, p. 1961–1966, 2010. DOI: 10.3923/javaa.2010.1961.1966.
- PINTO, R. et al. Exigência de metionina mais cistina para codornas japonesas em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 5, p. 1174–1181, 2003. DOI: 10.1590/S1516-35982003000500018.
- PORTO, M. L. et al. Incubation variables, performance, and morphometry of the duodenal mucosa of Japanese quails (*Coturnixcoturnix japonica*) submitted to different incubation temperatures and thermally challenged after hatching. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia**, v. 73, n. 2, p. 495–507, 2021. DOI: 10.1590/1678-4162-12052.
- PU, S. et al. The relation between liver damage and reproduction in female Japanese quail (*Coturnix japonica*) exposed to high ambient temperature. **Poultry science**, v. 99, n. 9, p. 4586–4597, 2020. DOI: 10.1016/j.psj.2020.05.025.
- RAJKUMAR, U. et al. Effect of supplemental trace minerals on Hsp-70 mRNA expression in commercial broiler chicken. **Animal Biotechnology**, v. 29, n. 1, p. 20-25, 2017.
- ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4. ed. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia/UFV, 488p. 2017.
- SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2016. 262 p.
- SANTANA, T. P. et al. Effect of prenatal ambient temperature on the performance physiological parameters, and oxidative metabolism of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) layers exposed to heat stress during growth. **Scientific reports**, v. 11, n. 1, 2021. DOI: 10.1038/s41598-021-89306-0.
- SANTOS, T. C. et al. Productive performance and surface temperatures of Japanese quail exposed to different environment conditions at start of lay. **Poultry science**, v. 98, n. 7, p. 2830–2839, 2019. DOI: 10.3382/ps/pez068.
- SAS. SAS User's Guide: statistics. 8th ed. Institute Incorporation, Statistical Analisys System. [S.1] 2001.

SILVA, E. P. DA et al. Adjustment of growth parameters for the major body components of pullets. **Ciência Agrônômica**, v. 47, n. 3, p. 572–581, 2016. DOI: 10.5935/1806-6690.20160069.

SILVA, E. P. et al. Lysine requirements of laying hens. **Livestock science**, v. 173, p. 69–77, 2015. DOI: 10.1016/j.livsci.2015.01.005.

SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P. **Tabela para codornas japonesas e europeias**. 2.ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2009. 110p.

CONSIDERAÇÕES E IMPLICAÇÕES FINAIS

As pesquisas foram desenvolvidas baseando-se na avaliação do efeito de diferentes recomendações nutricionais e temperaturas para codornas japonesas na fase inicial e de crescimento. No primeiro experimento foi possível observar que escolha do plano de nutrição de codornas japonesas em crescimento deve incluir uma análise da temperatura ambiente, o escalonamento de troca de rações, a composição nutricional e análise econômica das dietas.

Na segunda parte, foram estimados os parâmetros da função Gompertz para descrição da curva e taxa de crescimento corporal, penas, cortes e vísceras comestíveis de codornas. Tais informações são fundamentais para avanços genéticos e nutricionais.

As curvas de crescimento estimadas podem contribuir em pesquisas futuras e tomadas de decisões de manejo alimentar, com menor custo, auxiliando na definição de escolha do plano nutricional que mais se adequa à criação de codornas japonesas. Além disso, é evidente as alterações provocadas pelo aumento da temperatura do ambiente, indicando ainda, que codornas japonesas, tem respostas diferentes, a cada recomendação nutricional.

O uso da recomendação descrita nas tabelas para codornas japonesas e europeias (Silva e Costa, 2009), em fase única pode ser uma alternativa importante em regiões de clima quente, diminuindo ainda a mão de obra e os custos, por ser formulada apenas uma dieta de 1 a 39 dias.