



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

ADALGISA HERBSTER BRASIL FLORENTINO

**INFLUÊNCIAS DA GLÂNDULA PARACLOACAL SOBRE CARACTERÍSTICAS
COMPORTAMENTAIS E FERTILIDADE EM MACHOS DE CODORNA DE CORTE**

FORTALEZA

2019

ADALGISA HERBSTER BRASIL FLORENTINO

INFLUÊNCIAS DA GLÂNDULA PARACLOACAL SOBRE CARACTERÍSTICAS
COMPORTAMENTAIS E FERTILIDADE EM MACHOS DE CODORNA DE CORTE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Zootecnia. Área de concentração: Produção e Melhoramento Animal.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Pinheiro da Silva

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F655i Florentino, Adalgisa Herbster Brasil.
Influências da glândula paracloacal sobre características comportamentais e fertilidade em machos de codorna de corte / Adalgisa Herbster Brasil Florentino. – 2019.
39 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2019.
Orientação: Prof. Dr. Luciano Pinheiro da Silva.

1. Agressividade. 2. Área de glândula paracloacal. 3. Coturnix. 4. Fertilidade. I. Título.

CDD 636.08

ADALGISA HERBSTER BRASIL FLORENTINO

INFLUÊNCIAS DA GLÂNDULA PARACLOACAL SOBRE CARACTERÍSTICAS
COMPORTAMENTAIS E FERTILIDADE EM MACHOS DE CODORNA DE CORTE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Zootecnia. Área de concentração: Produção e Melhoramento Animal

Aprovada em: 22/10/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luciano Pinheiro da Silva (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Sônia Maria Pinheiro de Oliveira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Carla Renata Figueiredo Gadelha
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

À minha família.

AGRADECIMENTOS

A DEUS por mais uma batalha árdua vencida e por mais esse sonho conquistado.

À FUNCAP pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Ao Prof. Dr. LUCIANO, pela excelente orientação, dedicação, conhecimento repassado e paciência.

Às professoras participantes da banca examinadora SÔNIA e CARLA pelo tempo, pelas valiosas colaborações e importantes sugestões.

À minha mãe NORMA, meu filho KELVIN, meu irmão Emanuel, D^a. JARINA e SR. JANIVAL por estarem comigo por toda minha caminhada e sendo meu alicerce sempre.

Aos meus amigos e amigas particulares GLEICIANNE, CINTHIA, GERLANE, ALICE MARIA, GIOVANNA, CRIS e COLARES, minha prima-irmã CIBELE que tanto me apoiaram e me incentivaram a não desistir e amigo e professor particular de inglês ULISSES ALENCAR tão importante num momento crucial dessa etapa.

Ao meu amado, meu Ursão, WILSON NETO, por tanta compreensão, paciência comigo e usar as melhores palavras de força e conforto nos meus momentos de fraqueza.

Aos colegas da turma da pós-graduação JU IVO, JU FILETO, CLEANNE, RENNIX, SAMILLY, TUTIX, HÉCTOR e OTONIEL, entre outros, pelas reflexões, críticas, sugestões recebidas, apoio e pequenas fugas da pressão da responsabilidade.

Aos colegas da graduação CACÁ, WILL, MARCEL, BÁRBARA STEFANNY e SAMUEL importantes para o prosseguimento e conclusão deste trabalho.

Aos funcionários MÁRCIO da fábrica de ração e SR. CLÁUDIO do setor de avicultura por terem sido como anjos e sempre estarem à disposição ajudando quando solicitados.

RESUMO

A seleção intensa para ganho de peso em aves resulta em depreciação da capacidade reprodutiva dos animais. No entanto, medidas de eficiência reprodutiva são frequentemente de coleta cara ou complexa, necessitando de características simples para seleção de reprodutores. Área de glândula paracloacal é considerada uma boa indicadora de fertilidade, pois pode ser mensurada mais precocemente e sem necessidade de incubação, tornando-a menos dispendiosa. Este trabalho objetivou avaliar métodos para a medição da área da glândula paracloacal, quantificar a influência desta área sobre o comportamento sexual e fertilidade e avaliar parâmetros genéticos de área da glândula paracloacal, fertilidade e agressividade de machos férteis, além de obter estimativas de correlações entre estas características. Foram utilizados 116 machos de codorna japonesa, em que foram medidas a área da glândula paracloacal à campo, por índice de imagem ou por contorno da imagem, a fertilidade foi obtida pelos ovos coletados de cada duas fêmeas que acasalaram com cada macho e após a ovoscopia identificados como férteis ou não, agressividade, tentativas de monta, montas incompletas e montas completas foram medidas à campo. Para a análise entre medidas de glândula realizou-se teste de correlação de Pearson e Spearman e para associação entre área de contorno da glândula e fertilidade usou-se regressão logística e com as outras variáveis comportamentais a regressão de Poisson. A medida de glândula paracloacal à campo apresentou elevada correlação com a medida de contorno ($r > 0,90$), mostrando-se como alternativa à fenotipagem por imagem. Herdabilidades e correlações genéticas e ambientais entre as características foram estimadas usando amostragem de Gibbs. As correlações genéticas (erro padrão) foram 0,492 (0,471), 0,23 (0,496) e 0,339 (0,632) entre área de glândula paracloacal e agressividade, área glândula paracloacal e fertilidade, e agressividade e fertilidade, respectivamente. As estimativas de herdabilidade (intervalo de credibilidade) foram 0,39 (0,029-0,79), 0,35 (0,076-0,762) e 0,08 (0,008-0,219) para área de glândula paracloacal, agressividade e fertilidade, respectivamente. A área de glândula paracloacal apresentou-se como preditor adequado na regressão usando variáveis relacionadas ao comportamento de monta, porém com baixo ajuste quando se considera a predição da agressividade e da fertilidade. Os resultados obtidos mostraram que não há correlação significativamente diferente de zero entre fertilidade e área de glândula paracloacal e entre fertilidade e agressividade, mas a área de glândula está correlacionada geneticamente positivamente com a agressividade.

Palavras-chave: Agressividade. Área de glândula paracloacal. Coturnix. Fertilidade.

ABSTRACT

Intense selection for weight gain in birds results in depreciation of the reproductive capacity of the animals. However, reproductive efficiency measures are often expensive or complex to collect, requiring simple characteristics for breeding selection. Cloacal gland area is considered a good indicator of fertility as it can be measured earlier and without incubation, making it less expensive. This study aimed to evaluate methods for measuring the cloacal gland area, to quantify the influence of this area on sexual behavior and fertility and to evaluate genetic parameters of the cloacal gland area, fertility and aggressiveness of fertile males, and to obtain estimates of correlations between them. We used 116 male breeders, in which the cloacal area in the field was measured, by image index or image contour. fertile or not, aggressiveness, attempted mounts, incomplete mounts and complete mounts were measured in the field. For the analysis between gland measurements, Pearson and Spearman correlation test was performed and for association between gland contour area and fertility, logistic regression was used and Poisson regression with the other behavioral variables. The cloacal gland measurement in the field was highly correlated with the contour measurement ($r > 0.90$), being an alternative to image phenotyping. Heritabilities and genetic and environmental correlations between traits were estimated using Gibbs sampling. The genetic correlations (standard error) were 0.492 (0.471), 0.23 (0.496) and 0.339 (0.632) between cloacal gland area and aggressiveness, cloacal gland area and fertility, and aggressiveness and fertility, respectively. Heritability estimates (credibility range) were 0.39 (0.029-0.79), 0.35 (0.076-0.762) and 0.08 (0.008-0.219) for cloacal gland area, aggressiveness and fertility, respectively. The cloacal gland area was an adequate predictor for regression using variables related to breeding behavior, but with low adjustment when considering aggressiveness and fertility prediction. The results showed that there is no significantly nonzero correlation between fertility and cloacal gland area and between fertility and aggressiveness, but the gland area is positively correlated with aggressiveness.

Keywords: Aggressiveness. Cloacal gland area. Coturnix. Fertility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Regressões de Poisson tendo como variável independente a área real de glândula paracloacal e como variável resposta: A – tentativa de monta; B – montas incompletas; C – montas completas; D – agressividade relativa.....	32
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas no estudo	29
Tabela 2 – Correlações de Pearson (triangular superior) e Spearman (triangular inferior) entre as medidas morfométricas de glândula paracloacal de codornas de corte	29
Tabela 3 – Estimativas de parâmetros e medidas de qualidade de ajuste de modelos para predição de fertilidade e comportamentos sexuais em codornas de corte	30
Tabela 4 – Valores de média, mediana, intervalos de credibilidade (IC 95%) para características reprodutivas e comportamentais em codornas de corte.....	30
Tabela 5 – Correlações genéticas (acima da diagonal) e residuais (abaixo da diagonal) entre características reprodutivas e comportamentais de codornas de corte.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

GLM	Generalized Linear Model
OLS	Ordinary least squares
LH	Hormônio Luteinizante
DMA	Desvio Médio Absoluto
QME	Quadrado Médio do Erro
QTL	Quantitative Trait Loci

LISTA DE SÍMBOLOS

mm	Milímetros
mm ²	Milímetros quadrados
%	Porcentagem
kcal	Quilocalorias
r	Coeficiente de correlação
h ²	Herdabilidade

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1	Características reprodutivas e de comportamento sexual.....	17
2.2	Medidas de associação entre variáveis.....	19
2.3	Métodos para análise de variáveis categóricas.....	19
2.4	Estimação de parâmetros genéticos.....	20
2.5	Característica de Limiar.....	22
3	OBJETIVOS.....	24
3.1	Objetivos Gerais.....	24
3.2	Objetivos Específicos.....	24
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	25
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
6	CONCLUSÃO.....	35
	REFERÊNCIAS.....	36

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a produção de codornas tem se solidificado no Brasil registrando um avanço significativo na comercialização de seus produtos como ovos, carne, matrizes e o esterco (REIS, 2011). O aumento do interesse pela coturnicultura pode ser percebido pelo crescimento de estudos acadêmicos sobre questões de melhoramento genético, nutrição, manejo, equipamentos e tecnificação para a produção das aves e dos ovos (BERTECHINI, 2010).

A codorna japonesa está aumentando rapidamente em popularidade como animal de pesquisa devido seu pequeno tamanho, alta taxa de reprodução e curto intervalo de geração, sendo assim usadas como modelos para estudos genéticos em animais de produção (CUNNINGHAM & SIEGEL, 1978; MINVIELLE, 2004), mas para o estabelecimento de programas de melhoramento adequados é necessário o conhecimento das estimativas dos parâmetros genéticos tanto para as características produtivas, quanto para as características reprodutivas (MAGDA *et al.*, 2010).

Ultimamente consumidores de carne de codorna têm procurado por aves de maior tamanho de caraça e as granjas estão conseguindo atender a essa demanda, graças à genética, à nutrição e ao manejo adequado. As codornas de corte apresentam maior porte e são mais indicadas para essa produção por obterem maiores pesos na mesma idade de abate do que as codornas de postura, que têm sido utilizadas também para a produção de carne.

A seleção de aves para maior taxa de crescimento resulta em diminuição no desempenho reprodutivo causado pela correlação genética negativa existente entre essas duas características (SIEGEL *et al.*, 2009). Entretanto, na prática, empresas de genética de aves de corte baseiam-se em programas de seleção com múltiplas características incluindo tanto crescimento como reprodução (SZWACZKOWSKI, 2003).

O Brasil não dispõe de material genético de codornas, tanto para a produção de ovos como para a produção de carne, e ambos os sistemas de produção ficam na dependência de matrizes importadas (DIONELLO *et al.*, 2008). Para se obter materiais genéticos de qualidade, são necessários programas de melhoramento bem fundamentados, embasados em parâmetros genéticos acurados e precisos.

O desenvolvimento de material genético superior nos programas de melhoramento genético pode ser feito através de seleção e/ou acasalamento dos animais geneticamente superiores. Plantéis de reprodução formados a cada geração, a partir da seleção dos animais geneticamente superiores, são multiplicados para formar a próxima geração. As características

avaliadas em um programa de melhoramento genético para posterior seleção e/ou acasalamento, variam em função dos critérios e objetivos de cada programa (CRISPIM *et al.*, 2013).

Apesar de recentes avanços e do potencial de crescimento da coturnicultura, aspectos básicos da morfofisiologia do aparelho genital da codorna japonesa, alguns com possíveis implicações práticas, ainda não estão completamente descritos (LANNA, 2012). Poucos são os estudos sistemáticos sobre características histológicas e morfométricas do testículo de codornas japonesas durante a fase de desenvolvimento sexual e na fase adulta, particularmente nas condições tropicais (BATH & CHAUDHARI *et al.*, 2002).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Características reprodutivas e de comportamento sexual

O sistema reprodutivo de codornas japonesas macho (*Coturnix japonica*) é único entre as espécies aviárias devido à presença da glândula paracloacal dependente de andrógeno (KLEMM *et al.*, 1973). O desenvolvimento da glândula paracloacal e a produção de espuma, auxiliar à reprodução em codornas, dependem da estimulação da testosterona (SACHS, 1967; BALTHAZART *et al.*, 1979; MASSA *et al.*, 1980) e a hipertrofia dessa glândula tem alta correlação com o tamanho dos testículos, bem como com o nível da atividade sexual exercida pelos machos (COIL & WETHERBEE, 1959; SACHS, 1969).

A área da glândula paracloacal, ou índice de glândula paracloacal, é a área mensurada a partir do produto das dimensões dorsoventral e lateral e em codornas japonesas está positivamente correlacionado com o peso testicular, o nível de testosterona plasmática e fertilidade. O tamanho da glândula paracloacal pode ser usado como ferramenta não invasiva da atividade testicular e da capacidade de fertilização de codornas machos (MOHAN *et al.*, 2002; BISWAS *et al.*, 2007).

A capacidade de acasalamento tanto em galos quanto em codornas envolve a sincronização de padrões de estímulo-resposta que evoluiu para garantir a transferência bem-sucedida de sêmen do macho para a fêmea. A evidência de que a corte contém componentes agressivos que são distintos dos componentes sexuais é fornecida por estudos genéticos e fisiológicos.

O sucesso reprodutivo do acasalamento entre macho e fêmea de codornas depende de comportamentos mútuos entre o macho e a fêmea, dentre eles a agressividade dos machos, sendo que fêmeas tendem a preferir machos descritos como menos agressivos nas interações (OPHIR & GALEF, 2003), porém estes podem não ser os animais com mais descendentes, uma vez que a cópula forçada pode anular a preferência feminina (ADKINS-REGAN, 1995). Nas espécies animais têm-se a possibilidade de observações laboratoriais com controle experimental (DOMJAN *et al.*, 2003). As codornas japonesas tornaram-se uma das primeiras espécies utilizadas para estudos sobre comportamento sexual (MILLS *et al.*, 1997).

Em machos o comportamento sexual é muito dependente da produção de testosterona e este comportamento consiste em atitudes como cantar, pavonear e montar, características estas que podem ser contabilizadas (ADKINS & ALDER, 1972).

Para acasalar-se, o macho persegue e bica a fêmea, agarrando-a pelas penas na

parte de trás de sua cabeça e a arrasta por suas penas antes de prendê-la, montando nas costas dela e puxando-a pela cabeça para trás enquanto tenta o contato cloacal (MILLS *et al.*, 1997). Os machos podem coagir as fêmeas a acasalarem-se com eles e a coerção sexual provavelmente deve ser considerada como uma terceira forma de seleção sexual, juntamente com a competição intrasexual e a escolha intersexual (SMUTS & SMUTS, 1993).

A relação positiva entre frequência de acasalamento e tamanho da glândula paracloacal, quando considerada no contexto da associação entre agressividade relativa e sucesso de acasalamento, indica que a seleção para frequência de acasalamento em codornas japonesas modifica atividades fisiológicas e/ou comportamentais que comumente afetam a atividade de acasalamento, tamanho da glândula paracloacal e agressividade relativa (BERNON & SIEGEL, 1983).

Características econômicas importantes para a produção em codornas japonesas, como peso do animal, tiveram estimativas de parâmetros genéticos relatados por vários pesquisadores, porém em relação a características reprodutivas relativamente poucos estudos foram realizados (NARINC *et al.*, 2013) apesar de sua importância no sistema de produção.

Características de reprodução como fertilidade, eclodibilidade e mortalidade embrionária são fatores importantes que podem afetar número de pintos obtidos a partir de um reprodutor (NARINC *et al.*, 2013b).

A fertilidade é definida pelo número de ovos férteis de uma matriz e é determinada tanto por fatores genéticos como ambientais, como proporção macho : fêmea, idade dos pais, taxa de postura e condições climáticas. A fertilidade de macho normalmente apresenta herdabilidades baixas (WOLC *et al.*, 2009), o que leva a estratégias de melhoramento genético mais complexas e a intervenção com ações corretivas sobre as influências ambientais que afetam a fertilidade pode ser viável.

A fertilidade dos machos é uma característica de grande importância na produção de codornas, dado que número maior de machos é usado para garantia de fertilidade (NARINC *et al.*, 2013b) e a eficiência reprodutiva desses animais depende de vários fatores como nutrição, idade, sanidade e condições ambientais. Para o sucesso da fertilização das fêmeas, esses reprodutores devem estar aptos para realizar a monta nas fêmeas, além de estarem em boas condições físicas e conformação corporal adequada.

2.2 Medidas de associação entre variáveis

A correlação é um método estatístico usado para avaliar uma possível associação linear bidirecional e simétrica entre duas variáveis contínuas em que o coeficiente de correlação representa a força da associação entre estas variáveis. Os principais tipos de coeficientes de correlação são o coeficiente de correlação de Pearson e o coeficiente de correlação de Spearman. O coeficiente de Pearson pode ser afetado por valores extremos, o que influencia no resultado do relacionamento tornando-o inadequado quando uma ou ambas as variáveis não possuem distribuição normal. O coeficiente de Spearman retorna valores para a ordem das observações, sendo usado quando uma ou ambas variáveis não são distribuídas normalmente e apresenta robustez quando valores extremos estão presentes (MUKAKA, 2012).

Das técnicas de regressão, por outro lado, é possível obter a associação unidirecional entre variáveis explicativas (preditoras ou independentes) e variáveis resposta (preditas ou dependentes). Em casos específicos o coeficiente de correlação de Pearson ao quadrado é equivalente ao coeficiente de correlação da regressão. Porém esta extrapolação é limitada a relações lineares entre variáveis contínuas. Em casos de relação que não seja da forma linear (quadrática, cúbica, exponencial etc.) o coeficiente de correlação de Pearson não é uma medida confiável de associação.

2.3 Métodos para análise de variáveis categóricas

O método de regressão estimada por mínimos quadrados ordinários (OLS) não é adequada para estudar características de contagem como variável dependente (COXE *et al*, 2009). Quando a média da variável resposta é baixa este método produz resultados indesejáveis como erros padrão viesados.

O uso da regressão logística (logit) é recomendado para situações em que a variável dependente é binária e as independentes podem ser categóricas ou não. A função logit estima a probabilidade da variável dependente em função de outras variáveis em alto grau de confiabilidade, requerendo um pequeno número de suposições e facilitando a classificação dos indivíduos em categorias.

A regressão de Poisson é membro de uma família de análises conhecidas como o modelo linear generalizado ou GLM (DOBSON & BARNNET, 2008; FAHRMEIR & TUTZ, 2013; FOX, 2008; MCCULLAGH 2019; NELDER & WEDDERBURN, 1972). O GLM

generaliza a regressão OLS para uso com diferentes estruturas de erro e variáveis dependentes. A família de análises GLM pode fornecer resultados precisos para conjuntos de dados com variáveis dependentes binárias, ordenadas categóricas, de contagem e de tempo para falha (ou sucesso).

O GLM permite transformações na variável resposta, o que pode linearizar uma relação potencialmente não linear entre a variável dependente e os preditores. Na regressão de Poisson, os escores observados são contagens, e os escores previstos são logaritmos naturais das contagens. No GLM, existe uma função de transformação especial chamada função de ligação que relaciona os escores preditos com os escores observados. Na regressão de Poisson, a função de ligação é o logaritmo natural (COXE *et al.*, 2009).

A estimação de parâmetros para GLMs emprega métodos de máxima verossimilhança. A estimativa de máxima verossimilhança encontra os parâmetros da população que provavelmente produziram os dados observados (ENDERS, 2005).

Modelos usados frequentemente em análises genéticas quantitativas contemplam modelos lineares mistos (modelo animal), que consideram simultaneamente efeitos sistemáticos e genéticos. Estes modelos pressupõem normalidade dos erros, aditividade e homocedasticidade.

Características medidas como contagem violam as pressuposições do modelo animal clássico havendo duas alternativas para sua análise. Primeiro, a transformação dos dados observados, porém, nem sempre estas transformações garantem as pressuposições requeridas para modelagem (AYRES, 2012). Alternativamente, os GLM podem ser utilizados dada a flexibilidade destes modelos.

Dados de comportamento são geralmente registrados como características de contagem, enquanto a fertilidade é frequentemente binária, sendo que dados como estes não atendem pressuposições básicas para métodos que exigem normalidade. Neste caso os modelos lineares generalizados devem ser utilizados, por atribuírem a distribuição estatística específica mais adequada aos dados de contagem. Este trabalho visa avaliar métodos para a medição da área da glândula paracloacal e quantificar a influência desta área sobre o comportamento sexual e fertilidade dos machos de codorna.

2.4 Estimação de parâmetros genéticos

Programas de melhoramento genético visam a melhoria do desempenho em produção para características de importância econômica, sendo assim necessária a escolha

adequada dos objetivos e dos critérios de seleção. O objetivo de seleção provém da escolha dos atributos em que se deseja obter o ganho genético e o critério de seleção é a estratégia que será estabelecida para que o objetivo de seleção seja alcançado (KINGHORN *et al.*, 2006).

É importante ter o conhecimento sobre o desempenho e estimativas dos parâmetros genéticos das características candidatas a critérios de seleção antes de se estabelecer a direção a ser tomada. Os parâmetros genéticos de maior importância são a correlação genética e as variâncias genéticas aditivas e (quando significativas) as não aditivas.

Conhecer as correlações genéticas e fenotípicas entre as características reprodutivas facilita na seleção de machos férteis e exclusão de machos inférteis antes mesmo da coleta e incubação dos ovos, refletindo positivamente na redução dos custos de mão de obra. Este trabalho visou obter estimativas de herdabilidades e correlações genéticas para área de glândula paracloacal, fertilidade e agressividade relativa.

O conhecimento da herdabilidade é de fundamental importância para se estabelecer a estratégia de melhoramento genético adequado (STIVANIN *et al.* 2016). Os fatores genéticos podem ser aditivos ou não-aditivos e a razão entre a variância genética aditiva e a variância fenotípica é chamada de herdabilidade assumindo valores que compreendem o intervalo de 0,00 a 1,00 (1 a 100%).

Valores de herdabilidade podem ser categorizados como baixos (0,00 a 0,20), moderados (0,20 a 0,40) e altos (>0,40) (BOURDON, 2000). Algumas características de grande importância econômica possuem baixa herdabilidade, restringindo, por partes, o progresso do melhoramento genético por meio de seleção devido à pequena participação do componente aditivo na variabilidade genética. Porém, algumas dessas características podem estar associadas com outras que possuem herdabilidade mais elevadas. Essa associação é denominada correlação e pode ser usada como ferramenta aliando-a na exploração do melhoramento genético animal.

A correlação genética mede o grau de influência que os mesmos genes exercem sobre uma ou mais características (MARTINS & XIMENES, 2010). Esta ocorre devido ao pleiotropismo (FALCONER & MACKAY, 1996) e ao desequilíbrio de ligação (AMORIM *et al.*, 2008). A correlação fenotípica pode apresentar causas genéticas e ambientais, porém somente as causas genéticas são transmitidas para os descendentes e podem ser usadas em programas de melhoramento. Essas correlações genéticas e ambientais podem assumir diferentes magnitudes e sentido para uma mesma característica, o que indica que as causas dessas variações afetam a característica através de mecanismos diferentes (FALCONER & MACKAY, 1996).

Para estimar os parâmetros genéticos do comportamento de acasalamento das codornas japonesas com os das aves domésticas, procedimentos foram desenvolvidos para quantificar o comportamento de acasalamento em codornas japonesas.

Yang *et al* (1998), durante 40 gerações de seleção divergente em codornas japonesas para maior ou menor número cumulativo de montas completas (linha alta e linha baixa, respectivamente) reportaram agressividade relativa de 74,7% para a linha alta e 34,6% para a linha baixa, demonstrando existência de resposta correlacionada à seleção.

A relação positiva entre agressividade relativa e o número acumulado de cópulas concluídas ($r=0,95$) pode ser explicável no contexto do dimorfismo sexual para o peso corporal, em que os machos são menores que as fêmeas (BERNON & SIEGEL, 1983). Uma maior agressividade ativa dos machos pode aumentar a postura submissa pelas fêmeas e, assim, aumentar a probabilidade de montas, embora haja a possibilidade dos machos não concluírem a cópula devido a conformação corporal, impossibilitando o contato cloacal do macho com a fêmea (DUNCAN, HOCKING & SEAWRIGHT, 1990).

2.5 Característica de Limiar

Em melhoramento genético animal, quando se tem grandes amostras, pode-se adotar a estimação dos componentes de variâncias a partir da distribuição normal dos efeitos aleatórios, porém em pequenas amostras a distribuição pode não apresentar essa normalidade, sendo necessário o uso de metodologias que levem em consideração todas as informações dos animais e o tipo de distribuição dos dados. A amostragem de Gibbs pode ser uma ferramenta útil para a análise desses dados, pois propicia o uso da inferência Bayesiana obtendo as estimativas dos componentes de variância e conseqüentemente dos parâmetros genéticos.

Algumas características reprodutivas diferem das características produtivas por apresentarem distribuição descontínua. O princípio do modelo de limiar é baseado na pressuposição que a expressão fenotípica é determinada por uma variável contínua subjacente não observável. As análises de dados descontínuos dividem-se em dois grupos, onde o primeiro grupo inclui métodos que ignoram a natureza discreta dos dados categóricos e o procedimento linear é utilizado para as análises, como se os dados fossem contínuos e o segundo grupo inclui as características que estão associadas a uma variável subjacente não observável, que assumem uma distribuição normal e estão envolvidas no conceito de limiar. Assim, animais cujos valores fenotípicos na escala subjacente ultrapassam o limiar, aparecerão numa classe, enquanto os animais abaixo desse limiar aparecerão na outra classe.

A inferência estatística trabalha na presença de observações, em que, inicialmente, os valores incertos são descritos por meio de probabilidade e os parâmetros, ou seja, as variâncias dos componentes em estudo, é o valor o que importa e tem sentido exato dentro da inferência Bayesiana. Para a análise, deve-se ter alguma informação prévia sobre o parâmetro em estudo e esta informação deve ser incorporada aos dados (DA SILVA SANTOS *et al.*, 2012).

Ao incorporar um valor sobre o parâmetro à análise, através de uma densidade de probabilidade, está se denominando a densidade *a priori* que recebe este nome por ser a distribuição de probabilidade de parâmetro antes que se observem os dados e estes dados podem assumir valores escalares ou vetoriais.

O Teorema de Bayes pode ser utilizado como mecanismo estatístico sobre o parâmetro e assim pode ser visto como elemento essencial para a análise Bayesiana, pois toda inferência é feita a partir da densidade *posteriori*. A inferência Bayesiana tem a representação probabilística incerta e os conceitos de *priori* e *posteriori* são relativos às observações consideradas no momento do estudo, ou seja, para a inferência Bayesiana, o parâmetro é a variável aleatória e apresenta uma distribuição de probabilidade. Situações em que não há conformidade com o cenário clássico, onde muitos estudos genéticos se enquadram, os métodos Bayesianos podem ser especialmente úteis.

Com o menor uso das técnicas Bayesianas durante as décadas de 80 e 90, a solução para muitos problemas, antes não resolvidos devido à impossibilidade de resolução dessas integrais, foi possível após a descoberta da técnica Monte Carlo via Cadeias de Markov (MCMC), entretanto, novos problemas, relacionados à convergência das cadeias de Gibbs, foram questionados. Felizmente, esses novos problemas são facilmente manuseáveis, particularmente quando a distribuição dos dados é normal (BLASCO, 2017).

Os métodos MCMC são conjuntos de processos iterativos para a geração aproximada de amostras de distribuição multivariadas, sendo relevante para a geração seguinte e irrelevante na predição das variáveis futuras. Esses métodos tornaram-se importantes ferramentas computacionais na estatística Bayesiana, uma vez que geram cadeias de Markov por meio de simulação iterativa de Monte Carlo, cuja distribuição estacionária é a própria densidade a posteriori de interesse (SORENSEN & GIANOLA, 2007).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Analisar a eficiência do uso de informações anatômicas e comportamentais na melhoria da fertilidade em codornas de corte.

3.2 Objetivos Específicos

Avaliar o uso de variáveis alternativas com resposta correlacionada sobre a fertilidade (peso, glândula paracloacal e comportamento: tentativas de monta, montas completas ou não, agressividade e fertilidade);

Obter parâmetros genéticos das características reprodutivas (herdabilidade e correlações genéticas).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici – Fortaleza – Ceará. Os protocolos experimentais foram aprovados pelo Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA-UFC) da Universidade Federal do Ceará, sob o protocolo nº 7618301118.

Foram utilizados dados de 116 machos de codornas de corte (*Coturnix japonica*) de duas gerações de uma linhagem desenvolvida experimentalmente. Machos e fêmeas foram criados em piso, com cama de maravalha, pesados semanalmente do nascimento até o 42º dia de idade, quando foi feita a seleção baseada no peso corporal aos 28 dias e posteriormente sendo alojada uma fêmea por gaiola de reprodução com proporção de 1:2 (macho:fêmea). Os animais selecionados foram pareados com as fêmeas reprodutoras 30 dias antes do início da coleta de ovos, como período de adaptação, e a cada três dias era realizada a permuta do macho nas gaiolas para garantir que as fêmeas fossem fertilizadas e, assim, diminuir a possibilidade de não fertilização dos ovos postos por estas.

Água e ração foram fornecidas *ad libitum* em todas as fases de criação. A partir dos 42 dias, os animais receberam fotoperíodo crescente com luz artificial até completar 16 horas de luz diária. A ração fornecida aos animais no período reprodutivo continha 21% de proteína bruta e 2800 kcal de energia metabolizável, formulada de acordo com Silva e Costa (2009).

Aos 90 dias de idade, os ovos foram coletados diariamente, por um período de 10 dias, enumerados de acordo com o número da gaiola em que as fêmeas estavam alocadas, em seguida foram incubados por 14 dias. No décimo dia de incubação foi realizada a ovoscopia para identificar os ovos férteis e eliminar os inférteis. No 14º dia os ovos foram separados em telas plásticas com número único de identificação materna e transferidos para o nascedouro até a eclosão por volta do 17º dia.

A característica fertilidade foi registrada de forma binária, atribuindo valor zero (0) para ovo infértil e um (1) para ovo fértil e os registros das incubações de ovos das duas fêmeas em até 10 dias de postura foram registradas ligados à identificação individual de cada macho.

A mensuração do tamanho da glândula paracloacal foi realizada aos 60 dias de idade dos machos. A área quadrática da glândula, em mm², medida a campo com paquímetro (AP) foi calculada pelo produto entre a largura (lateral) e o comprimento (dorsoventral) da glândula, em mm, medida com o auxílio de um paquímetro digital definindo como registro o

valor mais aproximado da escala no aparelho.

Também foram realizadas imagens das glândulas obtidas por câmera fotográfica digital, para registro mais acurado. As mesmas medidas foram feitas com a ajuda do programa BIO7 (AUSTENFELD & BEYSCHLAG, 2012) juntamente com o programa Image J (RUEDEN *et al.*, 2019) usando a fotografia da glândula ao lado de uma régua milimetrada para escala e calculadas as áreas quadráticas através do produto entre a largura e o comprimento (AI), bem como a área baseada no contorno da imagem, considerada como a área real (AR).

Os ensaios em campo para a obtenção de dados da agressividade relativa e do comportamento de monta foram baseados nos procedimentos descritos por Sefton e Siegel (1975). A análise de comportamento de monta foi realizada no dia posterior ao da mensuração da glândula paracloacal. O procedimento consistiu em liberar um único macho em uma gaiola com três fêmeas por um período de oito minutos e registrar o número de tentativas de monta, montas incompletas e montas completas e, em seguida, os machos eram devolvidos às suas gaiolas de origem. Cada procedimento foi realizado cinco vezes com um intervalo mínimo de 24 horas entre cada ensaio. O número acumulado de cada comportamento somados ao longo dos cinco ensaios foi considerado como o registro de cada macho.

A agressividade relativa foi medida dois dias após o último teste de comportamento de monta. Dois machos eram pareados aleatoriamente em gaiolas neutras permanecendo num período de oito minutos, repetidos por cinco dias corridos, com um intervalo mínimo de 24 horas entre cada ensaio. Para este estudo, foi atribuído um ponto para os machos que apresentaram comportamento agressivo e zero para os que permaneceram sem manifestação deste comportamento. O número acumulado de comportamento agressivo ao longo dos cinco ensaios foi considerado como a observação para cada macho.

As relações entre as medidas de área real, área de paquímetro e área de imagem, bem como as medidas de comprimento dorsoventral e lateral obtidas com paquímetro foram estimadas pelos coeficientes de correlação de Pearson e de Spearman. Regressões tendo área real como variável independente e agressividade ou fertilidade como variável resposta foram estimadas através de regressão logística, usando modelo linear generalizado, adotando como família de distribuições a binomial, enquanto que para tentativas de monta, número de montas incompletas e completas como variável resposta foi usada a regressão de Poisson. Todas as análises foram executadas no programa R (R Core Team, 2019).

Herdabilidades, correlações genéticas e ambientais entre as características área de glândula paracloacal, fertilidade e agressividade foram estimadas usando o programa TM

(LEGARRA *et al.*, 2008). Os modelos ajustados com efeitos fixo de geração/eclosão, efeito genético aleatório de animal e efeito de ambiente permanente (somente para fertilidade) sendo sua forma matricial:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\mathbf{b} + \mathbf{Z}_a\mathbf{a} + \mathbf{Z}_c\mathbf{c} + \mathbf{e}$$

em que \mathbf{y} é o vetor de observações (área para cloacal, fertilidade e agressividade); \mathbf{X} é a matriz de incidência de efeitos fixos; \mathbf{b} é o vetor de efeitos fixos; \mathbf{Z}_a é a matriz de incidência de efeitos aleatórios aditivos; \mathbf{a} é o vetor de efeitos aleatórios aditivos seguindo distribuição normal $\sim N(0, \sigma_p^2)$; \mathbf{Z}_c é a matriz de incidência de efeitos de ambiente permanente; \mathbf{c} é o vetor de efeitos aleatórios de ambiente permanente (somente para a fertilidade); e \mathbf{e} é o vetor de resíduos.

A amostragem de MCMC Gibbs incluiu 200 mil cadeias. Amostras foram tomadas a cada iteração e as primeiras 130 mil amostras foram descartadas como *burn-in* e as 70 mil restantes foram usadas para as estimativas. O critério de Geweke (1992), que consiste em indicar a convergência da média, resultou em um valor p sempre maior que o nível de significância adotado de 5%.

Herdabilidades foram estimadas como:

$$h_i^2 = \frac{\sigma_{ai}^2}{\sigma_{ai}^2 + \sigma_{pi}^2 + \sigma_{ei}^2}$$

em que σ_{ai}^2 , σ_{pi}^2 e σ_{ei}^2 são as variâncias aditivas, de ambiente permanente e residuais para cada característica i . O modelo com medidas repetidas foi adotado somente para a característica fertilidade, considerando cada ovo como uma repetição para observação da fertilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estatísticas descritivas de medidas de glândula paracloacal de codornas de corte analisadas neste trabalho estão na Tabela 1. A fertilidade, como característica dicotômica, foi mensurada a cada ovo posto pela fêmea, resultando em número desigual de exposição para cada macho havendo em média 15,75 ovos postos pelas fêmeas (mínimo= 6, máximo= 23, desvio padrão= 4,08) e em relação à categoria de fertilidade foram em média 12,50 ovos férteis e 3,24 não férteis (mínimo= 0 e máximo= 21 em ambas categorias).

Correlações de Pearson e Spearman para medidas morfométricas de glândula estão na Tabela 2. Os valores de correlação de Pearson e Spearman apresentaram a mesma tendência, não apresentando grandes diferenças em magnitude. Em geral as variáveis obtidas pela área quadrática (de paquímetro e de imagem) foram mais correlacionadas entre si e menos com a área do contorno (área real).

A Tabela 3 contém as medidas de ajuste dos modelos e parâmetros das equações de predição. Variáveis relacionadas ao comportamento de monta em geral tiveram melhor ajuste de modelo. A agressividade, apesar do baixo pseudo- R^2 , apresentou baixos erros de predição, como indicado por seus baixos valores de DMA e QME. Para a fertilidade, houve baixo pseudo- R^2 e altos valores de QME. Usando a deviance como critério para avaliação de ajuste houve rejeição da hipótese nula ($p=0,45$).

Estimativas de herdabilidades com o intervalo de confiança estão descritos na Tabela 5 e as correlações genéticas e residuais encontram-se na Tabela 6. Representações gráficas da relação entre a área de glândula e variáveis comportamentais são apresentadas na Figura 1.

Tabela 1 – Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas no estudo.

Características	n	Mínimo	Máximo	Média	DP
LongP (mm)	116	9,63	26,44	18,75	4,51
DVP (mm)	116	9,29	20,97	15,15	2,81
AP (mm ²)	116	103,98	528,18	295,39	116,57
AI (mm ²)	112	127	482,90	296,83	90,56
LongI (mm)	112	11,62	26,90	19,38	4,05
DVI (mm)	112	10,67	20,52	16,05	2,38
AR (mm ²)	112	125,16	532,17	319,45	106,38
Tentativas de monta	115	0	46	6,97	9,28
Montas não completas	115	0	24	2,75	4,40
Montas completas	115	0	9	1,33	2,13
Agressividade	115	0	5	1,28	1,29
Fertilidade (%)	105	0	1	0,79	0,21

LongP=Medida Longitudinal de Paquímetro; DVP= Medida Dorsoventral de Paquímetro; AP =Área Quadrática de Paquímetro; AI=Área Quadrática de Imagem; LongI=Medida Longitudinal de Imagem; DVI=Medida Dorsoventral de Imagem; AR=Área Real; n= Número de Observações; DP = Desvio Padrão.

Tabela 2 – Correlações de Pearson (triangular superior) e Spearman (triangular inferior) entre as medidas morfométricas de glândula paracloacal de codornas de corte.

	AP	AI	AR	LongP	DVP	LongI	DVI
AP		0,967	0,902	0,973	0,965	0,961	0,890
AI	0,960		0,927	0,935	0,941	0,973	0,947
AR	0,897	0,925		0,882	0,891	0,887	0,907
LongP	0,975	0,932	0,862		0,894	0,965	0,828
DVP	0,962	0,940	0,886	0,891		0,900	0,923
LongI	0,958	0,966	0,875	0,962	0,895		0,860
DVI	0,884	0,949	0,906	0,825	0,919	0,855	

LongP=Medida Longitudinal de Paquímetro; DVP= Medida Dorsoventral de Paquímetro; AP =Área Quadrática de Paquímetro; AI=Área Quadrática de Imagem; LongI=Medida Longitudinal de Imagem; DVI=Medida Dorsoventral de Imagem; AR=Área Real. Todas as correlações foram estatisticamente significativas ($p < 0,01$).

Tabela 3 – Estimativas de parâmetros e medidas de qualidade de ajuste de modelos para predição de fertilidade e comportamentos sexuais em codornas de corte.

Características	β_0	β_1	Pseudo-R ²	DMA	QME
Fertilidade ¹	0,7691	0,0020	0,0338	303,57	100,090
Agressividade ²	-1,4039	0,0052	0,2259	0,9370	1,3866
Montas Completas ²	-2,6873	0,0090	0,6020	1,3431	4,2786
Montas não completas ²	-1,7374	0,0083	0,7882	2,5856	16,4037
Tentativas de monta ²	-0,5759	0,0078	0,9641	5,8955	69,448

DMA= Desvio Médio absoluto; QME=Quadrado médio do erro; ¹Modelo Binomial; ²Modelo de Poisson. Todos os parâmetros foram estatisticamente significativos ($p < 0,01$).

Tabela 4 – Valores de média, mediana, intervalos de credibilidade (IC 95%) para características reprodutivas e comportamentais em codornas de corte.

Características	Média	Mediana	IC 95%	
			LI	LS
Área (mm ²)	0,396	0,392	0,029	0,790
Agressividade	0,352	0,329	0,076	0,762
Fertilidade	0,079	0,067	0,008	0,219

Tabela 5 – Correlações genéticas (acima da diagonal) e residuais (abaixo da diagonal) entre características reprodutivas e comportamentais de codornas de corte.

	Área	Agressividade	Fertilidade
Área		0,492 (0,471)	0,233 (0,496)
Agressividade	-0,174 (0,301)		0,339(0,632)
Fertilidade	-0,001(0,254)	0,242(0,287)	

Para a fertilidade além dos efeitos aditivos e residuais, foi adicionado ao modelo o efeito de ambiente permanente, o qual sua fração em relação à variância fenotípica foi de 0,29 e erro padrão de 0,06.

A medida de área para cloacal mais verossímil é a mensurada através de seu contorno, sendo muitas vezes irregular. Embora por vezes aproxime-se de um formato elíptico, índices quadráticos de área de glândula apenas se aproximam da área real como

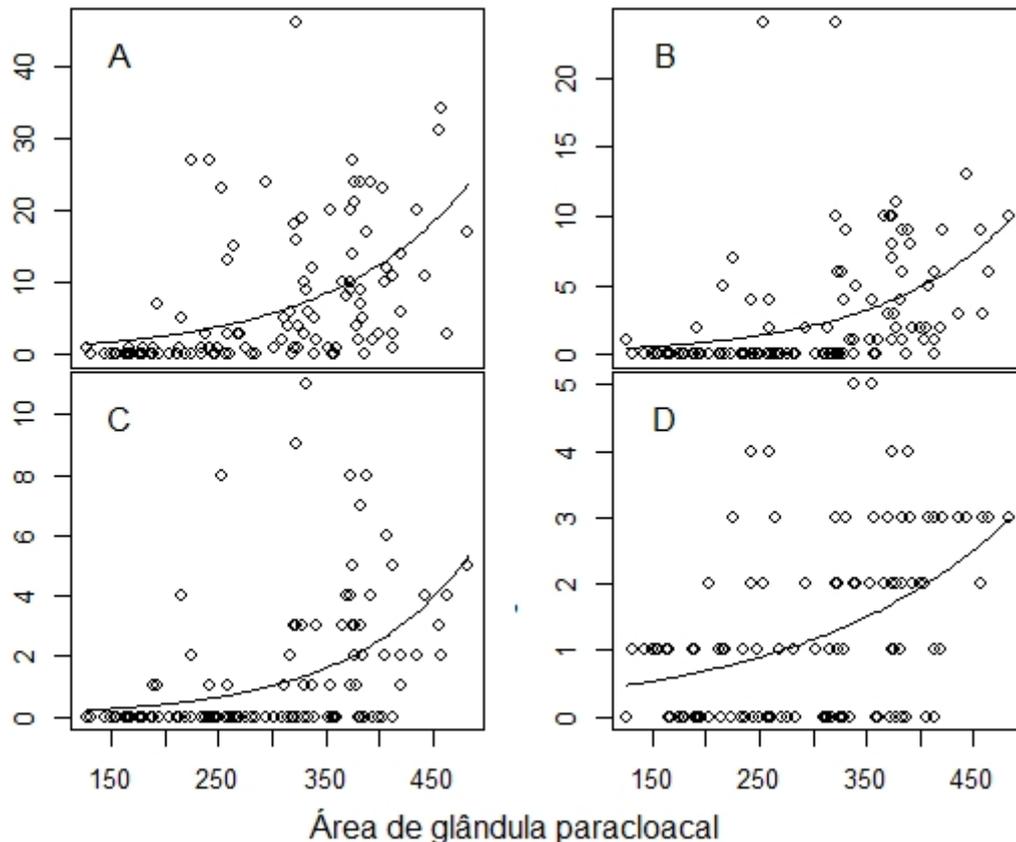
demonstrado neste estudo. Quanto mais próximas as medidas longitudinais e dorso ventrais, mais próximas da esfericidade estará a medida por índice quadrático. O uso de fórmulas únicas é apenas uma aproximação que apresenta boa capacidade de predição da área real.

Como alternativa à medida de imagem pode-se usar a medida de paquímetro como indicadora da área real com considerável eficiência, dados os coeficientes de correlação de Pearson e Spearman ao redor de 0,90. Da mesma forma, a medida única de comprimento ou largura da glândula apresentam-se como bons indicadores da área. De maneira geral a seleção fenotípica de animais pela área de glândula registrada por imagem ou pela medida a campo tenderá a selecionar um grande número de indivíduos coincidentes.

O uso de área de glândula como indicadora de fertilidade em codornas parece apresentar algumas restrições. Primeiramente pela falta de ajuste, apesar de uma tendência de aumento da fertilidade em animais de maior tamanho de glândula. Isso pode ser devido ao erro aleatório advindo de efeitos ambientais, ou mesmo ao método utilizado, uma vez que algumas fêmeas podem ter postura inferior no período amostral decorrendo um erro de amostragem. Outro problema da associação entre estas variáveis seria a interferência do peso e conformação corporal dos animais, sendo que aves com peito mais largo e mais pesadas teriam problema de completar a monta (DUNCAN, HOCKING & SEAWRIGHT, 1990), o que poderia enfraquecer a relação pelo fato do estímulo comum da testosterona não garantir a completude da monta e sua subsequente fertilidade.

A área da glândula paraclóacal pode não apresentar alta confiabilidade para a seleção dos machos mais férteis, mas as características de comportamento possuem alta correlação entre si, bem como com a fertilidade (Figura 1). Machos que tiveram mais tentativas de monta tiveram maior possibilidade de copular com as fêmeas e, conseqüentemente, tiveram maiores chances de obter ovos férteis. Porém, o sucesso da fertilização dos machos de codorna depende tanto do comportamento de cópula exercida por eles, bem como do comportamento de receptividade das fêmeas que por vezes desenvolvem estratégias contra o comportamento de cópula forçada e assim apresentam fertilidade reduzida (WESTNEAT *et al.*, 1990; PERSAUD & GALEF JR, 2005).

Figura 1 – Regressões de Poisson tendo como variável independente a área real de glândula paracloacal e como variável resposta: A - tentativa de monta; B - montas incompletas; C - montas completas; D - agressividade relativa.



O resultado deste trabalho mostra que agressividade e a área de glândula paracloacal são relacionados. O principal mecanismo possivelmente envolvido nessa relação é o aumento de andrógenos circulantes que estimulam caracteres sexuais secundários, como o desenvolvimento da glândula paracloacal (MASSA *et al.*, 1980) e do comportamento de agressividade (SCHLINGER & CALLARD, 1987). A agressividade em machos adultos é induzida pela presença de andrógenos, porém os níveis deste comportamento podem ser determinados por mecanismo ainda desconhecidos, visto que não existe correlação entre a agressividade com os níveis de testosterona plasmática, os níveis de LH e o tamanho da glândula paracloacal (EATON & RESKO, 1974; BALTHAZART *et al.*, 1978, 1979; TSUTSUI & ISHII, 1981).

Os resultados observados no presente estudo dizem respeito a variações individuais na sensibilidade aos andrógenos no que se refere à ativação do comportamento e não à sua intensidade, o que pode explicar parcialmente o menor ajuste das equações obtidas.

Assumindo-se ausência de correlação entre a agressividade com os níveis de testosterona e tamanho da glândula, sugere-se que a frequência desse comportamento agressivo dos machos de codorna durante o acasalamento é determinada geneticamente (CUNNINGHAM *et al.*, 1977), ou a intensidade da agressividade está positivamente correlacionada com a atividade de androstenediona no cérebro (BALTHAZART *et al.*, 1979).

Para a característica fertilidade os valores obtidos para a estimativa de herdabilidade foi de 0,08, estando condizente com diversos estudos que também mostraram baixa estimativa de herdabilidade da fertilidade em codornas japonesas, com variação entre 0,07 e 0,08 (EL-FIKY *et al.*, 1994; NARINC *et al.*, 2013). A metodologia para análise da característica pode diferir, podendo ser a ovoscopia simples por volta da metade do período de incubação ou por análise macroscópica de ovos não eclodidos, em que não se detectando o embrião, o ovo é tido como não fértil. Apesar das diferenças os métodos parecem apresentar concordância quanto ao resultado da análise de fertilidade.

A fertilidade no macho pode ser afetada pelas características de qualidade espermática, como porcentagem de espermatozoides anormais e mortos, concentração do sêmen, metabolismo e motilidade espermática (WILSON *et al.*, 1979), características estas que possuem herdabilidade moderada (ANSAH *et al.*, 1985). Bem como por fatores comportamentais como a capacidade de acasalar-se sucessivamente de forma eficiente com as fêmeas, podendo ser afetado por problemas de pernas (BRILLARD, 2009) devido a crescimento corporal descontrolado, sendo essa uma característica de baixa herdabilidade (SIEGEL, 1965).

A estimativa de herdabilidade para área de glândula paracloacal no presente estudo foi de 0,39, sendo próximo da estimativa de Silva *et al.* (2013) que foi de 0,36. Apesar da área mensurada estar associada ao desempenho reprodutivo, esta característica tem uma herdabilidade considerada moderada (BOURDON, 2000) possivelmente por sofrer menos influências ambientais e estar menos associada à adaptabilidade dos animais.

A correlação genética estimada neste estudo entre a área de glândula paracloacal e a agressividade foi de 0,49. Cunningham e Siegel (1978) em estudo relacionando área de glândula e comportamento de monta reportaram correlação genética de 0,28, valor de mesma tendência da observada neste estudo, dado que a análise do comportamento de monta é intimamente relacionado à agressividade do animal.

O comportamento de agressividade pode ser avaliado a partir de bicadas exercidas por cada animal. A herdabilidade estimada para essa característica foi de 0,35. Nol *et al.* (1996) estimaram herdabilidades para bicagens e os resultados foram positivos para ambos os

sexos, porém esses atos comportamentais estão principalmente associados nas interações macho-macho (0,74).

A correlação genética entre a área de glândula paracloacal e a fertilidade estimada no presente estudo foi de 0,23, apesar de o intervalo de credibilidade conter o zero, houve assimetria para o lado positivo, havendo 65% das cadeias com valores positivos. Embora outro estudo tenha indicado uma maior correlação entre as duas características, (0,68), essa correlação positiva indica que o desempenho reprodutivo pode ser alcançado baseando-se na seleção dos machos através da área de glândula paracloacal (SILVA *et al.*, 2013).

A dificuldade de análise da correlação genética entre a fertilidade e área de glândula pode ser devido ao fato de não haver uma relação linear entre as duas variáveis, possivelmente havendo um valor abaixo do qual nenhum animal apresente fertilidade e a partir desse ponto a fertilidade seja possível. A seleção de reprodutores a partir do tamanho da área de glândula paracloacal pode ser uma ferramenta eficaz reduzindo os custos na produção através da triagem de machos inférteis estabelecendo um tamanho mínimo de área como critério (MOHAN *et al.*, 2002).

Os níveis de agressividade nos machos sofrem variações dependente de diversos fatores como quantidade de testosterona plasmática, sendo esse o principal hormônio regulador da agressividade em machos, particularmente o comportamento de bicadas (MULLER & WRANGHAM, 2004; BISWAS *et al.*, 2007), a presença da isoenzima monoamina oxidase A que é codificada pelo QTL AgrP (BISCARINI *et al.*, 2010) que controla o número de bicadas e regula a concentração de outros substratos (SHIH *et al.*, 1999) que afetam outros comportamentos como o estabelecimento de hierarquia e agressividade (KISER *et al.*, 2012) e restrição de espaço que leva ao aparecimento de comportamentos anormais, incluindo o comportamento de bicadas (RIBER *et al.*, 2007).

6 CONCLUSÃO

Medidas por paquímetro apresentam-se como alternativa viável para mensuração da área de glândula paracloacal. Esta mesma é relacionada com comportamentos ligados à monta, porém é pouco explicativa quanto a variação da agressividade e da fertilidade de machos de codornas de corte. A seleção dos animais a partir da área de imagem torna-se mais viável, visto que a maneira de se obter esses dados é mais prática que a mensuração por paquímetro.

Herdabilidades estimadas foram moderadas para área de glândula paracloacal e agressividade e baixas para fertilidade. A área da glândula paracloacal dos machos de codorna japonesa está positivamente correlacionada geneticamente com o comportamento de agressividade. A fertilidade não apresentou correlação genética significativa com agressividade e área de glândula paracloacal.

REFERÊNCIAS

- ADKINS, Elizabeth K.; ALDER, Norman T. Hormonal control of behavior in the Japanese quail. **Journal of comparative and physiological psychology**, v. 81, n. 1, p. 27, 1972.
- ADKINS-REGAN, Elizabeth. Predictors of fertilization in the Japanese quail, *Coturnix japonica*. **Animal Behaviour**, v. 50, n. 5, p. 1405-1415, 1995.
- AMORIM, Edson Perito et al. Correlações e análise de trilha em girassol. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 307-316, 2008.
- ANSAH, G. A.; SEGURA, J. C.; BUCKLAND, R. B. Semen production, sperm quality, and their heritabilities as influenced by selection for fertility of frozen-thawed semen in the chicken. **Poultry science**, v. 64, n. 9, p. 1801-1803, 1985.
- AUSTENFELD, Marcel; BEYSCHLAG, Wolfram. A graphical user interface for R in a rich client platform for ecological modeling. **Journal of Statistical Software**, v. 49, n. 4, p. 1-19, 2012.
- AYRES, Denise Rocha. Análise genética de resistência ao *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* em bovinos cruzados Hereford x Nelore. 2012.
- BALTHAZART, Jacques; HENDRICK, J. C. Steroidal control of plasma luteinizing hormone, comb growth and sexual behaviour in male chicks. **Journal of Endocrinology**, v. 77, n. 1, p. 149-150, 1978.
- BALTHAZART, Jacques; MASSA, R.; NEGRI-CESI, P. Photoperiodic control of testosterone metabolism, plasma gonadotrophins, cloacal gland growth, and reproductive behavior in the Japanese quail. **General and comparative endocrinology**, v. 39, n. 2, p. 222-235, 1979.
- BALTHAZART, Jacques; MASSA, R.; NEGRI-CESI, P. Photoperiodic control of testosterone metabolism, plasma gonadotrophins, cloacal gland growth, and reproductive behavior in the Japanese quail. **General and comparative endocrinology**, v. 39, n. 2, p. 222-235, 1979.
- BATH, G. S.; CHAUDHARI, S. U. R. Sperm reserves and its relationship to parameters of the testis, epididymis and vas deferens of local cocks in the Sahel region of Nigeria. **Intern. J. Agric. Biol.**, v. 4, p. 561-564, 2002.
- BERNON, D. E.; SIEGEL, P. B. Mating frequency in male Japanese quail: Crosses among selected and unselected lines. **Canadian journal of genetics and cytology**, v. 25, n. 5, p. 450-456, 1983.
- BERTECHINI, A. G. Situação Atual e Perspectivas Para a Coturnicultura no Brasil. In: IV Simpósio Internacional e III Congresso Brasileiro de Coturnicultura. 2010. Lavras: Anais... Lavras, MG: 2010.
- BISCARINI, F. et al. Across-line SNP association study of innate and adaptive immune response in laying hens. **Animal genetics**, v. 41, n. 1, p. 26-38, 2010.
- BISWAS, A. et al. Relationship of cloacal gland with testes, testosterone and fertility in

different lines of male Japanese quail. **Animal reproduction science**, v. 97, n. 1-2, p. 94-102, 2007.

BLASCO, Agustín. **Bayesian data analysis for animal scientists**. New York: Springer, 2017.

BOURDON, Richard M. **Understanding animal breeding**. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2000.

BRILLARD, Jean-Pierre. Practical aspects of fertility in poultry. **Avian Biology Research**, v. 2, n. 1-2, p. 41-45, 2009.

COIL, William H.; WETHERBEE, David K. Observations on the cloacal gland of the Eurasian quail, *Coturnix coturnix*. 1959.

COXE, Stefany; WEST, Stephen G.; AIKEN, Leona S. The analysis of count data: A gentle introduction to Poisson regression and its alternatives. **Journal of personality assessment**, v. 91, n. 2, p. 121-136, 2009.

CRISPIM, A. C. **Estudo da endogamia e da estrutura de populações de codornas de corte sob seleção** – Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Viçosa, 2013.

CUNNINGHAM, Dan L.; SIEGEL, P. B. Response to bidirectional and reverse selection for mating behavior in Japanese quail *Coturnix coturnix japonica*. **Behavior genetics**, v. 8, n. 5, p. 387-397, 1978.

CUNNINGHAM, Dan L.; SIEGEL, P. B.; VAN KREY, H. P. Androgen influence on mating behavior in selected lines of Japanese quail. **Hormones and behavior**, v. 8, n. 2, p. 166-174, 1977.

DA SILVA SANTOS, Natanael Pereira et al. Aplicação do modelo de limiar utilizando a Inferência Bayesiana no melhoramento animal. **PUBVET**, v. 6, p. Art. 1423-1428, 2012.

DIONELLO, N. J. L. et al. Estimativas da trajetória genética do crescimento de codornas de corte utilizando modelos de regressão aleatória. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 2, p. 454-460, 2008.

DOBSON, Annette J.; BARNETT, Adrian G. **An introduction to generalized linear models**. Chapman and Hall/CRC, 2008.

DOMJAN, Michael; MAHOMET, Michael J.; MILLS, Andrew D. Relative contributions of the male and the female to sexual behavior and reproductive success in the Japanese quail (*Coturnix japonica*). **Journal of Comparative Psychology**, v. 117, n. 4, p. 391, 2003.

DUNCAN, I. J. H.; HOCKING, P. M.; SEAWRIGHT, E. Sexual behaviour and fertility in broiler breeder domestic fowl. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 26, n. 3, p. 201-213, 1990.

EATON, G. Gray; RESKO, John A. Plasma testosterone and male dominance in a Japanese macaque (*Macaca fuscata*) troop compared with repeated measures of testosterone in laboratory males. **Hormones and Behavior**, v. 5, n. 3, p. 251-259, 1974.

- EL-FIKY, F. A.; SHAMMA, T. A.; EL-OKSH, H. A. Genetic parameters of some productive and reproductive traits in Japanese quail. **J. King Abdulaziz University, Meteorology, Environment and Arid Land Agriculture Sciences**, v. 5, p. 45-60, 1994.
- ENDERS, Craig K. Maximum likelihood estimation. **Encyclopedia of statistics in behavioral Science**, 2005.
- FAHRMEIR, Ludwig; TUTZ, Gerhard. **Multivariate statistical modelling based on generalized linear models**. Springer Science & Business Media, 2013.
- FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. Introduction to quantitative genetics. Longman. **Essex, England**, 1996.
- GEWEKE, John. Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to the calculations of posterior moments. **Bayesian statistics**, v. 4, p. 641-649, 1992.
- KINGHORN, B. VAN der WERF. J.; RYAN, M. **Melhoramento Animal**, 2006.
- KISER, Dominik et al. The reciprocal interaction between serotonin and social behaviour. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v. 36, n. 2, p. 786-798, 2012.
- KLEMM, Robert D.; KNIGHT, Carl E.; STEIN, Sherryl. Gross and microscopic morphology of the glandula proctodealis (foam gland) of *Coturnix c. japonica* (Aves). **Journal of Morphology**, v. 141, n. 2, p. 171-184, 1973.
- LANNA, L. L. Morfologia testicular e reserva espermática na codorna japonesa (*Coturnix coturnix japonica*). Tese (Doutorado em Ciência Animal) Belo Horizonte, 2012.
- LEGARRA, A.; VARONA, L.; LOPEZ DE MATURANA, E. TM Threshold model. **Retrieved on**, v. 26, 2008.
- MAGDA, I. et al. Phenotypic and genetic estimates of some productive and reproductive traits in Japanese quails. **Egyptian Poultry Science**, v. 30, n. 3, p. 875-892, 2010.
- MARTINS, G.A.; XIMENES L.J.F. Do capítulo: Aspectos econômicos do melhoramento de novilhas leiteiras. In: **Novilhas leiteiras**. De: PEREIRA, E. S.; PIMENTAL, P.G.; QUEIROZ, A.C.; MUZUBUT, I.Y., 2010
- MASSA, R.; DAVIES, D. T.; BOTTONI, L. Cloacal gland of the Japanese quail: androgen dependence and metabolism of testosterone. **Journal of Endocrinology**, v. 84, n. 2, p. 223-230, 1980.
- MCCULLAGH, Peter. **Generalized linear models**. Routledge, 2019.
- MILLS, Andrew D. et al. The behavior of the Japanese or domestic quail *Coturnix japonica*. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v. 21, n. 3, p. 261-281, 1997.
- MINVIELLE, Francis. The future of Japanese quail for research and production. **World's Poultry Science Journal**, v. 60, n. 4, p. 500-507, 2004.

- MOHAN, Jag et al. Effects of hemicastration and castration on foam production and its relationship with fertility in male Japanese quail. **Theriogenology**, v. 58, n. 1, p. 29-39, 2002.
- MUKAKA, Mavuto M. A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. **Malawi Medical Journal**, v. 24, n. 3, p. 69-71, 2012.
- MULLER, Martin N.; WRANGHAM, Richard W. Dominance, aggression and testosterone in wild chimpanzees: a test of the 'challenge hypothesis'. **Animal Behaviour**, v. 67, n. 1, p. 113-123, 2004.
- NARINC, Dogan et al. Genetic parameter estimates of growth curve and reproduction traits in Japanese quail. **Poultry Science**, v. 93, n. 1, p. 24-30, 2013.
- NARINC, Dogan; AYGUN, Ali; SARI, Tolga. Effects of cage type and mating ratio on fertility in Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) eggs. **Agriculture Science Developments**, v. 2, n. 1, p. 4-7, 2013b.
- NELDER, John Ashworth; WEDDERBURN, Robert WM. Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)**, v. 135, n. 3, p. 370-384, 1972.
- NOL, ERICA; CHENG, KIMBERLY; NICHOLS, CATHLEEN. Heritability and phenotypic correlations of behaviour and dominance rank of Japanese quail. **Animal Behaviour**, v. 52, n. 4, p. 813-820, 1996.
- OPHIR, Alexander G.; GALEF JR, Bennett G. Female Japanese quail that 'eavesdrop' on fighting males prefer losers to winners. **Animal Behaviour**, v. 66, n. 2, p. 399-407, 2003.
- PERSAUD, Kamini N.; GALEF JR, Bennett G. Female Japanese quail (*Coturnix japonica*) mated with males that harassed them are unlikely to lay fertilized eggs. **Journal of Comparative Psychology**, v. 119, n. 4, p. 440, 2005.
- R CORE TEAM (2019). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- REIS, J. S. **Características da carcaça de uma linhagem de codornas de corte**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, UFPel, 2011.
- RIBER, Anja Brinch et al. Effects of broody hens on perch use, ground pecking, feather pecking and cannibalism in domestic fowl (*Gallus gallus domesticus*). **Applied Animal Behaviour Science**, v. 106, n. 1-3, p. 39-51, 2007.
- RUEDEN, Curtis T.; ELICEIRI, Kevin W. ImageJ for the Next Generation of Scientific Image Data. **Microscopy and Microanalysis**, v. 25, n. S2, p. 142-143, 2019.
- SACHS, Benjamin D. Photoperiodic control of reproductive behavior and physiology of the male Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). **Hormones and Behavior**, v. 1, n. 1, p. 7-24, 1969.

- SACHS, Benjamin D. Photoperiodic control of the cloacal gland of the Japanese quail. **Science**, v. 157, n. 3785, p. 201-203, 1967.
- SCHLINGER, Barney A.; CALLARD, Gloria V. A comparison of aromatase, 5 α -, and 5 β -reductase activities in the brain and pituitary of male and female quail (*C. c. japonica*). **Journal of Experimental Zoology**, v. 242, n. 2, p. 171-180, 1987.
- SEFTON, A. E.; SIEGEL, P. B. Selection for mating ability in Japanese quail. **Poultry Science**, v. 54, n. 3, p. 788-794, 1975.
- SHIH, J. C.; CHEN, K.; RIDD, M. J. Monoamine oxidase: from genes to behavior. **Annual review of neuroscience**, v. 22, n. 1, p. 197-217, 1999.
- SIEGEL, P. B. Genetics of behavior: Selection for mating ability in chickens. **Genetics**, v. 52, n. 6, p. 1269, 1965.
- SIEGEL, P. B.; HONAKER, C. F.; RAUW, W. M. Selection for high production in poultry. *Resources Allocation Theory Applied to Farm Animal Production*, v. 1, p. 230-242, 2009.
- SILVA, J.H.V. da; COSTA, F.G.P. **Tabela para codornas japonesas e europeias**. Jaboticabal, SP: Funep, 2009.
- SILVA, L.P.; GONZÁLEZ-PEÑA, F.D.; CAETANO, G.C. et al. Genetic relationships between cloacal gland area and fertility traits in meat quail. In: ADSA-ASAS JOINT ANNUAL MEETING. 2013. Indianapolis, IN. Proceedings... **JAM Joint Annual Meeting**, 2013.
- SMUTS, Barbara B.; SMUTS, Robert W. Male aggression and sexual coercion of females in nonhuman primates and other mammals: evidence and theoretical implications. **Advances in the Study of Behavior**, v. 22, n. 22, p. 1-63, 1993.
- SORENSEN, Daniel; GIANOLA, Daniel. **Likelihood, Bayesian, and MCMC methods in quantitative genetics**. Springer Science & Business Media, 2007.
- STIVANIN, Tádía Emanuele et al. **Avaliação de critérios de seleção em codornas de postura (*Coturnix coturnix japonica*)**. 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- SZWACZKOWSKI, Tomasz. Use of mixed model methodology in poultry breeding: Estimation of genetic parameters. **Poultry Genetics, Breeding and Biotechnology (WM Muir and SE Aggrey, Eds.)**. CAB International, v. 11, p. 165-201, 2003.
- TSUTSUI, Kazuyoshi; ISHII, Susumu. Effects of sex steroids on aggressive behavior of adult male Japanese quail. **General and comparative endocrinology**, v. 44, n. 4, p. 480-486, 1981.
- WESTNEAT, D. F. The ecology and evolution of extra-pair copulations in birds. **Current ornithology**, v. 7, p. 331-369, 1990.
- WILSON, H. R. et al. Prediction of the fertility potential of broiler breeder males. **World's Poultry Science Journal**, v. 35, n. 2, p. 95-118, 1979.

WOLC, Anna et al. Inheritance of fertility in broiler chickens. **Genetics Selection Evolution**, v. 41, n. 1, p. 47, 2009.

YANG, N. I. N. G.; DUNNINGTON, E. A.; SIEGEL, P. B. Forty generations of bidirectional selection for mating frequency in male Japanese quail. **Poultry science**, v. 77, n. 10, p. 1469-1477, 1998.