

Inseminação artificial em aves não-domésticas: Uma revisão

Artificial insemination in non-domestic birds: A review

Inseminación artificial en aves no domésticas: Una revisión

Recebido: 04/07/2023 | Revisado: 16/07/2023 | Aceitado: 17/07/2023 | Publicado: 21/07/2023

Jaci de Almeida¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8110-9504>

Universidade de São Paulo, Brasil

E-mail: jaciveterinarioj@gmail.com

Oswaldo Almeida Resende (*In memoriam*)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8308-3782>

Embrapa Agrobiologia, Brasil

E-mail: oaresende@gmail.com

Resumo

Atualmente existem no Brasil 257 espécies de aves, conhecidas classificadas como “ameaçadas de extinção”. Na tentativa de tentar solucionar esse problema, vários programas de criação e propagação de aves em cativeiro, como o do mutum de Alagoas (*Pauxi mitu*), a ararinha-azul (*Cyanopsitta spixii*), entre outros vem sendo realizados nas últimas décadas, com o intuito de restabelecer a manutenção da diversidade genética e restaurar populações selvagens dessas espécies *ex situ* para posteriormente devolvê-las a seu ambiente natural. No entanto, a reprodução em cativeiro, possui uma série de entraves inerentes à manejo de populações pequenas e fechadas de aves ameaçadas, incluindo lidar com instabilidade demográfica, física e deficiências comportamentais, incompatibilidade sexual, falta de sincronia e necessidade de manter a diversidade genética. Diante dessa situação, a biotecnologia da inseminação artificial (IA) tem o potencial de contribuir para ajudar a solucionar parte desses problemas. Neste contexto, esta revisão tem o objetivo de apresentar e discutir o uso da IA em aves não-domésticas, para auxiliar na conservação de espécies ameaçadas e divulgar esta biotecnologia entre criadores, técnicos e profissionais que atuam com reprodução de aves.

Palavras-chave: Aves silvestres; Biotecnologia reprodutiva; Conservação *ex situ*.

Abstract

There are currently 257 species of birds in Brazil, known to be classified as 'threatened with extinction'. In an attempt to solve this problem, several programs for the creation and propagation of birds in captivity, such as the Alagoas Curassow (*Pauxi mitu*), the Spix's Macaw (*Cyanopsitta spixii*), among others, have been carried out in recent decades, with the in order to restore the maintenance of genetic diversity and restore wild populations of these species *ex situ* to later return them to their natural environment. However, captive breeding has a number of obstacles inherent in managing small, closed populations of endangered birds, including dealing with demographic instability, physical and behavioral deficiencies, sexual incompatibility, lack of synchrony and the need to maintain genetic diversity. Faced with this situation, artificial insemination (AI) biotechnology has the potential to contribute to helping solve some of these problems. In this context, this review aims to present and discuss the use of AI in non-domestic birds, to assist in the conservation of endangered species and to disseminate this biotechnology among breeders, technicians and professionals who work with bird reproduction.

Keywords: Wild birds; Reproductive biotechnology; *Ex situ* conservation.

Resumen

Actualmente hay 257 especies de aves en Brasil, que se sabe que están clasificadas como 'amenazadas de extinción'. En un intento de solucionar este problema, en las últimas décadas se han llevado a cabo varios programas de creación y reproducción de aves en cautiverio, como el Paujil de Alagoas (*Pauxi mitu*), el Guacamayo de Spix (*Cyanopsitta spixii*), entre otros, con el fin de restablecer el mantenimiento de la diversidad genética y restaurar las poblaciones silvestres de estas especies *ex situ* para luego devolverlas a su medio natural. Sin embargo, la cría en cautiverio tiene una serie de obstáculos inherentes al manejo de poblaciones pequeñas y cerradas de aves en peligro de extinción, incluido el manejo de la inestabilidad demográfica, las deficiencias físicas y de comportamiento, la incompatibilidad sexual, la falta de sincronía y la necesidad de mantener la diversidad genética. Ante esta situación, la biotecnología de la inseminación artificial (IA) tiene el potencial de contribuir a ayudar a solucionar algunos de estos problemas. En este contexto, esta revisión tiene como objetivo presentar y discutir el uso de la IA en aves no domésticas, para ayudar

¹ Pós-doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, Brasil.

en la conservación de especies en peligro de extinción y difundir esta biotecnología entre los criadores, técnicos y profesionales que trabajan con la reproducción de aves.

Palabras clave: Aves silvestres; Biotecnología reproductiva; Conservación *ex situ*.

1. Introdução

Diferentemente do que ocorre com aves domésticas, onde a inseminação artificial (IA) já está bem consolidada, para as aves não-domésticas, ainda há muito o que ser feito. Os problemas começam pelo porte, onde segundo o *Guinness World Records* é possível encontrar aves minúsculas como o beija-flor-abelha (*Mellisuga helenae*) que mede 5,7 centímetros e pesa aproximadamente 1,6 gramas, até avestruzes (*Struthio camelus*) que pode atingir 2,8 m de altura e pesar acima de 150 kg (Soares et al., 2010), no Brasil a ema (*Rhea americana*) que chega a medir 1,34-1,70 m de altura e pesar até 34,4 kg (Góes, 2004, 2010). Essa discrepância de tamanho, se refletirá também na forma como será realizado o condicionamento, a contenção e coleta de sêmen e IA das aves, respectivamente. Mas não para por aí, existem ainda as diferenças de comportamento, habitat, socialização, anatomia, fisiologia, sazonalidade entre vários outros, que ainda são desconhecidos para a maioria das aves não-domésticas.

Segundo Pereira e Blank (2017) nas últimas décadas, a reprodução em cativeiro tem desempenhado um papel fundamental no restabelecimento de algumas espécies de aves não-domésticas em seu ambiente natural. Entre as várias espécies que têm sido trabalhadas e pesquisadas *ex situ* para a recuperação das populações, pode-se citar no Brasil o mutum de Alagoas (*Pauxi mitu*, Costa et al., 2017), a ararinha-azul (*Cyanopsitta spixii*, Lierz et al., 2013; Fischer et al., 2014), e no exterior ainda de acordo com Blanco et al. (2009), o condor-da-Califórnia (*Gymnogyps californianus*), falcão peregrino (*Falco peregrinus*) e águia-careca (*Haliaeetus leucocephalus*), abetarda (*Ardeotis arabs*, Carreira et al., 2022) e mais recentemente a açor-norteno (*Accipiter gentilis*, Fausto et al., 2023), entre outros, são exemplos clássicos da importância da reprodução em cativeiro frente a conservação.

Neumann et al. (2013) reportaram que embora a prioridade seja sempre a reprodução natural, algumas espécies apresentam grande dificuldade em se reproduzir devido à baixa variabilidade genética e alta suscetibilidade ao estresse de cativeiro, ocasionando baixas taxas de fertilidade. Adicionalmente, além dos fatores já mencionados tem-se ainda, aves ameaçadas de extinção pela fragmentação de seu habitat natural, que provocam o isolamento de populações e a endogamia (Guimarães, 2002) ou pela caça furtiva, espécies que possuem poucos exemplares em cativeiro, e que são frequentemente forçadas a emparelhar, resultando frequentemente em ovos inférteis, o que é similar para o caso de infertilidade masculina (Lierz et al., 2013).

Blanco et al. (2009) e Pereira (2014) citaram também as deficiências físicas que impossibilitam a cópula, fotoperíodo, agressividade acentuada devido ao “*imprint*” dos animais a humanos, baixa qualidade seminal e assincronia reprodutiva entre machos e fêmeas como responsáveis por baixa eficiência reprodutiva nas aves não-domésticas. Diante do exposto, a utilização da técnica de IA tem se mostrado eficiente na multiplicação de diversas espécies de aves não-domésticas (Nishiyama et al., 1976; Spiller et al., 1977; Gee, 1995; Lierz et al., 2013; Neumann et al., 2013; Fischer et al., 2014; Mohan et al., 2016; Fischer et al., 2020; Carreira et al., 2022; Fausto et al., 2023, entre vários outros).

Além disso, o uso desta biotecnologia da reprodução pode ser empregado para animais isolados geograficamente, ou até mesmo facilitar a introdução de material genético de animais mortos ou de indivíduos selvagens “via amostras de sêmen criopreservadas” (Gee & Mirande, 1996; Blanco et al., 2009; Villaverde-Morcillo et al., 2015). Contudo, a aplicação de tal biotecnologia também enfrenta dificuldades, como a coleta de amostras seminais de boa qualidade, pois o sêmen de espécies selvagens apresenta uma qualidade ruim (com baixo volume e concentração espermática) e em muitos casos a contaminação com urina e fezes é frequente (Gee & Temple, 1978; Blanco et al., 2009; Pereira, 2014).

Segundo dados da IUCN Red List revelaram que 49% das espécies de aves do planeta, ou seja, 5.412 das mais de 9.700 estão com suas populações em declínio e que 1 a cada 8 espécies de aves é considerada ameaçada de extinção (BirdLife International, 2022). No Brasil um recente estudo divulgado pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio, 2022), reporta que das 8.537 espécies da fauna brasileira avaliadas, 1.249 foram consideradas ameaçadas de extinção, sendo compreendidas desse total 257 espécies de aves. Neste contexto, esta revisão tem o objetivo de apresentar e discutir o uso da IA em aves não-domésticas, para auxiliar na conservação de espécies ameaçadas e divulgar esta biotecnologia entre criadores, técnicos e profissionais que atuam com reprodução de aves.

2. Metodologia

O presente estudo trata-se de uma revisão bibliográfica que tem por objetivo fazer o levantamento de informações e de dados disponíveis sobre o uso e aplicação da IA na reprodução de aves não-domésticas, onde os trabalhos apresentados estão datados entre 1907 e 2023. Tratando-se de uma revisão narrativa, na qual foram apresentados os resultados obtidos com base em leituras e observações de informações técnico-científicas disponíveis, trazendo uma revisão dos dados mais relevantes e atuais do tema abordado.

A pesquisa foi realizada durante os meses de janeiro e julho de 2023, pautando-se na rescisão de literatura de artigos científicos e publicações acadêmicas de universidades e instituições de pesquisa nacionais e internacionais. A busca e compilado dos dados ocorreu através das ferramentas de pesquisa do Google, Google Acadêmico, Scientific Electronic Library Online (SciELO), PubMed, trabalhos impressos da primeira metade do século passado e Coletânea de Artigos Brasileiros sobre Reprodução de Aves (Bibliografia e Resumos - Resende et al., 2016). As palavras chaves e indexadores utilizados durante a busca foram inseminação artificial, fertilidade em aves, reprodução de aves não-domésticas e inovações aplicadas as aves não-domésticas.

Após a leitura dos materiais encontrados, arquivos nos idiomas português, espanhol, francês, russo e inglês com relevância no tema a ser discutido foram pré-selecionados e posteriormente utilizados como base de dados na escrita da revisão, além do baseamento técnico-científico advindo de obras literárias conceituadas pela história.

Os critérios para seleção dos arquivos foram a data de publicação dentro do período estipulado, preferencialmente os mais relevantes, de acesso livre para a comunidade e a coerência com o tema estudado. Por conta dessas descrições, foram encontrados centenas de artigos, sendo analisados os títulos, resumos e resultados. Logo, foram empregados filtros a partir de: conter assuntos principais (inseminação artificial, manejo, fertilidade, reprodução, aves não-domésticas e/ou silvestres e inovações), disponibilidade da versão ampla e completa, conter as palavras-chave em português, espanhol, francês, russo e inglês de 1907 a 2023.

Os artigos excluídos foram determinados pela duplicação das bases de dados, por serem financiados por indústrias farmacêuticas e filantrópicas ou pelas naturezas de metodologia, como: estudos qualitativos e estudos apenas com relatórios transversais, além da relevância da revista publicada. Após este crivo, foram selecionados 163 textos entre artigos e palestras publicadas em eventos renomados da área.

3. Revisão de Literatura

3.1 História da IA em aves

O início da IA em aves ocorreu a pouco mais de um século, quando Ivanoff produziu ovos férteis de galinha usando sêmen recuperado do canal deferente de um galo (Ivanov, 1907). Mas as pesquisas experimentais de coleta de sêmen, realizados por Ivanov (1913), Payne (1914), e continuados por Amantea (1922), Craft et al. (1926), Dunn (1927), Ishsilcawa

(1930) e Adamstone e Card (1934), só passaram a ter interesse prático a partir de 1935, com a descoberta e aperfeiçoamento do método de coleta de sêmen por massagem lombo-sacral por Burrows e Quinn (1935; 1937).

Nas aves não-domésticas, a IA já foi realizada em várias espécies como nos patos (Watanabe, 1957, 1961); nos falcões de cauda vermelha (Temple, 1972); nos faisões (Spiller et al., 1977; Resende et al., 1980; Resende et al., 2011), no emu (Malecki et al., 1997; Malecki, Martin, 2004), no periquito australiano (Samour, 2002); no jacu (DeMatteo et al., 2004); em grandes papagaios (Lierz et al., 2013); na calopsita (Neumann et al., 2013); no avestruz (Carvalho et al., 2006; Muvhali et al., 2022); no açor-nortenho (Fausto et al., 2023) entre muitas outras como será apresentado nesta revisão.

3.2 Características anatômicas de interesse reprodutivo

Ao contrário das aves domésticas, substanciais mudanças no trato reprodutivo ocorrem de uma estação para a outra na maioria das aves não-domésticas (Lofts & Murton, 1973; Juana, 1992). Para a maioria das espécies, a época de reprodução é curta (Lofts e Murton, 1973) com resposta dos órgãos reprodutivos rápido e robusto no início da estação.

As fêmeas geralmente apresentam apenas um único ovário e oviduto funcional no lado esquerdo do corpo (Marshall, 1961; Lofts & Murton, 1973; Johnson, 1986; Blanco et al., 2009). Como consequência, o procedimento de IA precisa ser direcionado para o lado esquerdo da cloaca. No entanto, alguns falcões e o kiwi, possuem os dois ovidutos funcionais (Johnson, 1986; Juana, 1992).

Segundo Johnson (2000) tanto o ovário quanto o oviduto tem seu tamanho e peso aumentados acentuadamente à medida que o período reprodutivo se aproxima, em grande parte como resultado do aumento da esteroidogênese.

Bakst et al. (1994) reportaram que todas as aves domésticas e não-domésticas examinadas têm na extremidade anterior da vagina, uma junção uterovaginal e invaginações tubulares especializadas do epitélio superficial conhecido como túbulos de armazenamento de espermatozoides.

O oviduto contém cinco segmentos morfológicos em uma ave não-doméstica reprodutora: o infundíbulo, magno, istmo, útero e vagina (Gee et al., 2004). Segundo King (1981) a cloaca, que é a abertura comum as vias digestiva e reprodutiva, contém três regiões, o coprodeum, urodeum, e o proctodeum, o mais posterior.

Em relação aos machos, vale ressaltar que não apresentam pênis ou glândulas acessórias (Lima et al., 2019), no entanto possuem um órgão equivalente ao pênis conhecido como falo. Quanto aos testículos, assim como as gônadas femininas, também reduzem de tamanho quando fora da estação reprodutiva (Sharp et al., 1998; Goodson et al., 2005).

Em relação ao falo, há uma grande diferença no formato e tamanho, como por exemplo nas emas que apresentam a forma espiralado e no avestruz que possui um sulco (Góes, 2004). Enquanto nos pequenos pássaros o falo é quase imperceptível na maioria das vezes, Gee et al. (2004) inferiram que no avestruz o falo pode atingir de 30 a 39 cm em uma ave adulta.

Aves canoras durante a estação reprodutiva, apresentam uma protuberância cloacal, um inchaço semelhante a uma ervilha no dorso do lábio cloacal onde o sêmen é armazenado (Howell e Bartholomew, 1952).

3.3 Endocrinologia

O processo reprodutivo das aves envolve várias interações complexas entre os seus sistemas nervoso, endócrino e reprodutivo, e fatores ambientais que desencadeiam respostas neuroendócrinas e comportamentais primárias e secundárias a um fator desencadeante específico, geralmente um fator ambiental ou social (Galef & White, 2000; Balthazart et al., 2003; Johnson, 2006; Ball & Balthazart, 2010).

Leska e Dusza (2007) enfatizaram que vários fatores ambientais atuam sobre a fisiologia reprodutiva das aves, tais como temperatura, clima, disponibilidade de alimento e interações sociais. Todavia, o principal destes, implicado no controle da reprodução das aves, é o fotoperiodismo (Sharp et al., 1998; Johnson, 2006; Pereira, 2014), principalmente em regiões temperadas, onde as estações do ano são bem definidas (Moraes et al., 2012).

Segundo Baraldi-Artoni et al. (2007) o fotoperíodo é responsável por sincronizar e determinar uma dinâmica reprodutiva para as aves durante o ano, estabelecendo um ciclo sexual. Para Sharp (2005) as mudanças reprodutivas cíclicas que as aves apresentam são resultados da produção e liberação fotoinduzida de gonadotrofinas e outros hormônios envolvidos nos fenômenos fisiológicos reprodutivos.

Nos pássaros, a detecção de luz ocorre por meio de um sistema de captação extra-retinal, através de fotorreceptores localizados no hipotálamo basal e na eminência média (Moraes et al., 2012). A mensuração da duração do dia consiste num mecanismo que envolve a percepção da luz e a transdução deste sinal luminoso num estímulo endócrino, estabelecendo um relógio fotoperiódico que regula os mecanismos neuroendócrinos que controlam a atividade reprodutiva cíclica das aves (Sharp, 2005; Leska & Dusza, 2007).

Moraes et al. (2012) relataram que o cérebro das aves sensíveis é capaz de estabelecer uma resposta neuroendócrina reprodutiva em resposta a fatores ambientais (luz, por exemplo), os quais estimulam a secreção do hormônio liberador de gonadotrofina (GnRH) e de gonadotrofinas, o que é crucial para o estabelecimento da época reprodutiva nas aves. No entanto, além do fotoperíodo, outros fatores ambientais são extremamente relevantes para a determinação da época reprodutiva das aves. Por exemplo, em regiões áridas e semiáridas, a periodicidade de chuva é o principal fator limitante para a reprodução dos pássaros não-domésticos. Não é incomum observar falhas reprodutivas em regiões com longos períodos de seca, principalmente quando há uma redução na disponibilidade de alimento durante a seca (Langin et al., 2009).

Pesquisas de Sharp et al. (1998) e Sharp (2005) revelaram que as mudanças sazonais na reprodução das aves são resultado de uma liberação fotoinduzida alternada de hormônios sexuais, principalmente, o hormônio luteinizante (LH) e a prolactina (PRL), os quais funcionam como reguladores da atividade reprodutiva nesses animais. Neste contexto, quando a concentração de LH está alta, estabelece-se a fase ativa do ciclo. Em seguida, ocorre uma diminuição da secreção de LH, o que sinaliza o fim da época de reprodução e uma regressão gonadal (Sharp et al., 1998; Goodson et al., 2005), que ocorre mesmo em períodos de dias longos (Baraldi-Artoni et al., 1999).

No macho o hormônio folículo estimulante (FSH) atua estimulando as células de Sertoli, e o crescimento e desenvolvimento testicular, ao passo que o LH estimula as células de Leydig a produzirem testosterona (Johnson, 2000; Johnson, 2006; Leska & Dusza, 2007). Já nas fêmeas, o FSH promove maturação gonadal, desenvolvimento e seleção folicular e controla a taxa de atresia folicular e a secreção de esteroides sexuais, principalmente a progesterona pelas células da granulosa de folículos pré-hierárquicos (Johnson, 2000; Leska & Dusza, 2007).

Por fim, o estrógeno e a testosterona, ambos produzidos pela ação da aromatase no cérebro de aves masculinas e femininas, estimulam a manifestação de comportamentos sexuais, bem como age potencializando a ação da testosterona no cérebro desses animais (Harada et al., 1992; 1993; Balthazart & Foidart, 1993; Balthazart et al., 2003; Goodson et al., 2005).

3.4 Comportamento reprodutivo

O comportamento reprodutivo das aves não-domésticas é muito variado entre as espécies, e ainda desconhecido pelos pesquisadores para várias outras. Isto demonstra que ainda há muito por fazer em relação à reprodução de aves não-domésticas.

Vários são os motivos comportamentais que dificultam a reprodução *ex situ* das aves não-domésticas, dentre eles citam-se: 1) temporada curta (30 - 120 dias) de atividade sexual (Blanco et al., 2009), o que ocasiona restrição nos períodos de tempo para pesquisas e oportunidades para coleta, processamento, armazenamento e uso de sêmen (Gee & Sexton, 1990; Birkhead & Fletcher, 1995); 2) as fêmeas de algumas espécies entram em reprodução antes dos machos, segundo Blanco et al. (2009) as mais velhas desovam cedo na época em que muitos machos ainda não estão produzindo ejaculados com uma alta concentração de espermatozoides com qualidade para fecundar; 3) aves transportadas entre o hemisfério Sul e Norte apresentam respostas reprodutivas diferentes e podem levar anos para se adaptar aos novos ambientes (Lofts et al., 1971; Flieg, 1974); 4) aves monogâmicas (papagaios, cegonhas e cisnes) que geralmente formam casais para a vida toda e que quando capturadas e mantidas em cativeiros raramente formam pares, principalmente se houverem poucos animais no recinto. No entanto, na criação em cativeiro, apesar de usualmente se dedicarem a um único parceiro durante a vida, algumas espécies apresentam comportamento poligâmico (Heinsohn & Legge, 2003; Martínez et al., 2013) quando criadas em grupos e a troca de parceiros durante a vida pode ocorrer no cativeiro (Trillmich, 1976), principalmente quando do óbito de uma das aves (Lima et al., 2019). Várias outras situações podem ocorrer, mas devido à grande diversidade de espécies de aves não-domésticas, muitas condições de comportamento ainda são desconhecidas pelos pesquisadores e criadores.

3.5 Condicionamento, contenção e coleta de sêmen dos reprodutores para IA

O período de condicionamento para coleta de sêmen em aves não-domésticas, varia muito entre espécies, podendo levar de 15 a 20 dias em algumas espécies de médio porte (faisões, pavões, gansos, etc... Almeida - dados não publicados), até meses em espécies de porte maior (emas, avestruzes, casuares, etc...). Porém, isto pode variar também entre as espécies supracitadas, dependendo do ambiente onde se encontram, número de manejos, época do ano (para aves sazonais) e perícia do indivíduo responsável pelo condicionamento. Mas há casos, em que mesmo havendo tempo hábil para o condicionamento, algumas espécies não respondem ao manejo e treinamento, o que dificulta ainda mais a preservação dessas aves, mesmo em cativeiro. Dessa forma, fica claro que o condicionamento de aves não-domésticas é mais difícil que o condicionamento de aves domésticas, corroborando com Paranzini et al. (2018).

O condicionamento de aves para a coleta de sêmen apresenta uma série de particularidades, variando muito de uma espécie para outra. Por exemplo, no caso das ratitas, a baixa relação macho *vs.* fêmea no sistema de acasalamento *ex situ* restringe o melhoramento genético e impede redução do número de machos mantidos nos sistemas de criação para fertilização do plantel de fêmeas. Neste caso, por se tratar de aves grandes e com grande risco de acidentes para a ave (*ema-Rhea americana*) e o operador durante a manipulação, foi construída uma caixa para auxiliar na contenção dos reprodutores para coleta de sêmen e realização da IA (Góes, 2004).

A contenção do reprodutor (*ema-Rhea americana*) é feita colocando-se um capuz de pano de cor preta na cabeça do animal (tranquilização da ave). Posteriormente, o reprodutor é colocado em uma caixa de madeira (1,80 cm de altura x 21 cm de largura x 27,5 cm de profundidade), com portas laterais que erguem-se verticalmente através de corrediças (Góes, 2004). Nesta caixa, o animal era orientado a entrar de frente, de modo que seu posterior ficasse de frente para a pessoa que iria realizar a coleta do sêmen.

A coleta de sêmen geralmente é realizada por massagem na base do falo, realizada com uma mão enluvada, posicionada na região cloacal e realizando a eversão do falo, propiciando sua exposição, o que numa ave adulta pode chegar a 7 cm antes da ereção (Góes, 2004). No entanto, vale lembrar que as ratitas possuem diferentes tipos de falo (Fower, 1991). Nas emas e emús o falo é intromitente com uma cavidade e um estrutura em forma de luva, parcialmente invertida, que everte durante a ereção (Góes, 2004). Já nos avestruzes o falo é intromitente, mas sem cavidade interna (Deeming, 1999). Outra

diferença entre o falo da emas e avestruzes, se refere ao falo da ema ser espiralado e o do avestruz possuir um sulco, por onde escorre o ejaculado (Góes, 2004).

Hicks-Allredge (1996) reportou que as emas são animais sazonais e iniciam sua atividade reprodutiva à medida que o fotoperíodo aumenta, o que varia de acordo com a latitude. Dessa forma, os machos não produzem espermatozoides fora do período reprodutivo (Codenotti, 1997).

Um outro exemplo de diferença no condicionamento e métodos de coleta de sêmen, pode ser verificado para os psitaciformes, aves com variados tamanhos desde um papagaio pigmeu (*Micropsitta pusio*) a uma arara azul (*Anodorhynchus hyacinthinus*) (BirdLife International, 2023).

Peixoto (2023) reportou para estas espécies (psitaciformes), que a coleta de sêmen pode ser realizada por diferentes métodos (por massagem manual/digital, cooperação e eletro-ejaculação). No entanto, o maior problema é a contenção, devido ao risco de acidentes com bicadas dessas aves. Por isso, foi desenvolvida uma técnica de contenção diferente da tradicional (contenção manual por um operador), onde a ave é colocada em um tubo normal (Della-Volpe et al., 2011) ou tubo de plástico transparentes e rígido, ligeiramente maiores que o corpo da ave avaliada (Gee, 1995; Gee et al., 2004). Este dispositivo permite a contenção necessária para a massagem do macho e posteriormente a liberação da ave de forma fácil e rápida.

Para pássaros pequenos a contenção é feita com a ave na palma da mão, prendendo levemente a cabeça e o corpo usando os dedos mindinho, anular e médio (Kucera & Heidinger, 2018). Sendo que as pernas da ave são mantidas soltas ou levemente contidas com a palma da mão. Isso deixa a cloaca e a cauda da ave expostas, facilitando a coleta do sêmen com um microhematócrito após realizar movimentos rotatórios e com fricção. Nos casos em que o volume do ejaculado produzido é limitado, o operador deve evertir o falo no início do processo de coleta, e um dispositivo de sucção muitas vezes é usado para evitar a perda de sêmen a superfície fálica (Kucera & Heidinger, 2018). Para aves com ejaculados pequenos (volume menor que uma gota), recomenda-se adicionar um pouco de deluidor no recipiente de coleta para maximizar o volume obtido e facilitar a manipulação dos espermatozoides. Pois às vezes o volume do ejaculado é tão pequeno que fica aderido a parede do recipiente de coleta dificultando sua utilização.

No caso de aves de porte maior e com pescoço longo como grou, cegonhas, águias, abutres entre outros, a coleta é realizada com a ave em pé (Gee & Temple, 1978). Ainda de acordo com os autores, o macho é mantido entre as pernas de um ajudante, com a cabeça do pássaro e pescoço voltados para trás do manejador e o peito da ave encostada na coxa do assistente.

Para maiores informações sobre o treinamento de pássaros e condicionados e impressos, especialmente aves de rapina, grou, cegonhas e aves aquáticas podem ser obtidas consultando Temple (1972); Grier (1973) e Boyd et al. (1977).

3.6 Métodos de coleta de sêmen

Frediani et al. (2019) reportaram os muitos benefícios que a IA proporcionaram para os programas de conservação de aves, mas segundo os autores, um grande obstáculo para a implementação da IA nas espécies selvagens é o desenvolvimento de técnicas eficazes para coletar consistentemente ejaculados de boa qualidade. Neste contexto, as coletas de sêmen em aves não-domésticas, podem ser realizadas por cinco diferentes técnicas. Dentre as técnicas a coleta direta dos vasos deferentes foi uma das primeiras a ser descrita (Ivanov, 1913), mas por ser pouco prática para a maioria das aves acabou sendo pouco utilizada, a não ser em pesquisas.

A técnica mais antiga e conhecida dos criadores e pesquisadores, é a coleta manual por massagem lombo-sacral desenvolvida por Quinn e Burrows (1936). Segundo Pereira e Blank (2017) este método consiste em conter o macho sobre uma superfície de suporte, segurando as pernas da ave, imobilizando suas garras, bico e asas para impedir qualquer lesão à ave e ao manipulador. Ainda de acordo com os autores, é necessário um segundo técnico para estimular o abdômen e o ventre por

meio de uma massagem rítmica em direção à porção caudal do corpo da ave. Porém, para aves menores (canto por exemplo), uma única pessoa é capaz de segurar a ave com uma das mãos e com a outra mão coletar o sêmen com uma pipeta ou capilar. Blanco et al. (2009) reportaram que esta técnica na maioria das vezes, resulta em um reflexo ejaculatório, constituído pela elevação da cauda e estímulo cloacal (ou intumescimento do falo). Todavia a coleta só é finalizada quando o indicador e o polegar de uma das mãos executam uma leve pressão nas laterais da cloaca.

Com o avanço das pesquisas, foi possível realizar a coleta de sêmen por eletro-ejaculação também em aves (Serebrovskh & Sokolovskaja, 1934; Gee & Temple, 1978; Gee et al., 2004; Blanco et al., 2009; Frediani et al., 2019). Porém, em aves a técnica ainda apresenta alguns inconvenientes como o uso de anestesia e contaminação do sêmen. Posteriormente, Lierz et al. (2013) e Fisher et al. (2014) relataram o uso de uma técnica menos traumática, onde não há a necessidade da contenção química. De acordo com esses autores, posteriormente a contenção, uma sonda cloacal compatível ao tamanho da ave é introduzida para a aplicação de estímulos elétricos (2 a 6 séries que variam de 2-6 volts), os quais são aplicados em intervalos de dois segundos com pausas de 2 a 5 segundos entre cada estímulo.

Existe também a possibilidade da coleta de sêmen por vagina artificial, já relatada na literatura para patos de Osaka (Kasai et al., 2001) e para Emu (Malecki et al., 1997; Malecki & Martin, 2004). No entanto, devido as particularidades das diferentes aves, nem todas se adaptam a este método de coleta. Assim como, o tempo necessário para o condicionamento pode variar de ave para ave e de coletador para coletador de sêmen.

Uma quinta possibilidade é a coleta cooperativa (Fausto et al., 2023), na qual segundo Blanco et al. (2007) é indicada para aves que mantêm uma associação positiva com seres humanos, em que elas passam a reconhecê-lo como parceiro sexual. Temple et al. (1972) e Lierz (2008) relataram que esta técnica, permite que as aves ejaculem voluntariamente em dispositivos especiais (chapéus, manequins, luvas, casacos, poleiros, etc.) em resposta a estímulos comportamentais como vocalização, alimentação e transferência de material para o ninho. No entanto, Pereira e Blanck (2017) enfatizaram que mesmo essa técnica apresentando algumas vantagens como: estresse reduzido e amostras seminais sem contaminação, sua aplicabilidade fica restrita àquelas aves submetidas ao *imprint* humano.

Independente do método de coleta do sêmen, uma das características mais importantes que determinam o sucesso da fertilidade é a qualidade da sêmen coletado, que depende, entre outras coisas, do procedimento de coleta, corroborando com Castillo et al. (2021).

Segundo Łukaszewicz et al. (2015) a grande dificuldade em obter esperma de boa qualidade em aves de cativeiro, está relacionado ao processo de manejo e condicionamento. Diante do exposto, fica evidente, que o manejo deve ser realizado por pessoas treinadas e certamente o tempo destinado a cada espécie, dependerá da resposta individual de cada ave. Mas em algumas situações, mesmo sendo realizado um manejo e treinamento adequado, algumas aves não respondem. Isto provavelmente, está relacionado ao fato de serem aves não-domésticas, por terem sido alojadas já na fase adulta e por não se adaptarem ao novo ambiente.

Quanto ao volume e a concentração do ejaculado, este é variável de uma espécie para outra, mesmo naquelas de tamanho semelhante (Gee, 1995; Blanco et al., 2002). O volume também é dependente do método, da frequência de coletas, época do ano, condicionamento da ave, entre outros.

3.7 Espécies de aves não-domésticas coletadas e submetidas a IA

É difícil descrever todas as espécies de aves não-domésticas que já tiveram seu sêmen coletado e/ou foram submetidas a pelo menos uma IA com sucesso. Isso se deve ao fato de muitas espécies serem criadas e mantidas em criatórios particulares,

sem que se conheçam os manejos e manipulações a que são submetidas. No entanto, segue abaixo uma tabela com algumas das espécies de aves não-domésticas que já foram trabalhadas reprodutivamente, com coleta de sêmen e IA propriamente dita.

Tabela 1 - Relação de aves não-domésticas que já tiveram seu sêmen coletado e utilizado para a IA.

Espécies Não-domésticas	Coleta de sêmen	IA	Referências
Patos de Osaka e Gansos	Sim	Sim	Onishi et al. (1950; 1955); Rose (1953); Johnson (1954); Watanabe (1957; 1961).
Grou-do-mar (<i>Grus canadensis tabida</i>)	Sim	Sim	Gee (1969); Archibald (1974); Gee and Temple (1978); Putnam (1982).
Faisões (<i>Phasianus colchicus mongolicus</i>)	Sim	Sim	Smith (1968); Spiller et al., 1977; Cain (1978); Resende et al. (1980); Resende et al. (2011); Castillo et al. (2021).
Cranes (<i>Grus canadensis tabida</i>)	Sim	Sim	Gee (1969); Archibald (1974); Gee and Temple (1978); Putnam (1982); Bourne (1998); Jones and Nicolich (2001); Kongbuntad et al. (2013).
Águia dourada (<i>Aquila chrysaetos</i>)	Sim	Sim	Grier (1973).
Prairie Falcons (<i>Falco mexicanus</i>)	Sim	Sim	Boyd et al. (1977);
Blue Rock Pigeon (<i>Columba livia</i>)	Sim	Sim	Sontakke et al. (2004).
Grandes papagaios (<i>Psittaciformes</i>)	Sim	Sim	Lierz et al. (2013);
Calopsita (<i>Nymphicus hollandicus</i>)	Sim	Sim	Neumann et al. (2013).
Periquito australiano (<i>Melopsittacus undulatus</i>)	Sim	Sim	Samour (2002).
Emu (<i>Dromaius novaehollandiae</i>)	Sim	Sim	Malecki (1997); Malecki e Martin (2004).
Ema (<i>Rhea americana</i>)	Sim	Sim	Góes (2004).
Avestruz (<i>Struthio camelus</i>)	Sim	Sim	Malecki e Rybnik (2008); Bonato & Cloete (2013); Muvhali et al. (2022).
Águia-careca (<i>Haliaeetus leucocephalus</i>)	Sim	Sim	Blanco et al. (2009).
Falcão peregrino (<i>Falco peregrinus</i>)	Sim	Sim	Blanco et al. (2009).
Condor-da-Califórnia (<i>Gymnogyps californianus</i>)	Sim	Sim	Blanco et al. (2009).
Ararinha azul (<i>Cyanopsitta spixii</i>)	Sim	Sim	Lierz et al. (2013); Fischer et al. (2014).
Mutum de Alagoas (<i>Pauxi mitu</i>)	Sim	Sim	Costa et al. (2017)
Papagaio-de-São-Vicente (<i>Amazona guildingii</i>)	Sim	Sim	Fischer et al. (2020).
Abetarda (<i>Ardeotis arabs</i>)	Sim	Sim	Carreira et al. (2022).
Açor-nortenho (<i>Accipiter gentilis</i>)	Sim	Sim	Fausto et al. (2023)

Fonte: Autores.

Várias outras espécies de aves não-domésticas tiveram seu sêmen coletado e a IA realizada, conforme trabalhos de Kasai et al. (2001); Samour (2004); Góes et al. (2010); Lierz et al. (2013); Schneider et al. (2019); Fischer et al. (2022); Carreira et al. (2022), etc...

3.8 Materiais para a coleta e realização da IA

Os materiais e instrumentos utilizados para a coleta do sêmen e IA nas aves, são de maneira geral bem simples e fáceis de serem obtidos. Geralmente consta de uma pequena mesa portátil usada para apoiar o peito da ave (Blanco et al.,

2009). Podendo-se utilizar uma almofada sobre a mesa propiciando uma superfície macia e confortável para a contenção, coleta de sêmen e IA de algumas aves, principalmente as de médio porte.

Em relação aos materiais utilizados para a coleta do sêmen, geralmente são bastante simples, constando de um recipiente de vidro ou eppendorf graduados, cateteres Tomcat (para aves menores), tubos de plástico ou pequenas seringas, luvas especiais de silicone ou plástico com furos (Temple et al., 1972; Lierz, 2008), eppendorfs, pipetas de Pasteur, canudos franceses (com ponta romba minimizam a perda de sêmen), placas de petri, vagina artificial (Kasai et al., 2001; Malecki et al., 1997; Malecki e Martin, 2004), eletroejaculador (Serebrovskh & Sokolovskaja, 1934; Gee & Temple, 1978; Gee et al., 2004; Blanco et al., 2009; Frediani et al., 2019), microhematócrito entre outros.

Para a realização das IAs pode-se utilizar seringas (de preferência sem o êmbolo preto de borracha, pois é tóxico para os espermatozoides - Almeida e Resende, 2023), pipetas de vidro acoplada ou não a peras de borracha, pistolas de inseminação comercial, etc...

3.9 Técnica de inseminação artificial propriamente dita

A IA pode ser realizada com sêmen fresco, refrigerado ou congelado por dois métodos: cooperativo e não-cooperativo (Pereira & Blank, 2017). Blanco et al. (2009) ressaltaram que o método cooperativo consiste em utilizar fêmeas criadas na mão onde a ave passa a apresentar uma interação sexual com o manipulador, demonstrando postura copulatória e exposição do oviduto em resposta a estímulos vocais ou outros sinais de corte.

Para o método não-cooperativo há necessidade de contenção física da ave, sendo que a IA pode ser realizada de três maneiras distintas (Pereira & Blank, 2017). A primeira é a IA cloacal, método mais simples e comumente adotado em aves de pequeno porte (passeriformes e pequenos psitacídeos), no qual o sêmen é depositado direto na cloaca nos períodos em que as fêmeas estão receptivas, propiciando que o oviduto da fêmea “sugue” o sêmen depositado para o seu interior. Esse é um método extremamente rápido e pouco estressante (devido ao baixo tempo de manipulação), mas sua taxa de fertilidade é reduzida em até quatro vezes quando comparada com a IA intrauterina (Blanco et al., 2009). Já na IA intrauterina é necessário visualizar a entrada do oviduto, processo que pode ser realizado via espéculo cloacal ou pela reversão da cloaca (Fischer et al., 2014; Schneider et al., 2019; Fischer et al., 2022). A técnica do espéculo cloacal consiste na leve inserção do espéculo (geralmente um espéculo nasal humano) com suas lâminas direcionadas para o lado esquerdo das aves para visualização da entrada do oviduto com o auxílio de uma fonte de luz fria (Blanco et al., 2009). Após a visualização da entrada do oviduto, o sêmen pode ser depositado dentro do oviduto através de micropipetas, cateteres “franceses” ou palhetas de inseminação. Em alguns casos o volume e número de espermatozoides na dose são muito baixos dificultando o sucesso da IA intrauterina (Pereira & Blank, 2017).

Uma última opção, é a técnica de IA intramaginal descrita por Blanco et al. (2002), onde com o auxílio de um endoscópio a palheta de inseminação é inserida no oviduto para depositar o sêmen o mais próximo possível do sítio de fertilização “infundíbulo”. Todavia, essa técnica possui alguns entraves tais como a necessidade de anestesia, riscos de contaminação do trato superior, e a exigência de equipamentos e técnicos especializados (Blanco et al, 2009).

Quanto ao tempo da IA, aconselha-se que as inseminações sejam iniciadas duas semanas antes do começo da postura (início da estação reprodutiva), sendo o número de inseminações por semana variável de acordo com o tamanho da espécie de ave não-doméstica (2 IA/semana para aves de grande porte ou 3 IA/semana para aves de pequeno e médio porte), corroborando com Lierz (2008), Blanco et al. (2009).

Segundo Lima et al. (2019) o momento adequado para a IA deve levar em conta a ovulação, pois a fertilização do óócito ocorre em até 48 horas após a ovulação, portanto, deve-se conhecer o momento reprodutivo da fêmea para uma boa taxa de sucesso.

Geralmente quanto maior a frequência de inseminações, maior a taxa de fertilidade. No entanto, também é verdade que o momento de cada inseminação é extremamente importante. Inseminações feitas três vezes por semana e nos dias em que o ovo é posto, algumas horas após a postura, devem promover boa fertilidade.

3.10 Criopreservação

A primeira tentativa de criopreservar espermatozoides de aves ocorreu a mais de sete décadas (Polge et al., 1949). Desde então, a criopreservação de espermatozoides tem sido estudada em muitas espécies de aves domésticas e não domésticas, incluindo, por exemplo, pato comum (Watanabe et al, 1974; Kim et al, 1980), galinhas (Lada-Gorzowska e Podgorny, 1976; Schramm e Lohle, 1978), pombos (Sontakke et al., 2004), perus, patos (Blesbois, 2007), codornas (Kowalczy, 2008), pintadas (Váradi et al., 2013), gansos (Kurbatov et al., 1978; Tsarenko et al., 1979, 1980; Chelmonska et al., 1981), pato almiscarado (Watanabe et al., 1981; Maeda et al., 1984a), Váradi et al., 2019), faisões (Castillo et al., 2021) entre outros.

Diversas pesquisas foram realizadas nas décadas de 60 a 80 Watanabe (1967), Westfall e Harris (1975), Bakst e Sexton (1979), Scott et al. (1980), tentando obter sucesso no processo de congelamento seminal. No entanto, a motilidade de uma população de espermatozoides aviários medida logo após o descongelamento geralmente é reduzida em 30 a 60% em comparação com a amostra fresca. Mas nesse mesmo período alguns trabalhos de congelamento bem sucedidos foram realizados em algumas espécies de aves (grou de Sandhill - Sexton e Gee, 1978) e do peneireiro-americano (Brock et al, 1984). Mas com os avanços no conhecimento do processo de criopresevação e desenvolvimento de diluidores, equipamentos mais sofisticados e confiáveis para realizar as curvas de congelamento, tem-se obtido sucesso no congelamento do sêmen de outras espécies de aves (Woelders, 2021; Tang et al., 2021). No entanto, esses autores reportaram que o sucesso da criopreservação de sêmen de aves depende de vários fatores, incluindo a espécie, raça, método de coleta, diluição e diluente, concentração espermática, taxa de resfriamento, crioprotetor, métodos de congelamento e descongelamento empregados.

Segundo Castillo et al. (2021) embora as técnicas de criopreservação para uso em espécies de aves tenham avançado muito nas últimas décadas, especialmente em relação às espécies domésticas, grandes lacunas em nosso conhecimento e capacidade técnica permanecem devido à complexidade do processo e às particularidades únicas de espermatozoides de diferentes espécies. De acordo com o autor, a eclodibilidade dos ovos é o parâmetro decisivo que demonstra a qualidade de um esperma congelado-descongelado.

Na tentativa de obter sucesso com a criopreservação do espermatozoide de aves domésticas e não-domésticas, vários crioprotetores tem sido utilizados, desde o trabalho de Polge (1951) utilizando o glicerol, posteriormente com o dimetilsulfóxido (Westfall & Harris, 1975; Sexton, 1975a, 1980, 1981a,b; Mitchell & Buckland, 1976; Schramm, 1976; Schramm & Lohle, 1976; Oderkirk & Buckland, 1977; Williamson et al, 1981; Graham et al., 1982), Etilenoglicol, propilenoglicol, álcool metílico, óxido de polietileno, formamida, metilformamida, dimetilformamida, acetamida, sacarose, glicose e polivinilpirrolidona também foram examinados (Kurbatov et al, 1973; Sexton, 1973, 1975b; Oderkirk e Buckland, 1977; Nagase et al, 1981; Schramm, 1982; Graham et al, 1982; Skrobanek & Ledec, 1983; Lake & Ravie, 1984; Krivtsova e Otpushchennikov, 1984; Maeda et al, 1984b), a dimetilacetamida (Lake & Ravie, 1984; Castillo et al., 2021) entre vários outros. No entanto, Wishart (2003) e Blesbois (2007) inferem que de todos os crioprotetores citados o glicerol é o único que deve ser removido antes da IA devido a sua ação contraceptiva em aves.

Diante do exposto, Blesbois (2011) e Kowalczyk e Łukaszewicz (2015) inferem que a criopreservação de sêmen parece ser o único método eficaz de armazenamento de células reprodutivas para o manejo *ex situ* da diversidade genética em aves.

Assim, a criopreservação de sêmen quando bem-sucedida, permiti a criação de bancos de sêmen para várias espécies de aves domésticas e não-domésticas, principalmente para casos de populações em alto risco de extinção.

3.11 Fertilidade

A fertilidade em aves não-domésticas criadas em cativeiro, sofre efeito de vários fatores, entre eles o estresse ocasionado durante o manuseio para coleta de sêmen ou IA. Blanco et al. (2009) relataram que o estresse pode contribuir para a falta de consistência nas coletas de boas amostras de sêmen dos reprodutores em algumas populações.

Um outro importante fator limitante é a incapacidade de consistentemente coletar sêmen de qualidade suficientemente alta para resultar em fertilidade pós-IA. Isto porque, diferentemente das aves domésticas, a qualidade do sêmen em doadores não-domésticos geralmente é ruim (ou seja, baixo volume e concentração de espermatozoides), com ejaculações frequentemente contaminadas com urina.

Diante do exposto, Blanco et al. (2009) consideraram como prioridade para melhorar a fertilidade, a necessidade de aumentar o conhecimento dos fundamentos reprodutivos e processos comportamentais de cada espécie. Assim como, mecanismos reprodutivos relacionados à sazonalidade, ciclicidade, comportamentos copulatórios e duração da fertilidade que são tão diversos como o número, morfologia e distribuição geográfica de espécies de aves não-domésticas existentes.

Mesmo com tantos problemas, a IA tem uma função de grande importância nos programas de propagação das espécies, pois segundo Gee et al. (2004), em situações nas quais, há 80-85% dos óvulos com fertilidade, essa pode ser aumentada em outros 5 -10% simplesmente adicionando IA. Em pesquisa recente com aves de rapina Fausto et al. (2023) relataram que a IA aumenta a taxa de fertilidade e o número de descendentes obtidos por indivíduo.

3.12 Perspectivas futuras da IA em aves não-domésticas

Para melhorar a qualidade do sêmen, novas pesquisas devem ser realizadas, em relação ao armazenamento, a remoção de células danificadas e concentrados a partir de espermatozoides viáveis, pois a solução desses problemas pode aumentar a capacidade de fertilização dos espermatozoides e eclodibilidade dos ovos.

Pesquisas para desenvolver técnicas eficientes, em preservar o sêmen de aves não-domésticas por períodos longos (criopreservação), seriam benéficas não somente para aumentar o potencial de uso da IA, mas também pela perspectiva de preservar espécies em risco de extinção.

No futuro, os métodos tradicionais de avaliação de sêmen devem ser reforçados com técnicas moleculares. Novos estudos abordando genômica (Herrero-Medrano et al., 2013; Zhang et al., 2015), epigenômica (Bednarczyk et al., 2021) ligados a alta fertilidade e eclodibilidade precisam ser investigados em aves não-domésticas para selecionar os reprodutores logo após a eclosão, em vez de esperar pelo início da produção de sêmen.

4. Considerações Finais

A fertilidade em aves não-domésticas é de suma importância para a preservação das espécies. No entanto, algumas espécies estão desaparecendo sem que se quer se conheça sua fisiologia, comportamento, etc... Neste contexto, programas de IA bem-sucedidos requerem conhecimento sobre características específicas do sêmen para avaliar a qualidade tanto do material coletado quanto do próprio doador, que selecionado por técnicos, tem como objetivo específico transmitir atributos à progênie

da espécie trabalhada. Infelizmente, as pesquisas e o número de espécies de aves não-domésticas já trabalhadas para a IA, são ínfimas perto do montante de espécies existentes nos mais diversos continentes, sendo ainda a maioria delas desconhecidas no seu aspecto reprodutivo pelos pesquisadores e criadores.

A evolução da reprodução caminha a passos largos, reduzindo as dificuldades com todo o conhecimento que é produzido na atualidade. No entanto, em relação a preservação de material genético para gerações futuras, nenhuma tecnologia se mostrou até o momento tão viável e exequível como a criopreservação de sêmen.

Acredita-se que o compartilhamento de informações e descobertas de técnicas reprodutivas entre os diversos grupos de pesquisadores e países, que trabalham com reprodução aviária, pode ser uma saída para acelerar a evolução, descobrir novas técnicas eficientes de preservação de material genético e reduzir custos. No entanto, apesar dos avanços conquistados com os veículos de comunicação quase em tempo real, como a internet, telefones celulares, publicações constantes on-line em diferentes línguas, etc..., isto ainda não possibilitou solucionar o problema da difícil criopreservação de sêmen para a maioria das espécies aviárias, muitas inclusive desconhecidas até o momento.

Esta revisão pretendeu estimular discussões que propiciem a compreensão da prática de IA em aves não-domésticas, possibilitando que outros profissionais a usem com sucesso, inclusive em espécies não mencionados aqui.

Agradecimentos

Meu agradecimento ao Dr. Osvaldo Almeida Resende, Médico Veterinário e pesquisador da EMBRAPA, que por décadas foi um entusiasta da reprodução de aves não-domésticas, ensinando a IA a seus alunos e estagiários, o que nem sempre é contemplado nos cursos de medicina veterinária da maioria das universidades, fazendo com que seja cada vez menos conhecida pelos profissionais da reprodução.

Referências

- Adamstone, F. B. & Card, L. E. (1934). A study of the spermatozoon of the fowl with particular reference to osmophilic bodies in the sperm head. *Journal of Morphology*, 56:325-338.
- Almeida, J. & Resende, O. A. (2023). História, evolução e perspectivas futuras da inseminação artificial em aves domésticas: Revisão de literatura. *Research, Society and Development*, 12(5):1-15. <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i5.41780>.
- Amantea, C. (1922). Ricerche sulla secrezione spermatica XIV. La raccolta delio sperma e eliminazione degli spermatozoide nel gallo. *Rendic. d. E. Acead. dei Lintei*. 31:207.
- Archibald, G. W. (1974). Methods for breeding and rearing cranes in captivity. *ZSL - International ZOO Yearbook*, 14(1):147-155. 10.1111/j.1748-1090.1974.tb00805.x.
- Bakst, M. R. & Sexton, T. J. (1979). Fertilizing capacity and ultrastructure of fowl and turkey spermatozoa before and after freezing. *Journal of reproduction and fertility*, 55(1):1-7. 10.1530/jrf.0.0550001.
- Bakst, M. R., Wishart, G. J. & Brillard, J. P. (1994). Oviductal sperm selection, transport, and storage in poultry. *Poult Science Reviews*, 5(3):117-143.
- Ball, G. F. & Balthazart, J. (2010). Japanese quail as a model system for studying the neuroendocrine control of reproductive and social behaviors. *Institute for Laboratory Animal Research*, 51(4):310-325. 10.1093/ilar.51.4.310.
- Balthazart, J., Baillien, M., Charlier, T. D., Cornil, C. A. & Ball, G. F. (2003). The neuroendocrinology of reproductive behavior in Japanese quail. *Domest. Anim. Endocrin.* 25(1):69-82. 10.1016/s0739-7240(03)00046-8.
- Balthazart, J. & Foidart, A. (1993). Brain aromatase and the control of male sexual behavior. *Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 44(4-6):521-540. 10.1016/0960-0760(93)90256-v.
- Baraldi-Artoni, S. M. B., Bottino, F., Oliveira, D., Sobue-Franzo, V., Amoroso, L., Orsi, A. M. & Cruz, C. (2007). Morphometric study of *Rynchotus rufescens* testis throughout the year. *Brazilian Journal of Biology*, 67(2): 363-367.
- Baraldi-Artoni, S. M. B., Orsi, A. M., Lamano-Carvalho, T. L., Vicentini, C. A. & Stefanini, M. A. (1999). Seasonal morphology of the domestic quail (*Coturnix coturnix japonica*) testis. *Anat. Histol. Embryol.* 28(4):217-220. 10.1046/j.1439-0264.1999.00168.x.

- Bednarczyk, M., Dunislawska, A., Stadnicka, K. & Grochowska, E. (2021). Chicken embryo as a model in epigenetic research. *Poultry Science*, 2-39. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101164>.
- BirdLife International. (2023). IUCN Red List for birds. Disponível em: <http://www.birdlife.org> Acesso em 07 maio 2023.
- BirdLife International. State of the World's Birds. (2022). *Insights and solutions for the biodiversity crisis*. Cambridge, Ukraine, BirdLife International, 84p. ISBN: 9781912086634.
- Birkhead, T. R. & Fletcher, F. (1995). Depletion determines sperm numbers in male zebra finches. *Animal Behaviour*, 49(2):451-456. <https://doi.org/10.1006/anbe.1995.0058>.
- Blanco, J. M., Gee, G.F., Wildt, D. E. & Donoghue, A.M. (2002). Producing progeny from endangered birds of prey: treatment of urine-contaminated semen and a novel intramagmal insemination approach. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 33(1):1-7. 10.1638/1042-7260(2002)033[0001:PPFEB0]2.0.CO;2
- Blanco, J. M., Wildt, D. E.; Höfle, U., Voelker, & W. Donoghue, A. M. (2009). Implementing artificial insemination as an effective tool for *ex situ* conservation of endangered avian species. *Theriogenology*, 71:200-213. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.09.019>.
- Blesbois, E. (2011). Freezing avian semen. *Avian Biology Research*, 4(2):52-58. 10.3184/175815511X13069413108523.
- Blesbois, E. (2007). Current status in avian semen cryopreservation. *World's Poultry Science Journal*, 63(2):213-222. <https://doi.org/10.1017/S0043933907001419>.
- Bonato, M. & Cloete, S. W. P. (2013). Artificial insemination technology for ostriches: A way forward. *Agriprobe Journal*, 10(1):23-36. <https://hdl.handle.net/10520/EJC137119>.
- Bourne, D. (1998). Use and limitations of artificial insemination in cranes (*Gruidae*). *European Association of Zoo and Wildlife Veterinarians (EAZVV)*. Second scientific meeting. Chester.
- Boyd, L. L., Boyd, N. S. & Dobler, F. C. (1977). Reproduction of prairie falcons by artificial insemination. *The Journal of Wildlife Management*, 41(2):266-271. <https://doi.org/10.2307/3800603>.
- Brock, K., Bird, D. M. & Ansah, G. A. (1984). Cryogenic preservation of spermatozoa of the American kestrel: *Falco sparverius*. *International Zoo Yearbook*, 23(1):67-71. 10.1111/j.1748-090.1984.tb03003.x.
- Burrows, W. H. & Quina, J. P. (1937). The collection of spermatozoa from the domestic fowl and turkey. *Poultry of Science*, 16:19-24.
- Burrows, W. H. & Quinn, J. P. (1935). A method of obtaining spermatozoa from the domestic fowl. *Poultry of Science*, 14:251-254.
- Cain, J. R. (1978). Artificial insemination: A practical method for genetic improvement in ring-necked pheasant, *Phasianus colchius*. *Symposium of the Zoological Society of London*, 43181-43188.
- Carvalho, S. F. M.; Freneau, G. E. & Santos, L. Q. (2006). Métodos de coleta de sêmen no avestruz (*Struthio camelus Linnaeus, - 1758*) e no emu (*Dromaius novaehollandiae Linnaeus, 1758*), e algumas de suas características quantitativas e qualitativas. *Bioscience Journal*, Uberlândia, 22(3):159-168. ISSN: 19813163.
- Carreira, J. T., Lesobre, L., Boullenger, S., Chalah, T., Lacroix, F. & Hingrat, Y. (2022). Assisted reproduction techniques to improve reproduction in a non-model species: The case of the Arabian Bustard (*Ardeotis arabs*) conservation breeding program. *Animals*, 12, 851-871. <https://doi.org/10.3390/ani12070851>.
- Castillo, A., Lenzi, C., Pirone, A., Baglini, A., Russo, C., Soglia, D., Schiavone, A. & Marzoni Fecia di Cossato, M. (2021). From the semen collection method to the hatchlings: the use of cryopreserved sperm from pheasants fed an antioxidant-enriched diet. *Animals* 11(9):2624. 10.3390/ani11092624.
- Chelmonska, B., Chrzanowska, M. & Koch, E. (1981). New results in the freezing of gander semen. 26th *Institute Poultry Conference*, Leipzig, 136-140.
- Codenotti, T. L. (1997). Fenología reproductiva y biometría de nidos, huevos y pollos del Ñandú, *Rhea americana* en Rio Grande do Sul, Brasil. *El Hornero*, 14(4):211-223. http://hdl.handle.net/20.500.12110/hornero_v014_n04_p211.
- Costa, M. C., Oliveira, P. R. R. Jr., Davanço, P. V., Camargo, C., Laganaro, N. M., Azeredo, R. A., Simpson, S., Silveira, L. F. & Francisco, M. R. (2017). Recovering the genetic identity of an extinct-in-the-wild species: The puzzling case of the Alagoas Curassow. *PLoS ONE*, 12(1):1-18. 10.1371/journal.pone.0169636.
- Craft, W. A., Mc Elroy, C. H. & Penquite, E. (1926). The influence of certain feeds upon the production of spermatozoa from the domestic fowl. *Poultry Science*, 5:187-198.
- Della-Volpe, A., Schmidt, V. & Junghanns, M. E. K. (2011). Attempted semen collection using the massage technique in blue-fronted Amazon parrots (*Amazona aestiva aestiva*) *Journal of Avian Medicine and Surgery*, 25(1):1-7, Jun. 10.1647/2009-043.1.
- DeMatteo, K. E., Karagiannis, K. L., Asa, C. S., Macek, M. S., Snyder, T. L., Tieber, A. M. & Parker, P. G. (2004). Semen collection and artificial insemination in the common piping guan (*Pipile cumanensis cumanensis*): Potential applications for cracidae (aves: galliformes). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 35(4):447-458. 10.1638/03-088.
- Deeming, D. C. (1999). *The ostrich: biology, production and health*. New York: CABI Publishing, 358p. ISBN: 9780851993508.
- Dunn, L. C. (1927). Selective fertilization in fowls. *Poultry of Science*, 6:201-214.

- Fausto, A. M., Taddei, A. R., Batocco, F., Belardinelli, M. C., Carcupino, M., Schiavone, A., Saia, S., Castillo, A. & Marzoni M. (2023). Raptors bred in captivity: semen characteristics and assisted reproduction outcome in goshawk (*Accipiter gentilis*). *Peer of Journal*, 1-25. 10.7717/peerj.15094.
- Fischer, D., Neumann, D., Purchase, C., Bouts, T., Meinecke-Tillmann, S., Wehrend, A. & Lierz, M. (2014). The use of semen evaluation and assisted reproduction in *Spix's macaws* in terms of species conservation. *Zoo Biology*, 33:234-244. 10.1002/zoo.21129.
- Fischer, D., Oliveira, M. J., Baumgartner, K., Will, H., Wu, S., Bosso, P., Teles, P. H. F., Cubas, Z. S., Lierz, M. & Fersen, L. V. (2022). A pilot study about assisted reproduction in harpy eagles (*Harpia harpyja*) in the course of species conservation including collection, storage, and analysis of semen. *Theriogenology* 181(2):190-201. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2022.01.012>.
- Fischer, D., Schneider, H., Meinecke-Tillmann, S., Wehrend, A. & Lierz, M. (2020). Semen analysis and successful artificial insemination in the St. Vincent amazon (*Amazona guildingii*). *Theriogenology*, 148:132-139. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.03.004>.
- Flieg, G. M. (1974). Breeding waterfowl. In: *Raising wild ducks in Captivity*. ed. Hyde, D. O. E. P. Dutton Co. Inc. New York, 75.
- Fowler, M. E. (1991). Comparative Clinical Anatomy of Ratites. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 22(2):204-227. <https://www.jstor.org/stable/20095143>.
- Frediani, M. H., Guida, F. J. V., Salgado, P. B., Gonçalves, D. R., Blank, M. H., Novaes, G. A. & Pereira, R. J. G. (2019). Semen collection by electrostimulation in a variety of bird orders. *Theriogenology*, 125:140-151. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.10.023>.
- Galef, B. G. & White, D. J. (2000). Evidence of social effects on mate choice in vertebrates. *Behavioural Processes* 51:167-175. [https://doi.org/10.1016/S0376-6357\(00\)00126-1](https://doi.org/10.1016/S0376-6357(00)00126-1).
- Gee, G. F. (1995). Artificial insemination and cryopreservation of semen from nondomestic birds. *Proceedings of the 1st International Symposium of AI in Poultry*, Savoy, IL, 262-279. ISBN: 09-649-81106.
- Gee, G. F. (1969). Reproductive physiology of the greater sandhill crane. Ann. Progr. Rep. Admin. Rep., Patuxent Wildlife Research Center, 245-247.
- Gee, G. F., Bertschinger, H., Donoghue, A. M., Blanco, J. & Soley, J. (2004). Reproduction in Nondomestic Birds: Physiology, semen collection, artificial insemination and cryopreservation. *Avian and Poultry Biology Reviews*, 15:47-101. ISSN: 1470-2061.
- Gee, G. F. & Mirande, C. M. (1996). Artificial insemination. In: Ellis, D. H., Gee, G. F., Mirande, C. M., editors. *Cranes: their biology, husbandry, and conservation*. Washington, DC/Baraboo, WI: National Biological Service/International Crane Foundation, 205. ISBN: 0-16-048638-6.
- Gee, G. F. & Sexton, T. J. (1990). Cryopreservation of semen in the Aleutian Canada Goose (*Branta canadensis leucopareia*). *Zoo Biology*, 9:361-371. 10.1002/ZOO.1430090504.
- Gee, G. F. & Temple, S. A. (1978). Artificial insemination for breeding non-domestic birds. *Symposia of the Zoological Society of London*, 43:51-72.
- Goodson, J. L., Saldanha, C. J., Hahn, T. P. & Soma, K. K. (2005). Recent advances in behavioral neuroendocrinology: Insights from studies on birds. *Hormones and Behavior*, 48:461-473. 10.1016/j.yhbeh.2005.04.005.
- Góes, P. A. A. (2004). *Características reprodutivas de emas machos (Rhea americana) criadas em cativeiro no estado de São Paulo*. USP - 79p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Universidade de São Paulo.
- Góes, P. A. A., Cavalcante, A. K. S., Nichi, M., Perez, E. G. A., Barnabe, R. C. & Barnabe, V. H. (2010). Reproductive characteristics of captive greater Rhea (*Rhea americana*) males reared in the State of São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 12(1):57-62. ISSN: 1516-635X.
- Graham, E. F., Nelson, D. S. & Schmehl, M. K. L. (1982). Development of extender and techniques for frozen turkey semen. 2. Fertility trials. *Poultry Science*, 61(3):558-563. 10.3382/ps.0610558.
- Grier, J. W. (1973). Techniques and results of artificial insemination with golden eagles. *Raptor Research*, 7(1):1-12.
- Guimarães, M. A. B. V. (2002). Biotecnologia aplicada aos animais silvestres: aspectos éticos e conservacionistas. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 26(2):58-61, abr./ju. ISSN: 0102-0803.
- Harada, N., Abe-Dohmae, S., Loeffen, R., Foidart, A. & Balthazart, J. (1993). Synergism between androgens and estrogens in the induction of aromatase and its messenger RNA in the brain. *Brain Research*, 622:(1-2):243-256. 10.1016/0006-8993(93)90825-8.
- Harada, N., Yamada, K., Foidart, A. & Balthazart, J. (1992). Regulation of aromatase cytochrome P-450 (estrogen synthetase) transcripts in the quail brain by testosterone. *Molecular Brain Research*, 15(1-2):19-26. 10.1016/0169-328x(92)90146-3.
- Heinsohn, R. & Legge, S. (2003). Breeding biology of the reverse-dichromatic, co-operative parrot (*Eclectus roratus*). *Journal Zoological Society of London*, 259:197-208. 10.1017/S0952836902003138.
- Herrero-Medrano, J. M., Megens, H., Groenen, M. A. M., Ramis, G.; Bosse, M., Pérez-Enciso, M. & Crooijmans, R. P. M. A. (2013). Conservation genomic analysis of domestic and wild pig populations from the Iberian Peninsula. *BMC Genetics*, 14(106):1-13. 10.1186/1471-2156-14-106.
- Hicks-Allredge, K D: (1996). Reproduction. In: Tully, T. N. Jr., Shane, S. M. (eds): *Ratite - management, medicine, and surgery*. Malabar: Florida, Krieger Publishing, 47-57. ISBN: 0894648748.
- Howell, T. R. & Bartholomew, G. A. (1952). Experiments on the mating behavior of the Brewer blackbird. *The Condor*, 54(3):140-151. <https://doi.org/10.2307/1365064>.

- ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. (2022). *Lista oficial das espécies ameaçadas de extinção é divulgada*. <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/noticias/ultimas-noticias/lista-oficial-das-especies-ameacadas-de-extincao-e-divulgada>.
- Ishikawa, H. (1930). The lift duration of cock spermatozoa outside the body. *Proceedings World Poultry Congress*, 91.
- Ivanov, E. I. (1907). De la fe'condation artificielle chez les mammife' res. *Archives of Biological Sciences*, 12:377-511.
- Ivanov, E. I. (1913). Experiente sur la fecundation artificielle dei - oiseaux. *Comptes Rendus de la Snciéte de Biologia*, 75:371-314.
- Jones, K. L. & Nicolich, J. M. (2001). Artificial Insemination in Captive Whooping Cranes: Results from genetic analyses. *Zoo Biology*, 20:331-342.
- Johnson, P. A. (2006). Reprodução de Aves, 691-701. In: Reece, W. O. Dukes, *Fisiologia dos Animais Domésticos*. (12a ed.), Guanabara Koogan,
- Johnson, A. L. (2000). *Reproduction in the female*. In: Sturkie's avian physiology fifth edition, Academic Press; 635-665. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407160-5.00028-2>.
- Johnson, A. L. (1986). Reproduction in the female. In: *Avian Physiology*, (4th. ed.), Sturkie, P. D. Springer-Verlag, 403.
- Johnson, A. S. (1954). Artificial insemination and the duration of fertility of geese. *Poultry Science*, 33:638- 640.
- Juana, E. (1992.) Class aves (Birds). In: *Handbook of the Birds of the World*, Del Hoyo, J., Elliot, A. & Sargatal, J. Lynx edicions, Barcelona, 35.
- Kasai, K., Izumo, A., Inaba, T. & Sawada, T. (2001). Efficiency of artificial vagina method in semen collection from Osaka drakes. *Journal of Applied Poultry Research*, 10:206-210. 10.1093/JAPR/10.3.206.
- Kim, H. K., Kim, S. & Kim, K. (1980). A diluent for deep freezing preservation of drake spermatozoa. *9th International Congress of Animal Reproduction and Artificial Insemination*, 5:493-494.
- King, A. S. (1981). Phallus. In: King, A. S. & McLelland, J. (eds). *Form and function in birds*. 2. Academic Press, New York, 107-148.
- Kongbuntad, W., Kaewmad, P. & Tanomtong, A. (2013). Semen quality and artificial insemination of Eastern Sarus Crane *Grus antigone shapii* Linn. In Captive Condition in the Nakhon Ratchasima Zoo, Thailand. *World Applied Sciences Journal*, 28 (1):145-152. 10.5829/idosi.wasj.2013.28.01.76150.
- Kowalczy, A. (2008). The effect of cryopreservation process on morphology and fertilising ability of japanese quail (*Coturnix japonica*) spermatozoa. *CryoLetters*, 29(3):199-208. <https://www.researchgate.net/publication/23220478>
- Kowalczyk, A. & Łukaszewicz, E. (2015). Simple and effective methods of freezing capercaillie (*Tetrao urogallus L.*) semen. *Plos One*, 10:1-11. 10.1371/journal.pone.0116797.
- Krivtsova, E. B. & Otpushchennikov, V. F. (1984). The role of diluents and cryoprotectants in the cryopreservation of cock semen. *Byull. Vses. Nauchno-Issled., Institute Fiziology. Biokhimistry. Pitan. Skh. Zhivotn.* 17:57-59.
- Kucera, A. C. Heidinger, B. J. (2018). Avian semen collection by cloacal massage and isolation of DNA from sperm. *Journal of Visualized Experiments*, 132:1-5. 10.3791/55324.
- Kurbatov, A. D., Narubina, L. E. & Ivanov, B. I. (1973). Test of some cryoprotectants in the freezing of cock semen. *Sb. Nauchno Tr. Nauchno-Issled., Institute Razved. Genetic Skh. Zhivotnovod*, 19:198-202.
- Kurbatov, A. D., Tsarenko, R., Popov, I. I. & Mavrodina, T. (1978). Studies of freezing gander semen in liquid nitrogen. *16th World's Poult. Congress*, 7:1213-1218.
- Lada-Gorzowska, A. & Podgorny, E. (1976). Freezing cock semen in liquid nitrogen of heavy and light type breeds. *8th International Congress of Animal Reproduction and Artificial Insemination*, Cracow, 4:1027-1029.
- Lake, P. E. & Ravie, O. (1984). An exploration of cryoprotective compounds for fowl spermatozoa. *Br. Poultry Science*, 25(1):145-150. 10.1080/13632758408454852.
- Langin, K. M., Sillett, T. S., Yoon, J., Sofaer, H. R., Morrison, S. A. & Ghalambor, C. K. (2009). Reproductive consequences of an extreme drought for orange-crowned warblers on Santa Catalina and Santa Cruz islands, 293-300. *Anais do 7th California Islands Symposium, Proceedings of the 7th California Islands Symposium*, Arcata, CA: Institute for Wildlife Studies. Acesso em: <https://www.researchgate.net/publication/228503270>. Acessado em 29 de jun., 2023.
- Leska, A. & Dusza, L. (2007). Seasonal changes in the hypothalamo-pituitary-gonadal axis in birds. *Reproduction of Biology*, 7(2):99-126.
- Lierz, M. (2008). Anatomy and physiology. In: Chitty, J. & Lierz, M. *Manual of raptors, pigeons and passerine birds. British Small Animal Veterinary Association*, cap.21, 235-249.
- Lierz M, Reinschmidt, M., Müller, H., Wink, M. & Neumann, D. (2013). A novel method for semen collection and artificial insemination in large parrots (*Psittaciformes*). *Scientific Reports*, 3:2066. 10.1038/srep02066.
- Lima, T. O., Saldanha, A., Silva, W. F. & Almeida, E. C. (2019). Manejo reprodutivo de aves psitaciformes em cativeiro. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 43(2):269-275.
- Lofts, B., Follett, B. K. & Murton, R. K. (1971). Temporal changes in the pituitary-gonadal axis. *Memoirs of the Society for Endocrinology*, 18, 545.

- Lofts, B. & Murton, R. K. (1973). Reproduction in birds. In: *Avian Biology*, 3. eds. Farner, D. S. & King, J. R. Academic Press, New York and London. 1.
- Lukaszewicz, E. T., Kowalczyk, A.M. & Rzonca, Z. (2015). Comparative examination of capercaillie (*Tetrao urogallus L.*) behaviour responses and semen quality to two methods of semen collection. *Plos One*,10(9):e0138415. 10.1371/journal.pone.0138415.
- Maeda, T., Terada, T. & Tsutsumi, Y. (1984a). Morphological observations of frozen and thawed Muscovy spermatozoa. *British Poultry Science*, 25(3):409-413. 10.1080/00071668408454881.
- Maeda, T., Terada, T. & Tsutsumi, Y. (1984b). Comparative study of the effects of various cryoprotectants in preserving the morphology of frozen and thawed fowl spermatozoa. *British Poultry Science*, 25(4):547-553. 10.1080/00071668408454896.
- Malecki, I. A. & Martin, G. B. (2004). Artificial insemination in the emu (*Dromaius novaehollandiae*): effects of numbers of spermatozoa and time of insemination on the duration of the fertile period. *Animal Science Papers and Reports*, 22(3):315-323. ISSN: 0860-4037.
- Malecki, I. A. & Rybnik, P. K. (2008). Artificial insemination of female ostriches using voluntary crouch. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 48, xx [One-page paper presented at the 4th International Ratite Science Symposium, held in conjunction with the XXIII World's Poultry Congress, 29, 2008, Brisbane, Australia.
- Malecki, I. A.; Martin, G. B. & Lindsay, D. R. (1997). Semen production by the emu (*Dromaius novaehollandiae*). 1. Methods for collection of semen. *Poultry Science*, Champaign, 76(6):615-621, 10.1093/ps/76.4.615.
- Marshall, A. J. (1961). Breeding seasons and migration. In: *Biology and comparative physiology of birds*, II. ed. Marshall, A. J. Academic Press, 307. ISBN: 978-1-4832-3142-6.
- Martínez, J. J., de Aranzamendi, M. C., Masello, J.F. & Bucher, E. H. (2013). Genetic evidence of extra-pair paternity and intraspecific brood parasitism in the monk parakeet. *Frontiers in Zoology*, 10:68. <https://doi.org/10.1186/1742-9994-10-68>.
- Mitchell, R. L. & Buckland, R. B. (1976). Fertility of frozen chicken semen after intravaginal and intrauterine inseminations using various concentrations and equilibration times of dimethylsulphoxide and a range of freezing and thawing rates. *Poultry Science*, 55:2195-2200. 10.3382/ps.0552195.
- Mohan, J., Sharma, S. K., Kolluri, G., Singh, R. P., Tyagi, J. S. & Kataria, J. M. (2016). Semen quality characteristics and seasonality in different varieties of male guinea fowl. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 4(6):320-326. 10.14737/journal.aavs/2016/4.6.320.326.
- Morais, M. R. P. T., Velho, A. L. M. C. S., Dantas, S. E. S. & Fontenele-Neto, J. D. (2012). Morfofisiologia da reprodução das aves: Controle endócrino do ciclo sexual das aves. *Acta Veterinaria Brasílica*, 6(4):285-293. <https://doi.org/10.21708/avb.2012.6.4.3082>.
- Muvhali, P. T., Bonato, M., Malecki, I. A. & Cloete, S. W. P. (2022). Minimum sperm dose for optimal fertility after artificial insemination in Ostriches. *Theriogenology*, 187: 34-41. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2022.04.013>.
- Nagase, H., Aoki, H., Kawakura, K., Hanada, A. & Uchino, K. (1981). Effects of polyols and amides in diluents on fertility of fresh chicken semen and their post-thaw sperm motility. *Japanese Journal of Animal Artificial Insemination Research*, 3:96-99.
- Neumann, D., Kaleta, E. F. & Lierz, M. W. (2013). Semen collection and artificial insemination in cockatiels (*Nymphicus hollandicus*) - a potential model for Psittacines. *Tierarztl Prax*, 41(2):101-105. 10.1055/s-0038-1623695.
- Nishiyama, H., Nakashima, N. & FujiharA, N. (1976). Studies on the accessory reproductive organs in the drake, 1. Addition to semen on the fluid from the ejaculatory groove region. *Poultry Science*, 55(1):234-242. 10.3382/ps.0551324.
- Oderkirk, F.H.A. & Buckland, R. B. (1977). A comparison of diluents and cryopreservative for freezing turkey semen. *Poultry Science*, 56:1861-1867. <https://doi.org/10.3382/ps.0561861>.
- Onishi, N., Fltamura, K., Kato, Y. & Akamatsu, S. (1950). Studies on the artificial insemination in ducks. Chikusan-no-kenkyu, *Animal Husbandry*, 4:19-20.
- Onishi, N., Kato, Y. & Futamura, K. (1955). Studies on the artificial insemination in ducks. *Bulletin of National Institute Agriculture Science*, Series G. II.
- Paranzini, C. S., Correia, L. E. C. S., Camargo, L. S., Silva, K. M., França, T. M., Silva, J. A. V., Veiga, N. & Souza, F. F. (2018). Feasibility of semen collection in red-winged tinamou (*Rhynchotus rufescens*) by manual stimulation and sazonality implications. *Theriogenology*, 107:36-40. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.10.032>.
- Payne, L. F. (1914). Vitality and activity of 'pena celis and artificial insemination of the ebicken. Okla. *Agricultural Experiment Station*, Circ. 30.
- Peixoto, J. V. (2023). Particularidades da reprodução de aves silvestres. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 47(2):220-225. 10.21451/1809-3000.RBRA2023.033.
- Pereira, R. J. G. (2014). Reprodução das aves. In: Cubas, Z. S., Silva, J. C. R., Catão-Dias, J. L. *Tratado de animais selvagens medicina veterinária*. (2a ed.), Roca, 2235-2269.
- Pereira, R. J. G. & Blank, M. H. (2017). Desafios e atualidades no emprego de técnicas de reprodução assistida em aves selvagens. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, Belo Horizonte, 41(1):237-242.
- Polge, C. (1951). Functional survival of fowl spermatozoa after freezing at -79 °C. *Nature (Lond.)* 167:949-950.
- Polge, C., Smith, A. U. & Parkes, A. S. (1949). Revival of spermatozoa after vitrification and dehydration at low temperatures. *Nature*, 164, 666. 10.1038/164666a0.

- Putnam, M. S. (1982). Refined techniques in crane propagation of the International Crane Foundation. *Proceedings*, 1981, Crane Workshop, 250-258.
- Quinn, J. P. & Burrows, W. H. (1936). Artificial insemination in fowls. *Journal of Heredity*, 27:31-38. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jhered.a104138>.
- Resende, O. A., Almeida, J. & Ponte, E. P. (2011). Inseminação artificial em faisões alojados em gaiolas individuais. In: Reunião anual da sociedade brasileira de tecnologia de embriões, 25., 2011, Cumbuco. *Anais...* Cumbuco: SBTE, 382.
- Resende, O. A., Santos, M. W., Souza, S. O. & Metello, J. S. (1980). Inseminação artificial em faisões. In: Congresso brasileiro de zootecnia, 1.; Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 17., 1980, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 302.
- Rose, R. (1953). Artificial insemination of geese. *Magazine of Ducks and Geese*, 4:14.
- Samour, J. H. (2004). Semen collection, spermatozoa cryopreservation, and artificial insemination in nondomestic birds. *Journal of Avian Medicine and Surgery*, 18(4):219-223. <https://doi.org/10.1647/2003-16>.
- Samour, J. H. (2002). The reproductive biology of the Budgerigar (*Melopsittacus undulatus*): Semen preservation techniques and artificial insemination procedures. *Journal of Avian Medicine and Surgery*, 16(1):39-49. <https://www.jstor.org/stable/30133205>.
- Schneider, H., Fischer, D., Mathews, S. R., Failing, K., Delehanty, D. J. & Lierz, M. (2019). Semen collection, semen analysis and artificial insemination in Columbian sharp-tailed grouse (*Tympanuchus phasianellus columbianus*) as part of a species conservation project. *Theriogenology*, 132:128-137. 10.1016/j.theriogenology.2019.03.037.
- Schramm, R. (1982). Effect of cryoprotective and concentrations of ethylene glycol and insemination doses of deepfrozen turkey semen on semen quality, sperm fertility and egg hatchability. *Mh. Veterinary Medicine*, 37:179-181.
- Schramm, G. P. (1976). Action of cryoprotectives glycerin, ethylene glycol and dimethylsulfoxide on fertilisation potential of cock semen. *Mh. Veterinary Medicine*, 31:770-773.
- Schramm, G. P. & Lohle, K. (1976). Effect of the cryoprotective agent glycerol, DMSO and ethylene glycol and of the glycerol equilibration time on the *in vitro* quality of cock spermatozoa before and after deep freezing. *Archiv fur Tierzucht*, 19:295-305.
- Schramm, R. & Lohle, K. (1978). Effect of various cold temperatures and freezing techniques on the motility and fertility of White Rock spermatozoa with ethylene glycol used as cryoprotective agent. *Mh. Veterinary Medicine*, 33:262-265.
- Scott, T., Buckland, R. B. & Kennedy, B. W. (1980). The effect of selection for fertility of frozenthawed semen on spermatozoan oxygen uptake, motility and concentration, and ejaculate volume in the chicken. *Theriogenology*, 14(4):281-298. 10.1016/0093-691x(80)90078-3.
- Serebrovskh, A. S. & Sokolovskaja, I. L. (1934). Electric ejaculation in fowl. *Animal Breeding*, Abstract 3: 73-74.
- Sexton, T. J. (1973). Effect of various cryoprotective agents on the viability and reproductive efficiency of chicken spermatozoa. *Poultry Science*, 52(4):1353-1357. 10.3382/ps.0521353.
- Sexton, T. J. (1975a). Relationship of the method of addition and temperature of cryoprotective agents to the fertilizing capacity of cooled chicken spermatozoa. *Poultry Science*, 54:845-847. 10.3382/ps.0540845.
- Sexton, T. J. (1975b). Comparison of various cryoprotective agents on washed chicken spermatozoa. 5. Effect of glucose, sucrose and polyvinylpyrrolidone. *Poultry Science*, 54:1297-1299. 10.3382/ps.0541297.
- Sexton, T. J. (1980). A new poultry semen extender. 5. Relationship of diluent components to cytotoxic effects of dimethylsulfoxide on turkey spermatozoa. *Poultry Science*, 59:1142-1144. 10.3382/ps.0591142.
- Sexton, T. J. (1981a). Development of a commercial method for freezing turkey semen. 1. Effect of pre-freeze techniques on the fertility of processed unfrozen and frozen thawed semen. *Poultry Science*, 60:1567-1573. 10.3382/PS.0601567.
- Sexton, T. J. (1981b). Effect of pre-freeze treatment on the fertilizing capacity of frozen chicken semen. *Poultry Science*, 60:1552-1557. <https://doi.org/10.3382/ps.0601552>.
- Sexton, T. J. & Gee, G. F. (1978). A comparative study on the cryogenic preservation of semen from Sandhill Crane and the domestic fowl. In: Artificial breeding of non-domestic animals. Watson, P. F. ed. *Symposium held at the Zoological Society of London*, September, 43: 89-95, Academic Press, London.
- Sharp, P. J. (2005). Photoperiodic regulation of seasonal breeding in birds. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1040: 189-199. 10.1196/annals.1327.024.
- Sharp, P. J., Dawson, A. & Lea, R. W. (1998). Control of luteinizing hormone and prolactin secretion in birds. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 119(3):275-282. 10.1016/s0742-8413(98)00016-4
- Skrobanek, P. & Ledec, M. (1983). The effect of method of adding ethylene glycol to ejaculates on the quality of frozen turkey spermatozoa. *Veterinary Medicine*, 28(7):437-442. PMID: 6414145.
- Smyth, J. R., Jr. (1968). *The artificial insemination of farm animals*. Perry, E. J. ed. New Brunswick, N. J., Rutgers University Press, 258-300.
- Soares, G. L., Oliveira, D. & Baraldi-Artoni, S. M. (2010). Aspectos da anatomia do coração do avestruz. *ARS Veterinaria*, Jaboticabal, SP, 26(1): 38-42. ISSN: 2175-0106.

- Sontakke, S. D., Umopathy, G., Sivaram, V., Kholkute, S. D. & Shivaji, S. (2004). Semen characteristics, cryopreservation, and successful artificial insemination in the Blue Rock Pigeon (*Columba livia*) *Theriogenology*, 62:139-153. 10.1016/j.theriogenology.2003.08.018.
- Spiller, N., Grahame, I. & Wise, D. R. (1977). Experiments on artificial insemination of pheasants. *World Pheasant Association Journal*, 2:89-96.
- Tang, M., Cao, J., Yu, Z., Liu, H., Yang, F., Huang, S., He, J. & Yan, H. (2021). New semen freezing method for chicken and drake using dimethylacetamide as the cryoprotectant. *Poultry Science*, 100:1-10. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101091>.
- Temple, S. A. (1972). Artificial insemination with imprinted birds of prey. *Nature*, 237(5353):287-288. 10.1038/237287a0.
- Trillmich, F. (1976). The Influence of Separation on the Pair Bond in Budgerigar (*Melopsittacus undulatus*; Aves, Psittacidae), 41(4):396-408. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1976.tb00949.x>.
- Tsarenko, R. G., Kurbatov, A. D., Mavrodina, T. G. & Popov, I. I. (1979). Effect of different cryoprotectants and period of usage on some biological properties of frozen-thawed goose semen. Sb. Nauchno. Tr. Nauchno-Issled. *Institute Razved. Genetic Skh. Zhivotnovod*, 27:83-88.
- Tsarenko, R. G., Kurbatov, A. D. & Mavrodina, T. G. (1980). Lowered fertilising ability of gander frozen and thawed semen at the end of the breeding season. Byull. Vses. Nauchno-Issled. *Institute Razved. Genetic Skh. Zhivotnovod*, 43:28-34.
- Váradí, É., Drobnyák, Á., Végi, B., Liptói, K., Kiss, C. & Barna, J. (2019). Cryopreservation of gander semen in cryovials-Comparative study. *Acta Veterinaria Hungarica*, 67(2):246-255. 10.1556/004.2019.026.
- Váradí, É., Végi, B., Liptói, K. & Barna, J. (2013). Methods for cryopreservation of guinea fowl sperm. *Plos One*, 8(4):1-6. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062759>.
- Villaverde-Morcillo, S., García-Sánchez, R., Castaño, C., Rodríguez, E., Gonzalez, F., Esteso, M. & Santiago-Moreno, J. (2015). Characterization of natural ejaculates and sperm cryopreservation in a golden eagle (*Aquila chrysaetus*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 46(2):335-338. 10.1638/2013-0293R1.1.
- Watanabe, M. (1967). Studies on deep freezing preservation of chicken semen. *Journal of the Faculty of Fisheries and Animal Husbandry*, Hiroshima University, 7:9-23. <https://doi.org/10.15027/40640>.
- Watanabe, M. (1957). An improved technique of the artificial insemination in ducks. *Journal of the Faculty of Fisheries and Animal Husbandry*, Hiroshima University, 1:36-38.
- Watanabe, M. (1961). Experimental studies on the artificial insemination of domestic ducks with special reference to the production of mule ducks. *Journal of the Faculty of Fisheries and Animal Husbandry*, Hiroshima University, 3(2):439-478.
- Watanabe, M., Matsumoto, Y., Takeshita, N. & Terada, T. (1981). Fertility of Muscovy semen frozen for about three years. *Journal of the Faculty of Applied Biological Science*, Hiroshima University, 20:81-85. <https://doi.org/10.15027/23425>.
- Watanabe, M., Sato, T., Terada, T. & Okada, I. (1974). Adequate prefreezing time in the frozen preservation of poultry semen. *Jpn. Journal of Animal Reproduction*, 20:32-34.
- Westfall, F. D. & Harris, G. C. (1975). The ability of cryopreservatives to prevent motility loss and freeze-thaw damage to the acrosome of chicken spermatozoa. *Cryobiology*, 12:89-92. 10.1016/0011-2240(75)90043-7.
- Williamson, R. G., Etches, R. J., Reinhart, B. S., Macpherson, J. W. (1981). The effect of cooling rate before freezing and the temperature of the semen upon addition of DMSO on the fertilizing capacity of chicken semen stored at -196 °C. *Reproduction Nutrition Development*, 21:1033-1042.
- Wishart, G. J. (2003). The cryopreservation of germplasm in domestic and non-domestic birds. In: Watson, P. F. & Holt, W. V. *Cryobanking the genetic resource*. CRC Press, Cap.11, 180-200.
- Woelders, H. (2021). Cryopreservation of avian semen. In *Cryopreservation and Freeze-Drying Protocols*; Wolkers Willem, F., Oldenhof, H., Eds.; Springer: New York, NY, USA, 379-399.
- Zhang, Q., Guldbrandtsen, B., Bosse, M., Lund, M. S. & Sahana, G. (2015). Runs of homozygosity and distribution of functional variants in the cattle genome. *BMC Genomics*, 1(16):1-13. 10.1186/s12864-015-1715-x.