INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
CAMPUS SOUSA
BACHARELADO EM MEDICINA VETERINÁRIA

Nathalie Gazzaniga

DINÂMICA FOLICULAR NA ZEBRA-DAS-PLANÍCIES (*EQUUS QUAGGA*)

Sousa – PB

2026

Nathalie Gazzaniga

DINÂMICA FOLICULAR NA ZEBRA-DAS-PLANÍCIES (*EQUUS QUAGGA*)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado, como parte das exigências para a conclusão do Curso de Graduação de Bacharelado em Medicina Veterinária do Instituto Federal da Paraíba, Campus Sousa.

Orientador: Professor Dr. Francisco Léo Nascimento de Aguiar

Coorientador: Professor Dr. Eduardo Leite Gastal

2026

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA

BIBLIOTECA CENTRAL DO IFPB CAMPUS SOUSA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Milena Beatriz Lira Dias da Silva – Bibliotecária CRB 15/964

Gazzaniga, Nathalie.

G291d

Dinâmica folicular na zebra-das-planícies (Equus quagga) / Nathalie Gazzaniga, 2026.

32 p : il..

Orientador: Prof. Dr. Francisco Léo Nascimento de Aguiar.
TCC (Bacharelado em Medicina Veterinária) - IFPB, 2026.

1. Tecnologias de reprodução assistida.
2. Ultrassonografia. 3. Hormônios reprodutivos. 4. Sincronização de estro. I. Título. II. Aguiar, Francisco Léo Nascimento de.

IFPB Sousa / BC CDU 619

NATHALIE GAZZANIGA

DINÂMICA FOLICULAR NA ZEBRA-DAS-PLANÍCIES (*EQUUS QUAGGA*)

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em 5/02/2026 pela Comissão Examinadora:

Orientador(a):

gov.br Documento assinado digitalmente
FRANCISCO LEO NASCIMENTO DE AGUIAR
Data: 21/10/2026 13:11:43-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Francisco Léo Nascimento de Aguiar
IFPB Campus Sousa
Departamento de Medicina Veterinária

Avaliadores (a):

gov.br Documento assinado digitalmente
DANILO LOURENCO DE ALBUQUERQUE
Data: 21/10/2026 13:41:12-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Danilo Lourenço de Albuquerque
Faculdade São Francisco – Cajazeiras, PB
Departamento de Medicina Veterinária

gov.br Documento assinado digitalmente
LIVIA BATISTA CAMPOS
Data: 21/10/2026 14:24:45-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Dra. Livia Batista Campos
IFPB Campus Sousa
Departamento de Medicina Veterinária

Sousa

05/02/2026

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, que sempre foi minha base. Ao meu noivo, pelo amor e companheirismo. Aos meus avós, que vivem em minhas lembranças e pensamentos, e que tanto sonharam em me ver chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é resultado de uma experiência acadêmica internacional desenvolvida nos Estados Unidos, que foi fundamental para minha formação profissional e para a construção deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Agradeço profundamente ao meu professor e orientador, Dr. Francisco Léo Nascimento de Aguiar, por todo o suporte, orientação e pela confiança em mim desde o início. Graças ao seu apoio, esse sonho se tornou realidade.

Ao professor Dr. Eduardo Leite Gastal, meu orientador e supervisor nos Estados Unidos, deixo minha gratidão por me acolher e acreditar no meu potencial. A convivência diária, seus ensinamentos e o exemplo de dedicação foram fundamentais para o meu desenvolvimento e amadurecimento profissional. Agradeço também à Kendall Hyde, doutoranda e colega de trabalho, por dividir comigo sua rotina, por me ensinar com paciência, positividade e por estar sempre disposta a ajudar. Seu apoio diário fez toda a diferença nessa jornada.

À minha família, ao meu noivo e meus amigos, no Brasil e nos Estados Unidos, meu sincero obrigado por cada palavra de incentivo, por torcerem por mim e por me darem forças nos momentos mais desafiadores. Agradeço especialmente à Southern Illinois University (SIU) e às pessoas incríveis que conheci durante essa experiência. A acolhida, o apoio e o carinho que recebi aqui me ajudaram a crescer, a me sentir em casa mesmo tão longe, tornando essa vivência ainda mais especial.

Finalizo com gratidão por tudo que vivi e aprendi. Levo comigo não apenas conhecimentos técnicos, mas também vivências, memórias e laços que certamente marcarão toda a minha trajetória.

RESUMO: As zebras-das-planícies (*Equus quagga*) desempenham um papel ecológico fundamental nos ecossistemas africanos como importantes herbívoros que contribuem para a manutenção da biodiversidade, além de representarem fonte de alimento para predadores de grande porte. Apesar de sua relevância ecológica e conservacionista, as zebras vêm enfrentando ameaças como perda de habitat, caça ilegal e competição com animais de criação, fatores que comprometem sua sobrevivência a longo prazo. A escassez de estudos e informações sobre a fisiologia reprodutiva dessa espécie representa um obstáculo à aplicação de biotecnologias reprodutivas, que poderiam auxiliar em programas de conservação. A maior parte das informações disponíveis decorre de observações comportamentais em vida livre ou em zoológicos, bem como de análises post mortem, com poucos registros da dinâmica ovariana ao longo do ciclo estral. Portanto, este estudo objetivou descrever a dinâmica folicular de zebras-das-planícies em ciclos estrais espontâneos e induzidos. O estudo foi conduzido em um zoológico no Brasil ao longo de 24 meses, utilizando quatro zebras fêmeas não prenhes, submetidas a monitoramento ultrassonográfico diário. Foram avaliados dois experimentos: (i) caracterização de ciclos estrais espontâneos e (ii) ciclos com indução hormonal da ovulação utilizando prostaglandina (PGF2α) e gonadotrofina coriônica humana (hCG). Nos ciclos espontâneos, as zebras apresentaram intervalos interovulatórios prolongados (aproximadamente 37,7 dias), baixa quantidade de folículos antrais (média de 3,1 ± 0,3), ausência de ondas foliculares típicas e ocorrência frequente de ovulações duplas. Os folículos pré-ovulatórios apresentaram diâmetro médio aproximado de 36 mm e crescimento folicular mais lento quando comparado ao observado em éguas e jumentas. Nos ciclos induzidos, observou-se resposta previsível aos tratamentos hormonais, com ovulações ocorrendo em intervalos consistentes após a aplicação de PGF2α e hCG, acompanhadas por folículos pré-ovulatórios de tamanho compatível com a espécie. Além disso, os folículos induzidos apresentaram maiores taxas de crescimento durante o período pré-ovulatório quando comparados aos ciclos espontâneos. Conclui-se que as zebras apresentam características reprodutivas particulares quando comparadas a equídeos domésticos, incluindo ciclos estrais mais longos e dinâmica folicular distinta. No entanto, a resposta previsível aos fármacos utilizados indica que protocolos de indução de ovulação podem ser aplicados com sucesso, fornecendo base e incentivos para um futuro emprego de técnicas de reprodução assistida na conservação da espécie.

Palavras-chave: Tecnologias de Reprodução Assistida. Ultrassonografia. Hormônios Reprodutivos. Sincronização de estro.

ABSTRACT: Plains zebras (*Equus quagga*) play a fundamental ecological role in African ecosystems as important herbivores that contribute to the maintenance of biodiversity, in addition to serving as a food source for large predators. Despite their ecological and conservational relevance, zebras have been facing threats such as habitat loss, illegal hunting, and competition with livestock species, which may compromise their long-term survival. The scarcity of studies and information on reproductive biotechnologies is a concern, hampering the development of conservative programs. Most of the available information derives from behavioral observations in free-ranging or captive animals, as well as *post-mortem* analyses, with few records of ovarian dynamics throughout the estrous cycle. Therefore, this study aimed to describe the follicular dynamics of plains zebras in both spontaneous and induced estrous cycles. The study was conducted in a zoo in Brazil over a period of 24 months, using four non-pregnant female zebras that were subjected to daily ultrasonographic monitoring. Two experiments were evaluated: (i) chacterization of spontaneous estrous cycles and (ii) cycles with hormonally induced ovulation using prostaglandin (PGF2α) and human chorionic gonadotropin (hCG). During spontaneous cycles, zebras showed prolonged interovulatory intervals (approximately 37.7 days), a low number of antral follicles (mean of 3.1 ± 0.3), absence of typical follicular waves, and more frequency of double ovulations. Pre-ovulatory follicles had an average diameter of approximately 36 mm and exhibited slower follicular growth when compared with that observed in mares and jennies. In induced cycles, a predictable response to hormonal treatments was observed, with ovulations occurring at consistent intervals after the administration of PGF2α and hCG, accompanied by pre-ovulatory follicles of sizes compatible with the species. Additionally, induced follicles showed higher growth rates during the pre-ovulatory period when compared with spontaneous cycles. It is concluded that zebras had reproductive characteristics compared to domestic equids, including longer estrous cycles and distinct follicular dynamics. However, the predictable response to the drugs used indicates that ovulation induction protocols can be successfully applied, providing a basis and encouragement for the future use of assisted reproductive techniques in the conservation of this species.

Keywords: Assisted Reproductive Technologies. Ultrasonography. Reproductive Hormones. Estrus Sinchronicity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Esquema representativo do trato reprodutivo feminino da zebra-das-planicies (Equus quagga). 6
Figura 2. Fotografias do manejo e ultrassonografia zebra "Pepita". 13
Figura 3. Imagens ultrassonográficas do trato reprodutivo. 10
Figura 4. (A) Diâmetro médio dos três maiores folículos (F1, F2 e F3), (B) número total de folículos e (C) número de folículos por classe de diâmetro ao longo do intervalo interovulatório em zebras-das-planícies (Equus quagga). 17
Figura 5. Diâmetro dos folículos ovulatórios durante o intervalo interovulatório e o período pré-ovulatório em ovulações simples e duplas. 17
Figura 6. Dinâmica do crescimento folicular durante ciclos estrais espontâneos em zebras-das-planícies (Equus quagga). 19
Figura 7. Perfis individuais de crescimento folicular durante ciclos estrais induzidos em zebras-das-planícies (Equus quagga) 22
Figura 8. Comparação entre ciclos estrais espontâneos e induzidos em zebras-das-planícies (Equus quagga) durante o período pré-ovulatório 23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dinâmica folicular em ciclos estrais espontâneos. Média (± EPM) da duração dos intervalos, diâmetros e taxas de crescimento do futuro folículo ovulatório; diâmetro dos três maiores folículos; número de folículos por dia em cada classe de tamanho; e número de ondas foliculares durante o intervalo interovulatório (IOI) em zebras-das-planícies (Equus quagga). 16

Tabela 2. Médias (± EPM) da duração dos intervalos, diâmetros e taxas de crescimento do futuro folículo ovulatório; diâmetros dos três maiores folículos; número de folículos por dia, desde a administração de prostaglandina (PG) até o dia -1, em zebras-das-planícies *(Equus quagga).* 20

Tabela 3. Comparação entre os principais parâmetros reprodutivos observados em zebras (Equus burchelli) neste estudo e aqueles relatados na literatura para éguas (Equus caballus) e jumentas (Equus asinus). 27

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

A- Painel A da figura

B- Painel B da figura

C- Painel C da figura

D- Painel D da figura

F1- Folículo dominante (maior folículo)

F2- Segundo maior folículo

F3- Terceiro maior folículo

hCG- Gonadotropina coriônica humana (human chorionic gonadotropin)

IOI- Intervalo interovulatório

mm- Milímetros

n- Número de observações

OV- Ovulação

P- Probabilidade estatística

PG- Prostaglandina

SEM- Erro padrão da média (Standard error of the mean)

± - Mais ou menos

< - Menor que

> - Maior que

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 1
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 4
2.1 Taxonomia, distribuição geográfica e habitat das espécies de zebra 4
2.2 Características gerais sobre zebras e distribuição geográfica 4
2.3 Características morfológicas, comportamento social e anatomia 5
2.4 Aspectos da reprodução em zebras 7
2.4.1 Comportamento reprodutivo 7
2.4.2 Ciclo estral e dinâmica ovariana em zebras 7
2.4.3 Gestação, parto e período pós-parto 8
2.5 Considerações 8
3. MATERIAL E MÉTODOS 9
3.1 Animais 9
3.2 Delineamento experimental e avaliação ultrassonográfica 9
3.3 Encurtamento do ciclo estral (short-cycling) e sincronização da ovulação 11
3.4 Avaliação da dinâmica ovariana 11
3.4.1 Acompanhamento e mensuração folicular 11
3.4.2 Surgimento folicular, divergência e taxas de crescimento 11
3.4.3 Identificação de onda foliculares e classificação dos folículos 12
3.4.4 Avaliação do edema uterino 12
3.5 Análises estatísticas 13
4. RESULTADOS 14
4.1 Dinâmica folicular 14
4.2 Folículos ovulatório 17
4.3 Folículos acompanhados individualmente por zebra 18
4.4 Dinâmica folicular 19
4.5 Folículos acompanhados individualmente por zebra 22
4.6 Comparação entre ciclos ovulatórios espontâneos e induzidos 22
5. DISCUSSÃO 24
6. CONCLUSÕES 28
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 29

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, existem três espécies de zebra viventes: a zebra-das-planicies (*Equus quagga*), a zebra-da-montanha (*E. Zebra*) e a zebra-de-Grévy (*E. Grevyi)*; entretanto, todas as espécies de zebra enfrentam desafios críticos à sua sobrevivência (Ireland & Ruxton, 2025; Kirathe & Rubenstein, 2025; IUCN SSC Equid Specialist Group, 2025). Como herbívoro pastejador, a zebra-das-planícies promove a biodiversidade por meio da manutenção e regulação do crescimento das savanas e pastagens, além de atuar como importante fonte alimentar para grandes predadores (Fischhoff, 2007). Embora a zebra desempenhe um importante papel cultural e ecológico como espécie-chave das savanas do leste e sul da África, os estudos sobre sua fisiologia reprodutiva ainda são escassos. Além disso, grande parte do conhecimento fundamental disponível acerca da fisiologia reprodutiva das zebras foi obtida a partir de exames post-mortem (Smuts, 1976; Westlin-van Aarde et al., 1988), dados observacionais sobre o parto e comportamento reprodutivo (King, 1965; Wackernagel, 1965) ou avaliações de níveis hormonais em fezes e urina (Asa et al., 2001).

Embora a zebra-das-planícies não seja atualmente classificada como espécie ameaçada de extinção, essa espécie enfrenta desafios críticos à sua sobrevivência, uma vez que muitos indivíduos são caçados ou mortos ilegalmente devido ao valor de suas peles distintas e valiosas. Adicionalmente, as zebras são fortemente afetadas pela fragmentação de habitats decorrente da intervenção humana e da competição com animais domésticos (Fischhoff, 2007; King e Moehlman, 2016). Dessa forma, esforços de conservação, incluindo programas de manejo reprodutivo em ambientes *in situ* e *ex situ*, são essenciais para garantir a sobrevivência dessa importante espécie africana. Devido à limitação de estudos sobre a fisiologia reprodutiva da zebra, a maior parte das informações referentes à dinâmica ovariana, folicular e uterina ao longo do ciclo estral é inferida a partir de outras espécies de equídeos domésticos mais bem estudadas, como a égua e a jumenta (Li et al., 2021; Segabinazzi et al., 2023) e até mesmo entre diferentes raças de éguas (Gastal et al., 2008a). Ainda assim, a ciclicidade reprodutiva tanto em éguas quanto em jumentas é caracterizada por ondas de emergência sincronizadas, e crescimento e regressão sincronizados de múltiplos folículos ovarianos (estruturas que abrigam o oócito). Estas ondas de emergência folicular, por vezes, são acompanhadas pela seleção de um folículo dominante, que potencialmente ovulará (Gastal et al., 1997; Li et al., 2021; Segabinazzi et al., 2023). Diversos tipos dessas ondas foliculares já foram caracterizados em éguas e jumentas,

incluindo ondas maiores, nas quais ocorre a seleção e o estabelecimento de dominância de um folículo enquanto os folículos subordinados entram em regressão, e ondas menores, nas quais a dominância não ocorre (Ginther, 2012; Li et al., 2021; Duval et al., 2022; Segabinazzi et al., 2022). As ondas maiores podem ser ainda subdivididas em ondas primárias, nas quais o folículo dominante ovula, e ondas secundárias, nas quais ele regride (Ginther, 2012). Em éguas e jumentas, podem ocorrer de uma a três ondas foliculares por intervalo interovulatório (IOI; intervalo entre duas ovulações consecutivas), sendo que cada IOI apresenta duração média entre 21 e 26 dias, dependendo de diversos fatores, incluindo espécie, raça e época do ano (Gastal et al., 2008a; Li et al., 2021; Duval et al., 2022; Segabinazzi et al., 2022).

O desenvolvimento de ARTs em espécies de zebra tem sido lento quando comparado aos equídeos domésticos, provavelmente devido à dificuldade de contenção segura e eficaz e à escassez de informações sobre a fisiologia reprodutiva (Adams et al., 2009). Apesar dessas limitações, algumas técnicas de reprodução assistida já foram estudadas em zebras, incluindo OPU e fertilização in vitro (IVF; Meintjes et al., 1997), transferência nuclear de células somáticas (SCNT; Gambini et al., 2020) e transferência de embriões (Summers et al., 1987). De fato, um potro da espécie zebra-das-planícies nasceu a partir da transferência de embrião para uma égua pônei da raça Welsh (Summers et al., 1987). Ainda assim, as ARTs mais básicas e menos invasivas (por exemplo, protocolos de inseminação artificial, ainda não foram plenamente desenvolvidas para zebras, principalmente devido à falta de conhecimento sobre a sua fisiologia reprodutiva.

Nesse contexto, a zebra-das-planícies apresenta-se como uma espécie particularmente atrativa para estudos, uma vez que sua população relativamente maior (150.000-250.000 indivíduos adultos; King e Moehlman, 2016) permite seu uso como espécie modelo para o estudo de zebras mais ameaçadas, como a zebra-de-Grévy (<2.000 indivíduos adultos; Rubenstein et al., 2016) e a zebra-da-montanha (<35.000 indivíduos adultos; Gosling et al., 2019). Portanto, estudos que caracterizem o ciclo estral da zebra-das-planícies avaliem o impacto de fármacos exógenos comumente utilizados em ARTs (como prostaglandinas e gonadotrofinas coriônicas) são essenciais para o desenvolvimento de métodos seguros, eficazes e aplicáveis de reprodução assistida nessa espécie de importância crítica em diversos biomas.

Com base nas informações prévias sobre a dinâmica folicular da égua e da jumenta, e carências destas informações em zebras, o presente estudo levantou as seguintes hipóteses: (i) embora apresente semelhanças coma égua e a jumenta, as fêmeas de zebra-das-planícies exibem diferenças específicas relacionadas ao ciclo estral e à dinâmica folicular; (ii) a fêmea de zebra-

das-planícies responde de forma adequada e consistente a fármacos luteolíticos e indutores da ovulação.

Portanto, o presente estudo originalmente descreve e compara, a dinâmica folicular de fêmeas de zebra-das-planícies (*Equus quagga*) utilizando dados obtidos por meio de monitoramento ultrassonográfico transretal dos ovários durante ciclos estrais espontâneos (sem administração de hormônios exógenos - Experimento 1) ou ciclos com indução da ovulação (administração de hormônios exógenos - Experimento 2).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Taxonomia, distribuição geográfica e habitat das espécies de zebra

As zebras pertencem à família *Equidae*, que inclui cavalos, jumentos e asnos selvagens. Dentro do gênero *Equus*, são reconhecidas três espécies de zebras: a zebra-de-Grévy (*Equus grevyi*), a zebra-da-montanha (*Equus zebra*) e a zebra-das-planícies (*Equus quagga*).

2.2 Características gerais sobre zebras e distribuição geográfica

As zebras são equídeos não domésticos que desempenham papel fundamental nos ecossistemas africanos, especialmente em ambientes de savanas e campos abertos. Como herbívoros pastejadores, contribuem diretamente para o controle de vegetação, a ciclagem de nutrientes e a manutenção da heterogeneidade dos habitats, influenciando a dinâmica de outras espécies herbívoras e de seus predadores naturais (Rubenstein, 2008; Moehlman, 2022). Além disso, as zebras atuam como importantes dispersoras de sementes e constituem uma fonte essencial de alimento para grandes carnívoros, contribuindo para o equilíbrio ecológico.

A zebra-de-Grévy (Equus grevyi) apresenta distribuição restrita às regiões semiáridas do norte do Quênia e partes da Etiópia, com sua principal população concentrada no ecossistema Laikipia-Samburu (Sundar esan et al., 2008). A zebra-da-montanha (Equus zebra) ocorre principalmente em regiões montanhosas e áridas do sul da África, abrangendo a Namíbia e África do Sul (Novellie et al., 2002). A zebra-das-planícies (Equus quagga), por sua vez, apresenta a distribuição mais ampla entre as espécies, ocorrendo em extensas áreas da África subsaariana, especialmente em savanas e campos abertos (Shedrack, 2002).

A zebra-das-planícies é a espécie de zebra mais abundante e amplamente distribuída na África, com populações estimadas entre 500.000 e 750.000 indivíduos (IUCN Red List, 2015; World Land Trust, 2024). Essa espécie atua como engenheiro ecológico das pastagens africanas, moldando a estrutura da vegetação através do pastoreio seletivo e facilitando o acesso de outras espécies herbívoras a forragem de melhor qualidade (Ireland & Ruxton, 2025). Apesar de sua abundância relativa, a zebra-das-planícies tem experimentado declínios regionais significativos, com uma redução aproximada de 25% desde 1992 em muitos países de sua distribuição (IUCN Red List, 2015).

Apesar de sua relevância ecológica, cultural e econômica, algumas espécies de zebras apresentam declínio populacional significativo. A zebra-de-Grévy e a zebra-da-montanha encontram-se classificadas como ameaçadas de extinção segundo a lista vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, 2008). Entre os principais fatores

associados a esse declínio destacam-se a perda e fragmentação de habitat, a competição da disponibilidade de recursos hídricos, a caça e a crescente pressão antrópica. Nesse contexto, o conhecimento aprofundado sobre a fisiologia reprodutiva das zebras torna-se essencial para subsidiar estratégias eficazes de conservação, tanto in situ quanto ex situ.

No entanto, diferentemente dos equídeos domésticos, as zebras apresentam limitações comportamentais e de manejo que dificultam a obtenção de dados reprodutivos detalhados, resultando em lacunas significativas no conhecimento científico sobre aspectos como dinâmica folicular, características do ciclo estral e resposta a intervenções hormonais (King, 1965; Smuts, 1976; Asa et al., 2001).

2.3 Características morfológicas, comportamento social e anatomia

As zebras distinguem-se facilmente de outros equídeos por seu padrão característico de listras pretas e brancas, o qual varia entre espécies e indivíduos. Essas listras desempenham funções adaptativas ainda não completamente esclarecidas, sendo associadas principalmente à proteção contra ectoparasitas, à termorregulação e ao reconhecimento social (Larison et al., 2015). Cada indivíduo apresenta um padrão único de listras, funcionando como uma "impressão digital" (Larison et al., 2015).

Do ponto de vista social, as zebras apresentam sistemas de organização distintos entre as espécies. As zebras-das-planícies e as zebras-da-montanha organizam-se predominantemente em haréns, compostos por um garanhão dominante, várias fêmeas tendem a permanecer no mesmo grupo ao longo da vida, enquanto os machos abandonam o grupo ao atingir a maturidade sexual para formar novos haréns (Grubb, 1981; Furstenburg, 2009).

Em contraste, a zebra-de-Grévy apresenta um sistema social territorial, no qual os machos defendem áreas especificas para atrair as fêmeas em estro. As fêmeas não permanecem fixas em um único território, deslocando-se entre diferentes áreas em busca de recursos, o que resulta em um sistema reprodutivo mais flexível e poliândrico (Mohelman, 2002; Rubenstein, 1986).

O sistema reprodutor feminino das zebras é semelhante ao de outros equídeos, sendo composto por dois ovários, ovidutos pares, dois cornos uterinos, corpo do útero, cérvix e vagina (Ginther, 1992). Nos exemplares de zebra-das-planícies, os ovários apresentam aproximadamente 5 cm de comprimento, enquanto os cornos uterinos medem entre 20 e 25 cm, e o corpo uterino entre 10 e 15 cm (King, 1965).

A zebra-de-Grévy apresenta órgãos reprodutivos cerca de 10% maiores que os da zebra-das-planícies, o que está relacionado ao maior porte corporal da espécie (King, 1965). Em relação as zebras-da-montanha, embora existam poucos dados morfológicos detalhados, estudos indicam

que o tamanho e peso ovariano situam-se em valores intermediários entre as demais espécies, com características anatômicas típicas dos equídeos, como a presença da fossa de ovulação (Smuts, 1976; Westlin-van Aarde et al., 1988).

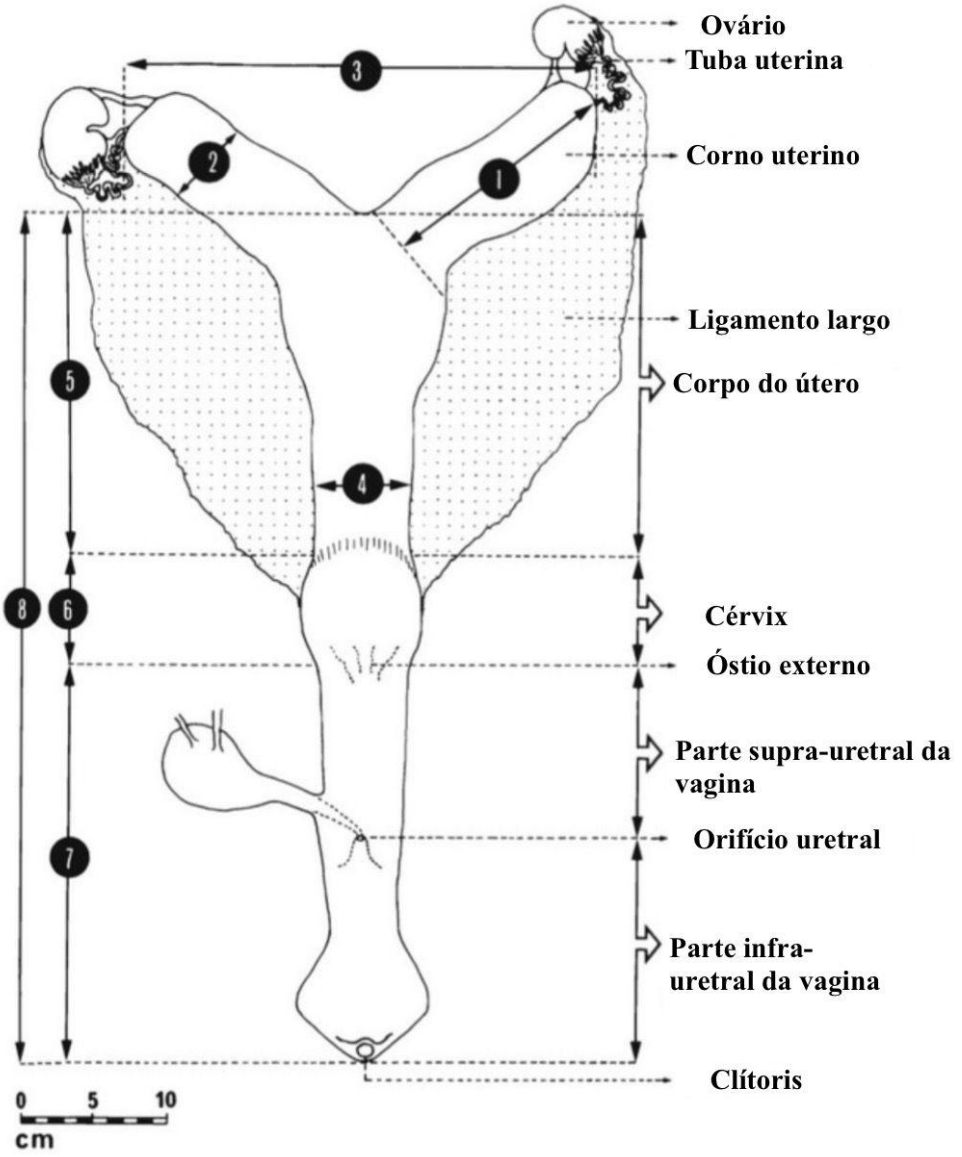


Figura 1. Esquema representativo do trato reprodutivo feminino da zebra-das-planícies *(Equus quagga)*.

Fonte: Smuts, C.L. (1976).

2.4 Aspectos da reprodução em zebras

2.4.1 Comportamento reprodutivo

As zebras apresentam sistema de acasalamento poligínico, no qual um macho copula com múltiplas fêmeas. Nas zebras-das-planícies e nas zebras-da-montanha, as fêmeas tendem a formar vínculos duradouros com um único macho, enquanto na zebra-de-Grévy o sistema é mais flexível, com fêmeas copulando com diferentes machos ao longo do ciclo reprodutivo (Ginsberg & Rubenstein, 1990).

A detecção do estro corre por meio de sinais comportamentais e químicos, incluindo posturas especificas, vocalizações e o reflexo de flehmen por parte dos machos. O período de estro é caracterizado por aumento de receptividade sexual, sendo a cópula geralmente breve, porém repetida ao longo desse período (Rubenstein, 1994).

2.4.2 Ciclo estral e dinâmica ovariana em zebras

O ciclo estral das zebras é dividido em fase folicular e luteal, semelhante ao observado em equídeos domésticos (Ginther, 1992). A fase folicular é marcada pelo crescimento dos folículos, aumento da produção de estrogênio e manifestação de comportamento estral, enquanto a fase luteal caracteriza-se pela formação e atividade do corpo lúteo, com secreção de progesterona (Smuts, 1974).

A duração do ciclo estral varia entre 19 e 33 dias, com estro durando entre 2 e 9 dias. A ovulação ocorre geralmente nas últimas 24 a 48 horas do estro e acontece exclusivamente na fossa ovulatória, estrutura característica dos ovários de equídeos (King, 1965; Van Niekerk & Morgenthal, 1990).

As zebras são consideradas poliéstricas sazonais, apresentando maior atividade reprodutiva durante a estação chuvosa, período associado à maior disponibilidade de alimento (Smuts, 1976; Nunez et al., 2011).

Especificamente, aproximadamente 85% de todos os acasalamentos e parições ocorrem durante os meses chuvosos de verão, entre outubro e março, quando há maior disponibilidade de forragem de qualidade (Smuts, 1976). Embora o ciclo reprodutivo das zebras seja sincronizado com o fotoperíodo, similar aos equídeos domésticos, a reprodução das zebras é influenciada não apenas pela variação no comprimento do dia, mas também pela disponibilidade de recursos alimentares e hídricos (Nunez et al., 2011).

Diferentemente dos cavalos domésticos, que apresentam sazonalidade reprodutiva fortemente controlada pelo fotoperíodo, as zebras mostram maior flexibilidade reprodutiva,

podendo ciclar durante todo o ano em ambientes de cativeiro quando há adequada disponibilidade de alimento (Nunez et al., 2011). Fora da estação reprodutiva, as fêmeas podem entrar em anestro, caracterizado pela ausência de ovulação e pela presença apenas de pequenos folículos ovarianos (Smuts, 1979; Westlin-van Aarde et al., 1988).

2.4.3 Gestação, parto e período pós-parto

A duração da gestação varia entre as espécies. Na zebra-das-planícies, a gestação dura em média 371 dias, enquanto na zebra-de-Grévy pode ultrapassar 390 dias (King, 1972; Read et al., 1992). A zebra-da-montanha apresenta período gestacional aproximado de um ano.

O parto ocorre geralmente de forma isolada, com fêmeas afastando-se do grupo. Após o nascimento, o potro apresenta rápido desenvolvimento locomotor, permanecendo próximo à mãe. O estro pós-parto ocorre entre 7 e 14 dias após o parto, embora a fertilidade desse primeiro estro possa variar entre espécies e indivíduos (Wackernagel, 1966; Smuts, 1974).

No puerpério, além da recuperação uterina, ocorre a eliminação dos anexos fetais e o restabelecimento progressivo da atividade reprodutiva. Em observações da zebra-de-Grévy *(Equus grevyi)* a placenta pode ser expelida poucos minutos após o parto (~ 8 min), e o neonato apresenta elevada precocidade locomotora, tentando levantar-se em poucos minutos e conseguindo manter-se em estação e caminhar pouco tempo depois, o que é consistente com estratégias de sobrevivência em ambientes com pressão de predadores (Roberts, 2012).

Em zebras-das-planícies *(Equus quagga)*, também é descrito o retorno precoce ao estro após-parto ("cio do potro"), geralmente entre 7 a 10 dias após o nascimento; em dados do Parque Nacional Kruger, o primeiro estro pós-parto ocorreu entre 8 e 9 dias, com duração aproximada de seis dias (Smuts, 1976). Esse retorno produtivo pode ocorrer ainda durante a lactação, permitindo uma nova concepção enquanto a fêmea mantém os cuidados maternos com o filhote.

Há relatos de lactação em torno de 7 a 11 meses e desmame comumente próximo de 11 meses (variação de 9 a 16 meses) (Smuts, 1976).

2.5 Considerações

O conhecimento detalhado do ciclo estral e da dinâmica ovariana é fundamental para o sucesso dessas técnicas. Assim, a extrapolação dos protocolos desenvolvidos para equinos domésticos tem sido utilizada como base para o manejo reprodutivo de zebras. Portanto, embora adaptações específicas são necessárias devido as particularidades fisiológicas e comportamentais dessas espécies, o que torna premente o desenvolvimento de conhecimentos direcionados a compreensão da fisiologia do sistema reprodutivo das zebras focado na aplicabilidade de tecnologias de reprodução assistida.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Animais

Este estudo foi conduzido em um zoológico particular no Brasil, no estado do Maranhão, na cidade Santa Luzia do Tide, ao longo de um período de 24 meses. Foram utilizadas em fêmeas de zebra-das-planícies saudáveis e cíclicas (*Equus quagga*; n= 4), com idades entre 5 e 8 anos (média, 6,5 ± 0,6 anos), pesos médios de 375,0 ± 15,5 kg (variação, 350-420 kg) e em bom escore de condição corporal (escores 6-7; Henneke et al., 1983; Bray e Edwards, 1999). As quatro zebras haviam parido previamente 1-2 potros vivos pelo menos um ano antes do início da coleta de dados e não estavam lactando no momento dos experimentos. Do ponto de vista do bem estar animal, cada zebra recebeu aproximadamente 12 meses de treinamento para adaptação ao manejo humano, bem como condicionamento apropriado para entrar no tronco de contenção para permitir a realização segura de palpação transretal e exames ultrassonográficos.

Durante todo o experimento, todos os animais foram mantidos juntos sob as mesmas condições de manejo, em pastagem natural, com acesso ad libitum à água e ao sal mineral, além de suplementação com 3 kg de ração balanceada por dia, fornecida em incrementos de 1 kg ao longo do dia. Ademais, nenhum animal foi exposto à iluminação artificial para indução de fotoperíodo. Toda a pesquisa deste estudo foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa Institucional do Departamento de Medicina Veterinária, Campus Sousa, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Brasil, processo número 23000.003528.2025-01.

3.2 Delineamento experimental e avaliação ultrassonográfica

Todas as zebras foram examinadas diariamente por via transretal utilizando ultrassom modo B (Pie Medical 480; Pie Medical Imaging, Maastricht, Limburg, Países Baixos) equipado com transdutor linear (5 MHz) para avaliação do trato reprodutivo. Não foram utilizados sedativos, agentes espasmolíticos ou anestesia epidural caudal durante os exames. A palpação transretal e as avaliações foram realizadas pelo mesmo operador experiente e duraram aproximadamente 5 –10 minutos por zebra. Neste estudo foram conduzidos dois experimentos.

A coleta de dados foi iniciada somente após esses 16 meses de treinamento intensivo e foi realizada sem sedação em todas as zebras. Todos os dados foram coletados de abril a novembro

por meio de ultrassonografia transretal, sendo observado um efeito sazonal mínimo. Imagens ultrassonográficas de (A-C) folículos, (D-E) corpos lúteos e (F-H) útero em zebras são apresentadas (Fig. 3). Folículos em diferentes estágios podem ser visualizados, incluindo (A) folículos em início de crescimento, (B) um futuro folículo dominante próximo a um folículo pequeno e (C) um folículo pré-ovulatório. Em (D), observa-se um corpo lúteo (CL) grande e recente ao lado de um folículo pequeno. Em (E), é mostrado um CL em regressão. O útero é apresentado em diferentes estágios do ciclo estral da zebra, incluindo (F) a bifurcação dos cornos uterinos durante o diestro, (G) o corpo uterino durante o diestro e (H) um corte transversal do corno uterino durante o estro.

O Experimento 1 teve como objetivo avaliar os ciclos estrais espontâneos em 4 zebras (“Devassa”. “Maravilha”, “Pepita” e “Vitória”) ao longo de dois a três intervalos interovulatórios (IOI) não consecutivos. Já no experimento 2 teve como objetivo avaliar a viabilidade do encurtamento do ciclo estral (short-cycling) e da sincronização da ovulação, bem como avaliar a dinâmica folicular e o tempo até a ovulação após aplicações de hormônios exógenos em duas zebras (“Pepita” e “Vitória”) ao longo de 5 ciclos não consecutivos de indução da ovulação.

Os animais foram avaliados diariamente na mesma ordem ao longo do período experimental para evitar efeitos de defasagem temporal (time-leg) na coleta de dados.

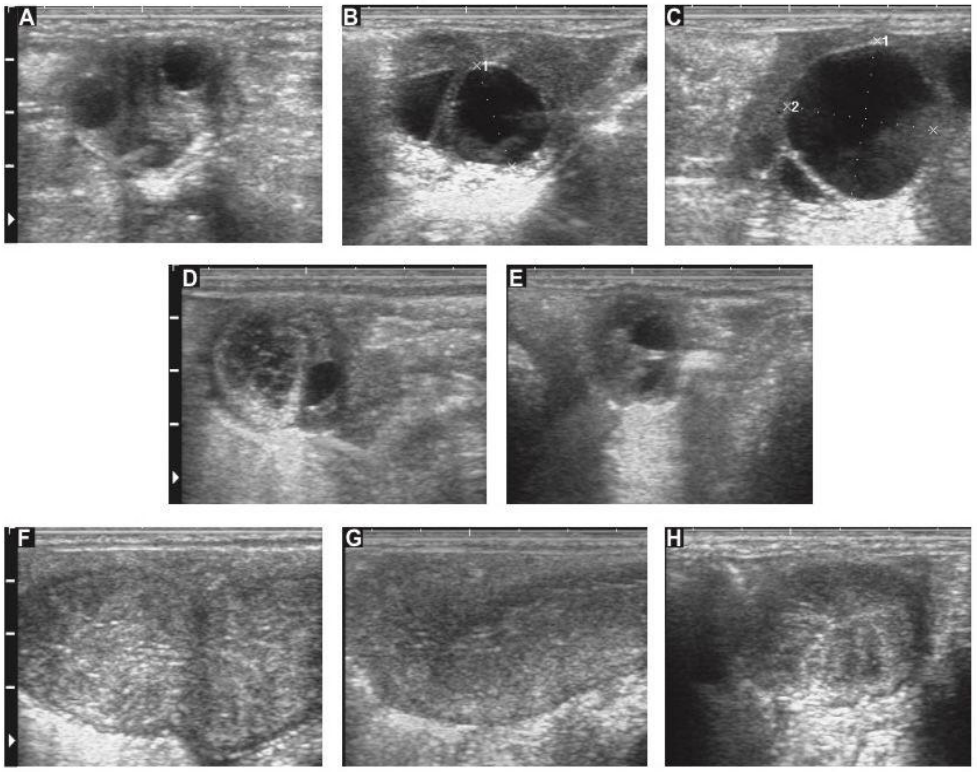


Figura 2. Imagens ultrassonográficas do trato reprodutivo.

Fonte: Arquivo pessoal dos autores (2011).

3.3 Encurtamento do ciclo estral (short-cycling) e sincronização da ovulação

No experimento 2, foram avaliados 5 ciclos de indução de ovulação em duas zebras (n= 10 ciclos no total) após a administração intramuscular de 0,5 ml de um análogo sintético de prostaglandina (PG; dinoprost tromethamine; Lutalyse, 5 mg-ml IM; Zoetis, Parsippany, NJ, USA) em dia aleatório, estabelecido a partir da presença de um folículo com pelo menos 25mm de diâmetro.

Quando o maior folículo atingiu diâmetro entre 26 e 35 mm, na presença de edema uterino moderado (classificação da ecotextura endometrial = 2 de 4; Oliveira et al., 2019), foram administradas via intravenosa 1500 UI de gonadotrofina coriônica humana (hCG; Vetecor; 1000 UI /ml iv; Hertape-Calier, São Paulo, Brasil; Tazawa et al., 2017).

3.4 Avaliação da dinâmica ovariana

3.4.1 Acompanhamento e mensuração folicular

Durante cada exame ultrassonográfico, as estruturas ovarianas como folículos antrais, corpo lúteo (CL) e corpo albicans observados em cada ovário foram registrados em caderno apropriado. A localização retrospectiva de folículos, CL e corpo albicans foi utilizada como referência para identificar e monitorar o desenvolvimento dos folículos antrais (Ginther, 1995). O CL e o corpo albicans não foram acompanhados ou mensurados diariamente a fim de reduzir o tempo de cada exame ultrassonográfico. O acompanhamento diário dos folículos foi iniciado quando um folículo atingiu diâmetro ≥ 2mm.

Esse procedimento foi essencial para caracterizar adequadamente a emergência folicular precoce e a dinâmica folicular. Os diâmetros dos folículos e do CL (apenas no dia da ovulação) foram mensurados utilizando-se a média entre altura e largura da maior área visível do antro e do tecido luteal, respectivamente (Ginther, 1995).

3.4.2 Surgimento folicular, divergência e taxas de crescimento

O surgimento do futuro folículo dominante /ovulatório foi definido como o dia em que o folículo atingiu 6 mm de diâmetro e apresentou crescimento contínuo posteriormente; por sua vez, a divergência folicular foi identificada como o dia em que os dois maiores folículos de uma onda ovulatória esperada passaram a apresentar diferentes taxas de crescimento (Gastal et al., 1997; Gastal et al., 1999).

A taxa de crescimento do futuro folículo dominante/ovulatório foi calculada dividindo-se o total das mudanças diárias de diâmetro pelos números de dias mensurados.

A ovulação foi determinada pelo desaparecimento do folículo pré-ovulatório, pela formação de um corpus hemorrhagicum em alguns casos e pelo aparecimento de um CL recente nas imagens ultrassonográficas em avaliações subsequentes (Ginther, 1995).

3.4.3 Identificação de onda foliculares e classificação dos folículos

Após inspeção dos dados, avaliou-se a presença de ondas foliculares, com foco no número total, frequência e tipos de ondas durante cada IOI (Ginther, 1995). Para que os folículos fossem considerados parte de uma mesma onda, eles deveriam emergir conjuntamente dentro de um período de 2-3 dias após o surgimento do futuro folículo dominante (Gastal et al., 1999; Gastal et al., 2000) e deveriam continuar crescendo em paralelo ao futuro folículo dominante por pelo menos 5-7 dias após seu surgimento.

Como apenas um pequeno número de folículos é detectado diariamente em zebras ao longo do IOI, os três maiores folículos (F1, o maior; F2, o segundo maior; F3, o terceiro maior) por animal foram plotados diariamente.

Além disso, todos os folículos visíveis com diâmetro ≥ 2 mm foram contados e agrupados em 6 classes de tamanho: 2-5 mm, 5,1-10 mm, 10,1-15 mm, 15,1-20 mm, 20,1-25 mm e > 25 mm.

3.4.4 Avaliação do edema uterino

As avaliações ultrassonográficas da ecotextura endometrial foram realizadas diariamente pelo mesmo operador, de forma cega quanto ao estágio do ciclo estral de cada zebra. A avaliação do edema uterino foi realizada por meio da pontuação da ecotextura endometrial (variação: escore 1= mínimo a escore 4= máximo; Ginther e Pierson, 1984) utilizando visualização ultrassonográfica de imagens em corte transversal de ambos os cornos uterinos e corte longitudinal do corpo uterino.

A avaliação do edema uterino é relevante por refletir a ação estrogênica sobre o endométrio durante o estro, constituindo um importante indicador da proximidade da ovulação e auxiliando na compreensão da dinâmica do ciclo estral, bem como no momento adequado para a indução da ovulação e aplicação de técnicas de reprodução assistida.

Fotografias do processo de ultrassonografia em zebras são apresentadas **(Fig. 2)**, a fêmea de zebra (na imagem: “Pepita”) foi conduzida ao brete e preparada para a avaliação ultrassonográfica. O operador do ultrassom posicionou-se atrás do animal, enquanto um auxiliar permaneceu na região da cabeça. No monitor, imagens da ultrassonografia transretal são apresentadas, observando-se um folículo pré-ovulatório à esquerda do monitor e, à direita, um corte transversal do útero em estro (aspecto de "gomos de tangerina").



Figura 3. Fotografias do manejo e ultrassonografia zebra "Pepita".

Fonte: Arquivo pessoal dos autores (2011).

3.5 Análises estatísticas

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SAS (versão 9.4-TS1M8, 2023, SAS Institute, Cary, NC, USA). O teste de Kolmogorov-Smirnov foi utilizado para verificar a distribuição normal do conjunto de dados. Para desfechos que não apresentaram distribuição normal, os dados foram transformados utilizando rank ou log10. Todos os dados normais, ou que se tornaram normais após transformação, foram analisados por one-way ANOVA, seguida por testes post hoc de Tukey quando aplicável.

Dados que permaneceram não normais após transformação, foram analisados por testes não paramétricos (Kruskal-Wallis e testes post hoc de Dunn). Os dados foram expressos como média ± E.P.M., salvo indicação em contrário. Considerou-se a diferença significativa quando $P < 0,05$, e quando entre $0.05 > P < 0,1$, as comparações indicaram tendência à significância.

4. RESULTADOS

Experimento1. Ciclos estrais espontâneos

4.1 Dinâmica folicular

Os intervalos médios (em dias) do intervalo interovulatório (IOI; ovulação-ovulação) e das principais fases do desenvolvimento folicular (ovulação – emergência, emergência - diâmetro máximo, emergência - ovulação, entre outras), bem como os diâmetros dos três maiores folículos e o número de folículos por dia durante o IOI, estão apresentados para cada ciclo e no conjunto de ciclos **(Tabela 1).** No IOI e na análise geral, as taxas de crescimento desde a emergência até o diâmetro máximo, nos Dias –6 e –3 e nos dias –3 e –1 foram maiores ($P < 0,005$) ao observado no IOI 1.

Pontos finais	**IOI (Ciclo 1) (n= 4 ciclos)**	**IOI 2 (Ciclo 2) (n= 5 ciclos)§**	**Geral (n= 9 ciclos)**
Intervalos (dias) a partir de:			
Ovulação → ovulação	38,5 ± 1,8	37,0 ± 1,8	37,7 ± 1,2
Ovulação → emergência (≥6mm)	5,1 ± 1,0	4,6 ± 1,2	6,5 ± 1,5
Emergência → diâmetro máximo	32,0 ± 1,8	32,6 ± 2,5	30,5 ± 0,5
Emergência → ovulação	34,4 ± 2,5	32,0 ± 1,0	33,7 ± 1,8
Ovulação → diâmetro máximo	36,0 ± 1,2	36,8 ± 1,8	35,4 ± 1,7
Diâmetro máximo → ovulação	1,7 ± 0,2	1,8 ± 0,3	1,6 ± 0,2
Diâmetro do folículo ovulatório (mm):			
Na emergência	6,8 ± 0,5	8,5 ± 0,5	7,3 ± 0,5
No diâmetro máximo	37,3 ± 0,5	35,8 ± 0,6	36,4 ± 0,4
No Dia -1	37,3 ± 0,5	35,8 ± 0,6	36,4 ± 0,4
Taxas de crescimento (mm/dia) do folículo ovulatório, de:			
Emergência → diâmetro máximo	1,0 ± 0,1^{a}	1,0 ± 0,1^{a}	0,9 ± 0,0
Diâmetro máximo → Dia -1	0,1 ± 0,1^{b}	0,0 ± 0,0^{b}	0,5 ± 0,5
Dias -6 a -3	1,0 ± 0,1^{a}	0,9 ± 0,1	0,9 ± 0,1^{a}
Dias -3 a -1	0,9 ± 0,2^{a}	0,8 ± 0,1	0,8 ± 0,1^{a}
Três maiores folículos (mm)†			
F1 (maior)	19,7 ± 0,5^{A}	22,7 ± 1,0^{B}	21,6 ± 0,8
F2	7,6 ± 1,7	7,5 ± 1,6	7,5 ± 1,1
F3	5,8 ± 1,5	6,4 ± 1,6	6,2 ± 1,0
N˚de folículos por dia durante o IOI			
2-5 mm	1,4 ± 0,4^{a}	0,6 ± 0,2	1,0 ± 0,3
5,1-10 mm	0,8 ± 0,3^{ab}	0,5 ± 0,2	0,7 ± 0,2
10,1-15 mm	0,4 ± 0,2^{ab}	0,3 ± 0,1	0,3 ± 0,1
15,1-20 mm	0,3 ± 0,1^{ab}	0,4 ± 0,1	0,3 ± 0,1
20,1-25 mm	0,2 ± 0,0^{AB}	0,5 ± 0,2^{B}	0,3 ± 0,1
>25 mm	0,4 ± 0,1^{ab}	0,6 ± 0,1	0,5 ± 0,1
Total	3,4 ± 0,5	2,9 ± 0,3	3,1 ± 0,3
N˚de ondas foliculares	0	0	0

^{A,B} Dentro de uma linha: médias com sobrescritos diferentes são diferentes (P<0,05).
^{a,b} Dentro de uma coluna: médias com sobrescritos diferentes são diferentes (P<0,03-0,009).
† Os folículos foram ranqueados diariamente sem considerar a identidade de um dia para outro.
§ Um terceiro IOI foi incluído para uma zebra.
Os dados foram analisados por ANOVA de uma via seguida de teste de Tukey ou teste de Kruskal-Wallis.
Dia 0= ovulação.

Tabela 1. Dinâmica folicular em ciclos estrais espontâneos. Média (± EPM) da duração dos intervalos, diâmetros e taxas de crescimento do futuro folículo ovulatório; diâmetro dos três maiores folículos; número de folículos por dia em cada classe de tamanho; e número de ondas foliculares durante o intervalo interovulatório (IOI) em zebras-das-planícies *(Equus quagga).*

Quanto ao número de folículos por dia, o IOI 1 apresentou maior (P < 0,005) número de folículos pequenos (2-5 mm) quando comparado aos folículos de 20,1-25 mm. Por outro lado, o IOI 2 apresentou maior (P < 0,001) número de folículos de 20,1-25 mm em relação ao IOI. De forma geral, as zebras apresentaram um número relativamente baixo de folículos antrais por IOI (3,1 ± 0,3; variação 2-4). Adicionalmente, estão apresentados na **figura 4** os seguintes parâmetros: o diâmetro médio dos três maiores folículos **(Fig. 4 A)**, **(Fig. 4B)** o número total de folículos **(Fig. 4B)** e **(Fig. 4C)** o número de folículos por classe de diâmetro do Dia 0 ao Dia 32 após a ovulação **(Fig. 4C)**, considerando todos os ciclos em conjunto (n= 9).

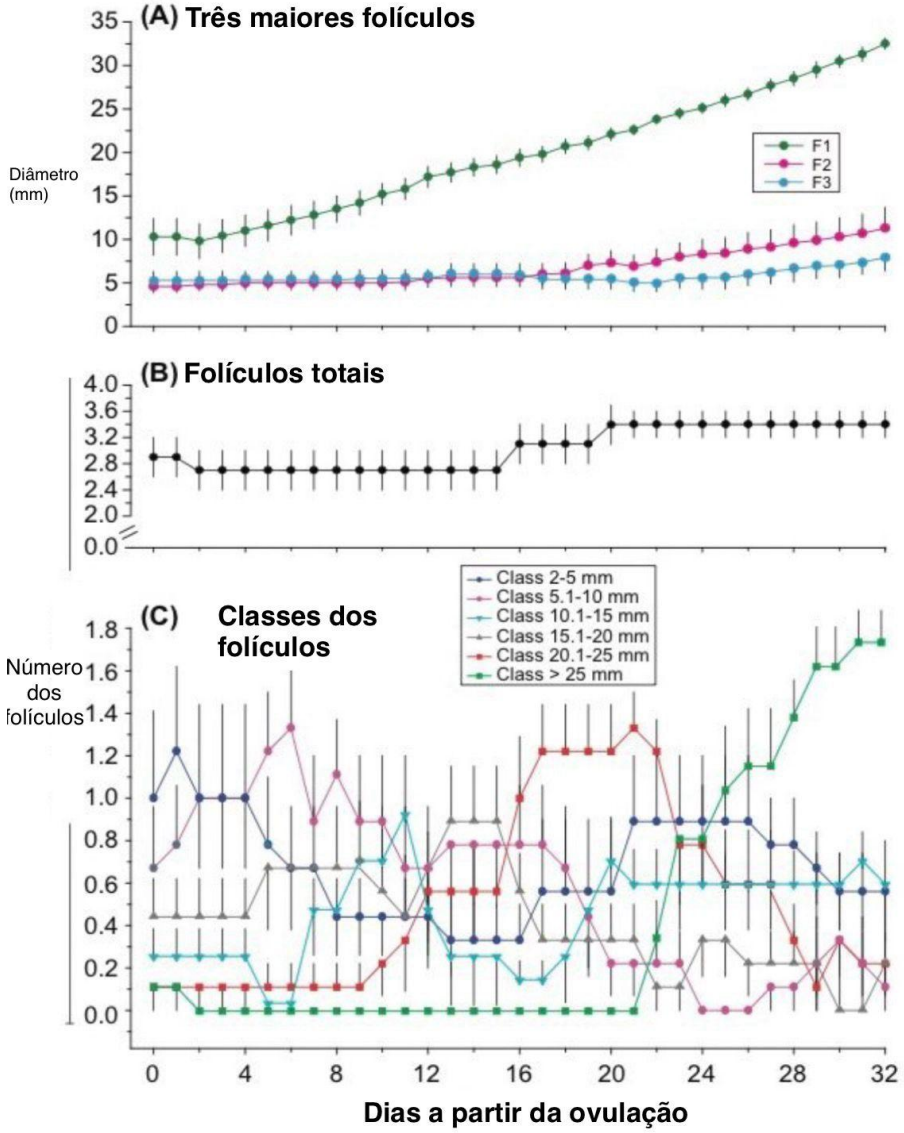


Figura 4. (A) Diâmetro médio dos três maiores folículos (F1, F2 e F3), (B) número total de folículos e (C) número de folículos por classe de diâmetro ao longo do intervalo interovulatório em zebras-das-planícies *(Equus quagga).*

4.2 Folículos ovulatório

Os diâmetros médios dos folículos ovulatórios em ovulações simples (n= 5 ciclos) e duplas (n= 4 ciclos) estão apresentados **(Figura 5A-D)**.

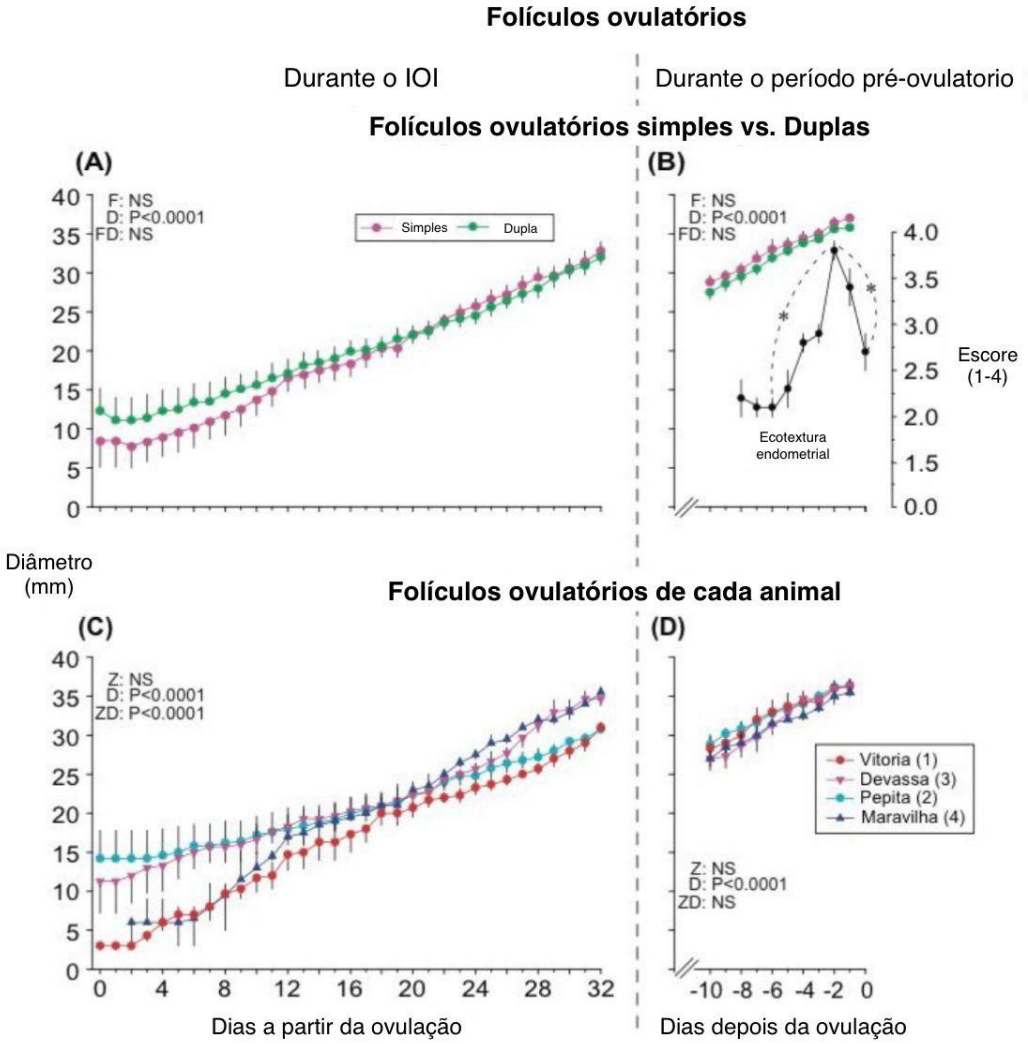


Figura 5. Diâmetro dos folículos ovulatórios durante o intervalo interovulatório e o período pré-ovulatório em ovulações simples e duplas, bem como o escore de ecotextura endometrial em zebras-das-planícies (Equus quagga). (A) Crescimento do folículo ovulatório ao longo do intervalo interovulatório (Dias 0-32) em ovulações simples e duplas; (B) crescimento do folículo ovulatório e escore de ecotextura endometrial durante o período pré-ovulatório (Dias -10 a 0); (C) crescimento do folículo ovulatório ao longo do intervalo interovulatório por individuo; (D) crescimento do folículo ovulatório durante o período pré-ovulatório por indivíduo.

São mostrados os diâmetros foliculares ao longo do IOI (Dias 0-32; **Fig. 5A e 5C**) e do período pré-ovulatório (Dias –10 a 0; **Fig. 5B e 5D**), tanto para o conjunto de zebras **(Fig. 5A e 5B)** quanto por individuo **(Fig. 5C e 5D)**. O escore médio e ecotextura endometrial também são apresentados durante o período pré- ovulatório para ovulações simples e duplas em conjunto **(Fig. 5B)**. Os dias de ovulação foram: Dia 33 (n= 4), Dia 38 (n= 2 ciclos), Dia 39 (n= 1 ciclo), Dia 40 (n= 1 ciclo) e Dia 41 (n= 1 ciclo), considerando todas as zebras. Durante o IOI, em ovulações simples e duplas, o diâmetro dos folículos pré-ovulatórios aumentou ($P < 0,0001$), sem detecção de outras diferenças **(Fig. 5A)**. Do mesmo modo, durante o período pré-ovulatório, o diâmetro do folículo pré-ovulatório aumentou ($P < 0,0001$), independentemente de ovulação simples ou dupla **(Fig. 5B)**. O escore médio de ecotextura endometrial durante o período pré-ovulatório foi de 2,7 ± 0,1, com aumento significativo ($P < 0,0001$) do Dia –2 até o Dia 0 (2,7 ± 0,2). Ao considerar o diâmetro dos folículos pré-ovulatórios por zebra durante o IOI **(Fig. 5C)**, observou-se aumento do diâmetro ($P < 0,0001$), porém sem diferença entre zebras ($P > 0,05$). Entretanto, foi detectada interação ($P < 0,0001$) entre zebra e dia, indicando que os folículos das zebras apresentam taxas de crescimento distintas ao longo do IOI. Ao avaliar o diâmetro médio dos folículos pré-ovulatórios durante o período pré-ovulatório **(Fig. 5D)**, o diâmetro aumentou ($P < 0,0001$) até o dia anterior à ovulação, independentemente do observado no IOI, não havendo interação ($P > 0,05$) no período pré-ovulatório.

4.3 Folículos acompanhados individualmente por zebra

O perfil de diâmetro durante o IOI dos folículos acompanhados em dois ciclos estrais espontâneos de quatro zebras estão apresentados **(Fig. 6)**. Uma zebra (Pepita) apresentou um terceiro ciclo estral (não mostrado), no qual ocorreu ovulação dupla associada a uma fase estática prévia. Considerando todos os ciclos espontâneos avaliados, 66,7% (6/9) apresentaram uma fase estática 2-3 dias antes da ovulação. Além disso, 4/9 ciclos exibiram codominância e ovulação dupla, sendo que apenas uma zebra (Maravilha) não apresentou ovulação dupla em nenhum dos ciclos.

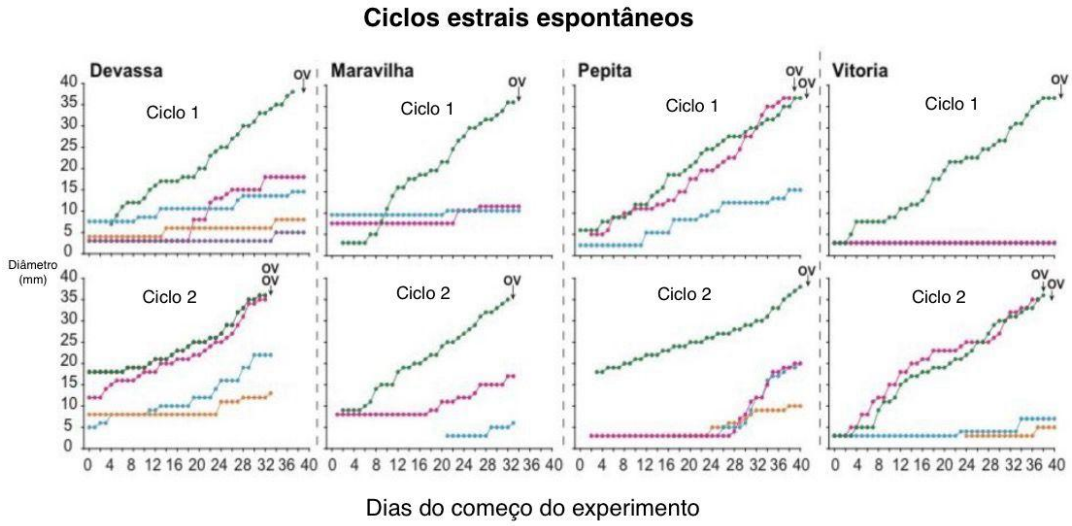


Figura 6. Dinâmica do crescimento folicular durante ciclos estrais espontâneos em zebras-das-planícies (Equus quagga). São apresentados os diâmetros dos folículos ovarianos ao longo do tempo em diferentes ciclos de cada animal (Devassa, Maravilha, Pepita e Vitória), desde o início do experimento até a ovulação (OV). Cada painel representa um ciclo estral individual, evidenciando o crescimento do folículo dominante e dos folículos subordinados.

Experimento 2. Ciclos estrais induzidos

4.4 Dinâmica folicular

Os intervalos médios (em dias) das principais etapas da indução da ovulação (administração de PG e hCG, diâmetro máximo, ovulação, entre outras), bem como os diâmetros e as taxas de crescimento dos folículos ovulatórios, os diâmetros dos três maiores folículos e o número de folículos por dia durante o período de indução (n= 10 ciclos), para duas zebras (Vitoria e Pepita) e na análise geral, estão apresentados **(Tabela 2)**.

Pontos finais	**Zebra "Vitória" (n= 5 ciclos)**	**Zebra "Pepita" (n= 5 ciclos)**	**Geral (n= 10 ciclos)**
Intervalos (dias) a partir de:			
Início do experimento→ PG	7,2 ± 1,0	7,4 ± 0,2	7,3 ± 0,5
PG → hCG	3,6 ± 0,5	3,0 ± 0,0	3,3 ± 0,3
PG→ ovulação	5,6 ± 0,5	4,8 ± 0,2	5,2 ± 0,3
hCG→ ovulação	2,2 ± 0,2	1,8 ± 0,2	2,0 ± 0,1
PG→ F1 no diâmetro máximo	4,0 ± 0,3	4,4 ± 0,4	3,6 ± 0,2
F1 no diâmetro máximo → ovulação	1,5 ± 0,2	1,8 ± 0,2*	1,2 ± 0,2

Diâmetro do folículo ovulatório (mm):			
Na PG	25,2 ± 0,5^{A}	20,6 ± 0,6^{B}	22,9 ± 0,8
Na hCG	36,4 ± 0,2^{A}	25,8 ± 0,4^{B}	31,1 ± 1,8
No máximo	36,8 ± 0,2^{A}	26,4 ± 0,2^{B}	31,6 ± 1,7
No Dia -1	36,8 ± 0,2^{A}	26,4 ± 0,2^{B}	31,6 ± 1,7
Taxas de crescimento (mm/dia) do folículo ovulatório, de:			
Início do experimento→ PG	2,0 ± 0,3^{a,b,c}	1,3 ± 0,2	1,6 ± 0,2^{a}
PG→hCG	2,3 ± 0,4^{a,b}	1,5 ± 0,2	2,0 ± 0,2^{a,b}
PG→Dia -1	2,2 ± 0,4^{a,b,c}	1,5 ± 0,2	1,9 ± 0,2^{a,b}
hCG→ Dia -1	0,3 ± 0,2^{c}	0,8 ± 0,3	0,5 ± 0,2^{c}
Diâmetro máximo → Dia -1	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
Dias -6 a -3	2,9 ± 0,3^{A,b}	1,7 ± 0,3^{B}	2,3 ± 0,2^{b}
Dias -3 a -1	1,1 ± 0,3 ^{a,c}	1,1 ± 0,2	1,1 ± 0,2^{a,c}
Três maiores folículos (mm)†			
F1 (maior)	24,5 ± 0,5^{A}	18,7 ± 0,6^{B}	21,6 ± 0,7
F2	12,4 ± 0,6	11,6 ± 0,9	11,8 ± 0,3
F3	11,9 ± 1,0	9,7 ± 1,1	10,8 ± 0,3
N°de folículos por dia (de PG até Dia -1)			
2-5 mm	0,0 ± 0,0	0,4 ± 0,4^{b}	0,2 ± 0,2^{b}
5,1-10 mm	1,3 ± 0,4^{b}	1,0 ± 0,3^{a}	1,2 ± 0,2^{c}
10,1-15 mm	0,8 ± 0,2^{a,b}	1,0 ± 0,1^{a}	0,9 ± 0,1^{a,c}
15,1-20 mm	0,4 ± 0,1^{a,b}	0,4 ± 0,1^{ab}	0,4 ± 0,1^{ad}
20,1-25 mm	0,2 ± 0,0^{a}	0,2 ± 0,0^{b}	0,2 ± 0,0^{bd}
>25 mm	0,4 ± 0,0^{A,ab}	0,1 ± 0,0^{B,b}	0,3 ± 0,1^{bd}
Total	3,1 ± 0,2	3,2 ± 0,3	3,2 ± 0,2

^{A,B} Dentro de uma linha: médias com sobrescritos diferentes são diferentes (P<0,05).
^{a,b} Dentro de uma coluna: médias com sobrescritos diferentes são diferentes (P<0,02-0,0001).
Dentro de uma coluna, significa que médias com sobrescritos (superíndices) diferentes são diferentes (P<0,03-0,009).
† Os folículos foram ranqueados diariamente sem considerar a identidade de um dia para outro.
Os dados foram analisados por ANOVA de uma via seguida de teste de Tukey ou teste de Kruskal-Wallis.
Abreviações: PG= prostaglandina; hCG= gonadotrofina coriônica humana; Dia 0= ovulação; F1= maior folículo.

Tabela 2. Médias (± EPM) da duração dos intervalos, diâmetros e taxas de crescimento do futuro folículo ovulatório; diâmetros dos três maiores folículos; número de folículos por dia, desde a administração de prostaglandina (PG) até o dia -1, em zebras-das-planícies *(Equus quagga)*.

Quanto aos intervalos, o período entre o diâmetro máximo do F1 e a ovulação tendeu a ser maior (P= 0,07) em Vitória do que em Pepita. Além disso, Vitória apresentou maior (P < 0,0001) diâmetro de folículo ovulatório do que Pepita em todos os momentos avaliados (no momento da PG, no momento do hCG, no diâmetro máximo e no Dia –1). Em relação ao crescimento folicular, os folículos ovulatórios de Pepita apresentaram crescimento constante, com taxas semelhantes (P > 0,005) ao longo do período de indução. Em contrapartida, em Vitória a taxa de crescimento variou conforme o momento avaliado: a taxa de crescimento entre a administração de hCG foi maior (P <0,05) do que a taxa após a administração de hCG até o dia –1. Adicionalmente, em Vitória a taxa de crescimento entre os Dias –6 e –3 foi maior (P < 0,05) do que entre os dias –3 a –1 e do que entre a administração de hCG até o Dia –1.

Esse padrão também foi observado na análise geral: a taxa de crescimento do folículo ovulatório entre PG e hCG foi maior (P < 0,05) do que após hCG até o Dia –1; e a taxa entre os Dias –6 e –3 foi maior (P <0,05) do que entre os Dias –3 a –1 e do que entre hCG e o Dia –1. Além disso, em ambas as zebras, os folículos pré-ovulatórios não apresentaram crescimento entre o diâmetro máximo e o Dia –1, nos ciclos induzidos. Comparando as zebras, Vitória apresentou maior (P < 0,05) taxa de crescimento entre os Dias –6 a –3 do que pepita. Ademais, Vitória apresentou maior (P < 0,05) taxa de crescimento no período pré-ovulatório (Dias –6 a –1; 2,0 ± 0,3) em comparação a Pepita (1,4 ± 0,2). O diâmetro do maior folículo (F1) também foi maior (P < 0,05) em Vitória do que em Pepita durante o período de indução. Por fim, quanto ao número de folículos por dia desde a administração de PG até o Dia –1, observou-se que as zebras apresentaram padrões distintos.

4.5 Folículos acompanhados individualmente por zebra

O perfil de diâmetro de todos os folículos acompanhados em duas zebras, em cinco ciclos induzidos para cada uma (n= 10 ciclos no total), está apresentando **(Fig. 7)**. Entre os ciclos induzidos, 50% apresentaram fase estática 2 dias antes da ovulação, e nenhum ciclo demonstrou codominância e ovulação dupla, diferentemente do observado nos ciclos espontâneos.

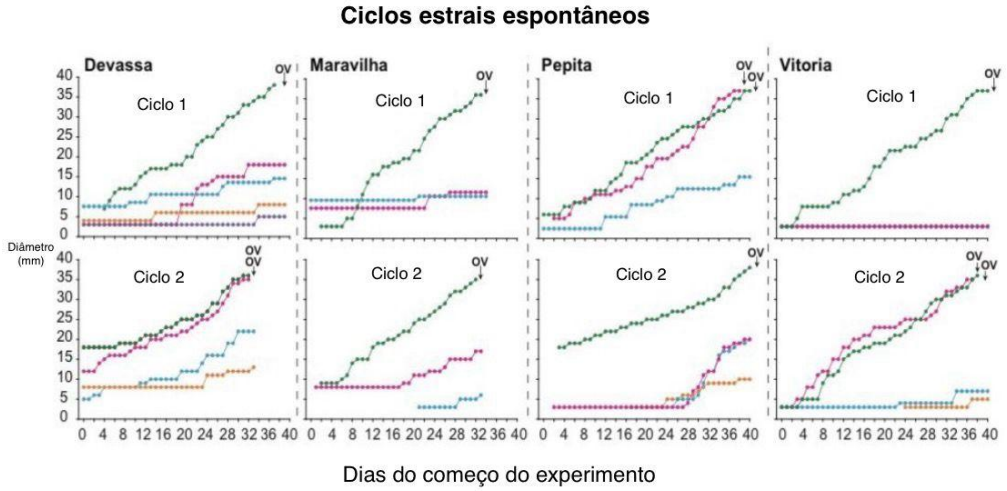


Figura 7. Perfis individuais de crescimento folicular durante ciclos estrais induzidos em zebras-das-planícies (Equus quagga). São apresentados os diâmetros dos folículos ao longo dos ciclos induzidos por administração de prostaglandina (PG) e gonadotrofina coriônica humana (hCG), desde o início do experimento até a ovulação (OV), para as zebras Vitória (ciclos de 1 a 5) e Pepita (ciclos de 1 a 5).

4.6 Comparação entre ciclos ovulatórios espontâneos e induzidos

O crescimento dos folículos pré-ovulatórios e escore de ecotextura endometrial durante o período pré-ovulatório em ciclos espontâneos e induzidos estão apresentados **(Fig. 8)**. O diâmetro dos folículos pré-ovulatórios em ovulações espontâneas (n= 9 ciclos; n= 13 folículos) foi maior (P <0,0002) do que em ovulações induzidas (n= 10 ciclos; n= 10 folículos) durante o período pré-ovulatório **(Fig. 8A)**. Em ambos os grupos, o diâmetro folicular aumentou ao longo do período pré-ovulatório (P <0,0001).

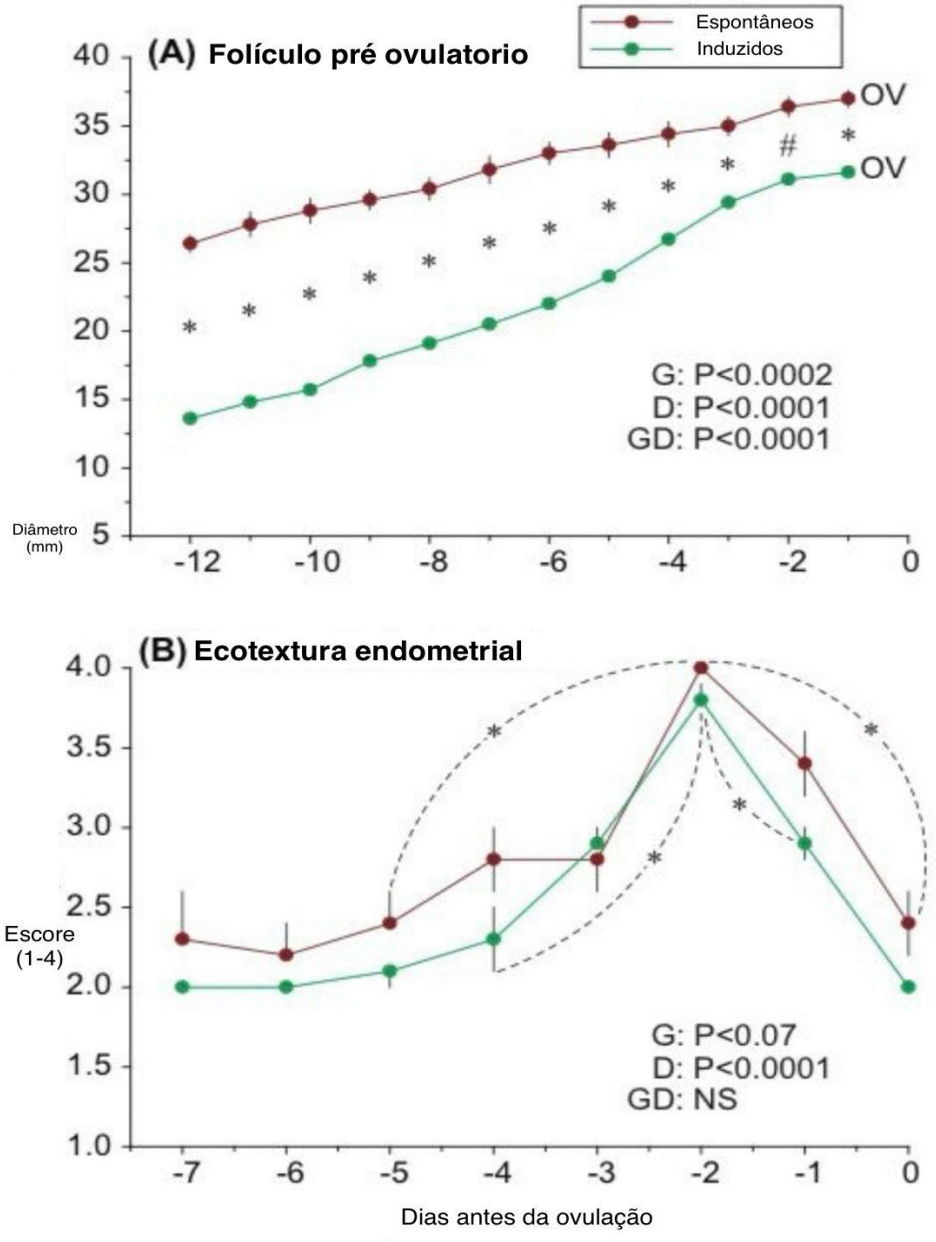


Figura 8. Comparação entre ciclos estrais espontâneos e induzidos em zebras-das-planícies (Equus quagga) durante o período pré-ovulatório. (A) Diâmetro do folículo pré-ovulatório do Dia -12 ao Dia 0 (ovulação) em ciclos espontâneos e induzidos; (B) escore médio de ecotextura endometrial durante o período pré-ovulatório em ciclos espontâneos e induzidos.

Foi detectada interação (P <0,0001) entre grupo e dia, atribuída ao maior crescimento dos folículos ovulatórios induzidos em comparação aos espontâneos. Nesse sentido, os folículos induzidos apresentaram maior (P <0,0001) taxa de crescimento (1,9 ± 0,2) do que os folículos com ovulação espontânea (0,8 ± 0,1) entre os Dias –6 a –1. De modo semelhante, entre os dias –6 a –3, a taxa de crescimento em ovulações induzidas (2,3 ± 0,3) foi maior (P <0,0001) do que em ovulações espontâneas (0,9 ± 0,1). Contudo, a taxa de crescimento desde o diâmetro máximo até o Dia –1 foi semelhante (P >0,05) entre ciclos espontâneos e induzidos.

O escore geral de ecotextura endometrial durante o período pré-ovulatório em zebras com ovulação espontânea (2,8 ± 0,1) tendeu a ser maior (P < 0,07) do que em ovulações induzidas (2,6 ± 0,1**; Fig. 8B**). Ambos os grupos apresentaram pico de ecotextura endometrial 2 dias antes da ovulação. Em ovulações espontâneas, houve aumento significativo (P <0,0001) da ecotextura endometrial entre os dias –5 (2,4 ± 0,2) e –2 (4,0 ± 0,0). Já nas ovulações induzidas, esse aumento (P <0,0001) ocorreu entre os dias –4 (2,3 ± 0,2) e –2 (3,8 ± 0,1). Em seguida, o pico foi acompanhado por redução (P <0,0001) do escore em ambos os grupos, com menor (P <0,0001) ecotextura endometrial observada no dia –1 (2,9 ± 0,1) nas ovulações induzidas e no dia 0 (dia da ovulação; 2,4 ± 0,2) nas ovulações espontâneas.

5. DISCUSSÃO

Este é o primeiro estudo, em qualquer espécie de zebra, a utilizar a ultrassonografia transretal para acompanhar e descrever in vivo a dinâmica do crescimento folicular, a ovulação e as alterações da ecotextura endometrial ao longo do tempo. Os dados obtidos a partir do acompanhamento de dois ciclos estrais espontâneos em quatro éguas-zebra cíclicas demostraram que o ciclo estral de fêmea de zebra-da-planície apresenta diferenças marcantes e semelhanças relevantes em relação aos ciclos de equídeos domésticos, como a égua e a jumenta.

De maneira geral, os ciclos estrais espontâneos da fêmea de zebra-da-planície foram caracterizados por: (i) IOI prolongado; (ii) baixo número de folículos antrais observados por dia durante o IOI; (iii) ausência de ondas foliculares; e (iv) diâmetros do folículo pré-ovulatório semelhantes aos da jumenta. Além disso, a fêmea de zebra-da-planície apresentou padrão de ecotextura endometrial semelhante ao da égua durante o período pré- ovulatório.

Adicionalmente, este é o primeiro estudo a avaliar o uso de fármacos para indução da ovulação (PG e hCG) em zebra. A partir da avaliação de cinco ciclos ovulatórios induzidos em duas fêmeas de zebra-da-planície, demonstrou-se que esses animais respondem à PG e hCG e, portanto, podem ser submetidos a encurtamento do ciclo e indução de ovulação de forma controlada e manejável. Em conjunto, os achados evidenciam similaridades e diferenças importantes entre os padrões de ciclo estral da zebra-da-planície e de outros equídeos, as quais devem ser consideradas no delineamento de programas reprodutivos e no desenvolvimento de biotécnicas reprodutivas (ARTs) para essa espécie de importância conservacionista.

A fêmea de zebra-da-planície apresenta IOI muito mais longo (37,7 dias) quando comparado ao da égua (20,3-23,9; Gastal et al., 2008a), da jumenta (21,2-26,2 dias; Díaz-Duran et al., 2017; Segabinazzi et al., 2023) e até mesmo de outras espécies ameaçadas, como o onagro-persa (22-28 dias; Schook et al., 2013) e o cavalo-de-Przewalski (21-24 dias; Collins et al., 2012).

Entretanto, de forma semelhante ao observado em éguas e jumentas, houve ampla variação de IOI entre indivíduos e ciclos (33-41 na égua-zebra; 11-25 dias na égua, Marinone et al., 2015; 20-30 dias na jumenta, Díaz-Duran, 2017).

De modo interessante, o intervalo entre a ovulação anterior e a emergência folicular na fêmea de zebra-da-planície foi de aproximadamente 5 dias, muito semelhante ao relatado para a égua (Gastal et al., 1997; Duval et al., 2022) e para a jumenta (Segabinazzi et al., 2023). Além disso, a égua-zebra ovulou cerca de 1-2 dias após atingir o diâmetro máximo do folículo pré-ovulatório, coincidindo com o descrito para a égua (Gastal et al., 2008b; Duval et al., 2022). Assim, o IOI prolongado observado na fêmea de zebra-da-planície provavelmente se deve a uma menor taxa de crescimento (aproximadamente 1 mm /dia) desde a emergência até o alcance do diâmetro máximo pelo folículo ovulatório, enquanto em éguas e jumentas essa taxa é, em média, de 2-3 mm /dia (Gastal et al., 2008a; Duval et al., 2022; Díaz-Duran et al., 2017; Segabinazzi et al., 2023). Ainda assim, apesar do crescimento mais lento do folículo ovulatório desde a emergência até o diâmetro máximo, observou-se, na maioria dos ciclos espontâneos acompanhados (6/9), uma fase estática ou de crescimento reduzido do folículo pré-ovulatório até a ovulação. Essa fase estática corresponde a um período no qual o folículo dominante mantém diâmetro constante, sem apresentar crescimento ou regressão aparentes, e ocorre aproximadamente 1-2 dias antes da ovulação, podendo ser considerada um indicativo da proximidade do evento ovulatório, fenômeno comumente descrito também em éguas (Gastal et al., 2008a; Duval et al., 2022) e jumentas (Derar & Hussein, 2011; Segabinazzi et al., 2023).

Portanto, embora a fêmea de zebra-da-planície apresente IOI mais longo devido ao crescimento folicular mais lento, levanta-se a hipótese de que os mecanismos de emergência, crescimento e ovulação sejam muito semelhantes entre zebra-da-planície, égua e jumenta. Contudo, esse IOI prolongado e o crescimento folicular lento podem ser parcialmente minimizados e controlados com o uso de fármacos exógenos, como PG e hCG, para indução de luteólise e ovulação, respectivamente.

De forma geral, com o uso de PG e hCG seguindo protocolos de referência para éguas (Bergfelt et al., 2007; Tazawa et al., 2017) e jumentas (Fanelli et al., 2019), foi possível induzir luteólise e ovulação em 100% dos ciclos. Embora tenha sido observada variação nos intervalos dentro e entre animais, a luteólise e a ovulação foram, em termos práticos, controláveis, com os efeitos da luteólise (ex.: aumento do edema endometrial) iniciando-se em torno de 3 dias após a administração de PG, e a ovulação ocorrendo aproximadamente 1,5 dias após a administração de hCG.

Na égua, a luteólise induzida por PG (indicada por redução da progesterona plasmática) pode iniciar rapidamente, em aproximadamente 10 horas (Bergfelt et al., 2006), enquanto em jumentas a redução da progesterona pode levar mais de 3 dias (Miró et al., 2015). É possível que a luteólise induzida por PG na fêmea de zebra-da-planície se assemelhe mais ao padrão da jumenta

do que ao da égua; entretanto, as três espécies parecem ovular dentro de 24-48 horas após administração adequada de hCG (Tazawa et al., 2017; Oliveira et al., 2020). Ainda que os mecanismos de ação de PG e hCG no ovário da zebra-da-planície não estejam totalmente elucidados, este estudo demonstra que a administração de hCG aproximadamente 3 dias após a PG pode induzir ovulação de forma bem-sucedida na zebra-da-planície, em torno de 1,5 dias após o hCG. Dessa forma, o intervalo entre ovulações consecutivas pode ser significativamente reduzido e controlado de modo confiável, o que é essencial para o desenvolvimento de ARTs em espécies com IOIs espontâneos longos.

Apesar do IOI ser consideravelmente mais longo nas zebras avaliadas, a fêmea de zebra-da-planície ovulou folículos levemente menores (36,4 mm) do que as éguas (38,3-44,5 mm, dependendo da raça; Gastal et al., 2008a), porém com tamanho comparável ao observado em jumentas (34,6-36,8 mm; Díaz-Duran et al., 2017; Segabinazzi et al., 2023).

Em equídeos selvagens, os diâmetros foliculares ovulatórios também variam amplamente, como no cavalo-de-Przewalski (40,4 mm; Collins et al., 2012) e no onagro-persa (26,4 mm; Schook et al., 2013). Entretanto, diferentemente da maioria dos equídeos domésticos, a fêmea de zebra-da-planície não aparentou apresentar as ondas foliculares clássicas observadas na égua (Gastal et al., 2008a) e na jumenta (Li et al., 2020; Segabinazzi et al., 2023).

Enquanto padrões claros de emergência, seleção e dominância em ondas primárias e secundárias são descritos em éguas e jumentas (Gastal et al., 2008a; Li et al., 2020; Segabinazzi et al., 2023), não foi observada, por ultrassonografia transretal, a sequência sincronizada de crescimento e regressão folicular com seleção evidente de um folículo dominante nos ciclos naturais ou induzidos de zebra-da-planície. Esse achado provavelmente é influenciado, ao menos em parte, pelo baixo número de folículos observados por ciclo (aproximadamente 3), muito inferior ao descrito em raças maiores de éguas (6-10 folículo; Gastal et al, 2008a) e em jumentas (12,5 folículos; Segabinazzi et al., 2023).

É relevante notar que pôneis miniatura também apresentam baixo número de folículos por ciclo (≈ 1,5) e, embora ondas foliculares tenham sido identificadas, estas seguiram padrões menos clássicos e menos previsíveis em comparação a raças maiores (Gastal et al., 2008b). Assim, propõe-se que a zebra-da-planície possivelmente apresente algum tipo de onda folicular; contudo, essas ondas podem se estender por longos períodos (potencialmente ao longo de múltiplos IOIs) e sua caracterização pode demandar avaliação conjunta de marcadores hormonais (ex.: FSH, LH) associada à ultrassonografia.

Adicionalmente, embora a taxa de crescimento do folículo ovulatório em ciclos induzidos tenha aumentado para cerca de 2 mm-dia até o Dia –3, o diâmetro do folículo ovulatório nos ciclos induzidos foi menor do que nos ciclos espontâneos em todos os momentos avaliados, incluindo na ovulação. Esse padrão também é descrito em éguas (Cuervo-Arango & Newcombe, 2008) e tem sido sugerido em jumentas (de Oliveira et al., 2019).

Por fim, embora tenham sido observadas quatro ovulações duplas em nove ciclos espontâneos, nenhuma ovulação dupla foi registrada nos ciclos induzidos. A alta proporção inicial de ovulações duplas em ciclos espontâneos foi surpreendente, uma vez que a ocorrência de gestações gemelares em zebras é considerada extremamente rara (King, 1965; Smuts, 1976; Nuñez et al., 2011). Assim, esperava-se incidência semelhante ou até maior de ovulações duplas em ciclos induzidos, considerando que a PG para indução de luteólise tem sido associada ao aumento da frequência de ovulações duplas em éguas (Ginther & Al-Mamun, 2009). No entanto, novos estudos são necessários para determinar se a alta incidência de ovulações duplas em ciclos espontâneos e a ausência desse evento em ciclos induzidos representam uma característica da espécie ou se refletem uma particularidade do grupo amostral avaliado.

A **tabela 3** representa uma síntese comparativa dos principais achados da dinâmica folicular observados em zebras, em relação aos descritos na literatura para éguas e jumentas, incluindo intervalo interovulatório, diâmetro folicular máximo, momento da ovulação, taxa de crescimento folicular, padrão de ecotextura endometrial e atividade folicular.

Comparação com égua e jumenta:

			
• **IOI**	**~37,7 dias**	**~20-24 dias** (Gastal, 2011)	**~23-27 dias** (Segabinazzi et al., 2023)
• **Diâmetro máximo**	**~36/37 mm**	**~38-44 mm** (Gastal et al., 2008a)	**~34-36 mm** (Segabinazzi et al., 2023)
• **Ovulação**	**~1-2 após diâmetro máximo**	**~1-2 após diâmetro máximo** (Duval et al., 2022)	**~1 após diâmetro máximo** (Vandeplassche et al., 1981)
• **Taxa de crescimento**	**~1 mm/dia**	**~2-3 mm/dia** (Duval et al., 2022)	**~2-3 mm/dia** (Segabinazzi et al., 2023)
• **Ecotextura endometrial**	**Aumento 1-2 dias antes da ovulação**	**Aumento 1-2 dias antes da ovulação** (Gastal et al, 2008a)	**Permanece baixa e estável ao longo do ciclo** (Segabinazzi, 2023)
• **Atividade folicular**	**~ 3**	**6-10** (Gastal et al, 2008a)	**~12** (Segabinazzi et al., 2023)

Tabela 3. Comparação entre os principais parâmetros reprodutivos observados em zebras (*Equus burchelli*) neste estudo e aqueles relatados na literatura para éguas (*Equus caballus*) e jumentas (*Equus asinus*).

Independentemente do ciclo ser espontâneo ou induzido, a ecotextura endometrial durante o período pré-ovulatório na zebra-da-planície apresentou padrão semelhante de aumento 4-5 dias antes da ovulação, seguido de redução de 1-2 dias antes da ovulação. Esse padrão é semelhante ao observado em éguas (Cuervo-Arango & Newcombe, 2008). Em contrapartida, a ecotextura endometrial na jumenta não apresenta esse mesmo comportamento (Oliveira et al., 2019; Segabinazzi et al., 2023). Esses achados reforçam o fato de que, embora a zebra-da-planície compartilhe diversas características do ciclo estral com a jumenta, alguns aspectos são mais semelhantes aos da égua, tornando assim singular a fisiologia reprodutiva dessas fêmeas.

6. CONCLUSÕES

O presente estudo descreve, pela primeira vez, a dinâmica folicular de ciclos estrais espontâneos e ciclos ovulatórios induzidos em fêmea de zebra-da-planície. Além disso, este é o primeiro estudo a avaliar o uso de fármacos exógenos para controle do ciclo estral em zebra e para indução de luteólise e ovulação.

Foram observadas as seguintes características principais: (i) IOI longo (≈ 37 dias) associado a baixa taxa de crescimento folicular (≈ 1mm /dia) e diâmetro ovulatório relativamente pequeno (≈ 36 mm) em ciclos estrais espontâneos; e (ii) resposta confiável da zebra-da-planície a fármacos luteolíticos e da sincronização estral, permitindo encurtamento do ciclo e indução de ovulação de maneira reprodutível. Além disso, demonstrou-se que a ecotextura endometrial da zebra-da-planície durante o período pré-ovulatório se altera em padrão semelhante ao observado em éguas, característica que não é compartilhada com a jumenta.

Embora a zebra-da-planície compartilhe diversos aspectos do ciclo estral com éguas e jumentas, as diferenças observadas são consistentes e reforçam a importância de estudos direcionados sobre a reprodução dessa espécie para caracterização de suas singularidades. De modo geral, as informações geradas neste estudo são fundamentais para o desenvolvimento de programas de reprodução e de ARTs em zebra-da-planície. Assim, é possível contribuir não apenas para o aprimoramento de estratégias de conservação da espécie, como também utilizar o conhecimento obtido como base para aplicação em outras espécies de zebra ainda mais ameaçadas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SMUTS, G. L. **Reproduction in the zebra mare *Equus burchelli antiquorum* from the Kruger National Park**. Koedoe, v. 19, p. 89-132, 1976.

WESTLIN-VAN AARDE, L.M.; VAN AARDE, R. J.; SKINNER, J. D. **Reproduction in the female Hartmann's zebra, *Equus zebra hartmannae.* Journal of Reproduction and Fertility.** v. 84, p. 505-511, 1988.

KING, J. M. **A field guide to the reproduction of the Grant's zebra and Grevy's zebra**. African journal of Ecology, v. 3, p. 99-117, 1965.

WACKERMAGEL, H. **Grant's zebra, *Equus burchelli boehmi,* at Basle Zoo: a contribution to breeding biology.** International Zoo Yearbook, v. 5, p. 38-41, 1965.

ASA, C. S. et al. **Patterns of excretion of fecal estradiol and progesterone and urinary chorionic gonadotropin in Grevy's zebras (*Equus grevyi*): ovulatory cycles and pregnancy**. Zoo Biology, v. 20, p. 185-195, 2001.

IRELAND, H.M. and RUXTON, G.D. **Zebra stripes: the questions raised by the answers.** Biological Reviews, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1111/brv.70063. Acesso em: 3 dez. 2025.

KIRATHE, J.N. and RUBENSTEIN, D.I. **Conservation of the endangered Grevy's zebra: the influence of land use patterns on distribution and abundance in the Samburu-Laikipia landscape, Kenya.** Frontiers in Conservation Science, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fcosc.2025.1582057. Acesso em: 3 dez. 2025.

MOHELMAN, P.D. and KING, S.R.B. **2024-2025 Report of the IUCN Species Survival Commission and Secretariat – Equid Specialist Group.** IUCN Species Survival Commission, Issue 65, 2025. Disponível em: https://iucn.org/sites/default/files/2025-10/2024-2025-iucn-ssc-equid-sg-report_publication.pdf. Acesso em: 3 dez. 2025.

FISCHHOFF, I. R. et al**. Habitat use and movements of plains zebra (*Equus burchelli*) in response to predation danger from lions.** Behavioral Ecology, v. 18, p. 725-729, 2007.

LI, N. et al**. Characteristics of follicular dynamics and reproductive hormone profiles during oestrous cycle of jennies over an entire year. Reproduction in Domestic Animals, 2021,** p. 1-11.

SEGABINAZZI, L. G. T. M. et al, **Structural and functional dynamics of the ovary and uterus during the estrous cycle in donkeys in the Eastern Caribbean.** Animals, v. 13., p. 14, 2023.

GASTAL, E. L. et al**. Miniature ponies: similarities and differences from larger breeds on follicles and hormones during the estrous cycle.** Journal of Equine Veterinary Science, v. 28, p. 508-517, 2008a.

GASTAL, E. L.; BERGFELT, D. R.; GINTHER, O. J. **Role of diameter differences among follicles in selection of a future dominant follicle in mares.** Biology of Reproduction, v. 57, p. 1320-1327, 1997.

GINTHER, O. J. **The mare: a 1000-pound guinea pig for study of the ovulatory follicular wave in women.** Theriogenelogy, v. 77, p. 818-828, 2012.

DUVAL, L. H. et al. **Ovarian and uterine dynamics during the estrous cycle in Criollo breed mares.** Journal of Equine Veterinary Science, v. 118, art. 104131, 2022.

GASTAL, E. L. et al. **Temporal interrelationships among luteolysis, FSH, and LH concentrations and follicle deviation in mares.** Theriogenology, v. 53, p. 925-940, 2000.

GASTAL, E. L. et al., **Role of luteinizing hormone in follicle deviation based on manipulating progesterone concentrations in mares.** Biology of Reproduction, v. 61, p. 1492-1498, 1999.

GASTAL, E. L. et al**. Miniature ponies: 1. Follicular, luteal and endometrial dynamics during the oestrous cycle.** Reproduction, Fertility and Development, v. 20, p. 376-385, 2008b.

JACOB, J. C. et al. **Temporal relationships and repeatability of follicle diameters and hormone concentrations within individuals in mares.** Reproduction in Domestic Animals, v. 44, p. 92-99, 2009.

GASTAL, E. L.; PASTORELLO, M.; GODOI, D. B.; GASTAL, M. O. **Reproductive patterns and follicular waves in postpartum lactating versus non-postpartum cycling mares.** Journal of Equine Veterinary Science, v. 107, art. 103732, 2021.

PUKAZHENTHI, B. S.; WILDT, D. E. **Which reproductive technologies are most relevant to studying, managing and conserving wildlife?**. Reproduction, Fertility and Development, v. 16, p, 33-46, 2004.

PUKAZHENTHI, B. et al. **Applications of emerging technologies to the study and conservation of threatened and endangered species.** Reproduction, Fertility and Development, v. 18, p. 77-90, 2006.

ANDRABI, S. M. H.; MAXWELL, W. M. C. **A review on reproductive biotechnologies for conservation of endangered mammalian species.** Animal Reproduction Science, v. 99, p. 223-243, 2007.

ADAMS, G. P.; RATTO, M. H.; COLLINS, C. W.; BERGFELT, D. R. **Artificial insemination in South American camelids and wilds equids.** Theriogenology, v. 71, p. 166-175, 2009.

MEINTJES, M.; BEZUIDENHOUT, C.; BARTELS, P.; VISSER, D. S.; MEINTJES, J.; LOSKUTOFF, N. M., FOURIE, F.L.R.; BARRY, D.M.; GODKE, R.A. **In vitro maturation and fertilization of ocytes recovered from free-ranging Burchell's zebra (*Equus burchelli*) and Hartmann's zebra (*Equus zebra hartmannae*).** Journal of Zoo and Wildlife Medicine, v. 28, p. 251-259, 1997.

GAMBINI, A. et al. **Horse ooplasm supports *in vitro* preimplantation development of zebra ICSI and SCNT embryos without compromising YAP1 and SOX2 expression pattern.** PLOS ONE, v. 15, e0238948, 2020.

SUMMERS, P.M. et al. **Successful transfer of the embryos of Przewalski's horses (*Equus przewalskii*) and Grant's zebra (*E. burchelli*) to domestic mares (*E. caballus*).** Journal of Reproduction and Fertility, v. 80, p. 3-20, 1987.

HENNEKE, D.R. et al**. Relationship between condition score, physical measurements, and body fat percentage in mares.** Equine Veterinary Journal, v. 15, p. 371-372, 1983.

BRAY, R. E.; EDWARDS, M. S. **Body condition score of captive (zoo) equids.** In: THIRD CONFERENCE ON ZOO AND WILDLIFE NUTRITION. Columbus: AZA Nutrition Advisory Group, 1999.

OLIVEIRA, S.N. et al**. Histrelin acetate-induced ovulation in Brazilian Northeastern jennies (*Equus asinus*) with different follicle diameters.** Theriogenology, v. 136, p. 95-100, 2019.

TAZAWA, S.P.; GASTAL, M.O.; SILVA, L.A.; EVANS, M.J.; GASTAL, E.L. **Preovulatory follicle dynamics, and ovulatory and endometrial responses to different doses of hCG and prediction of ovulation in mares.** Journal of Equine Veterinary Science, v. 56, p. 40-51, 2017.

GINTHER, O.J. **Ultrasonic imaging and animal reproduction: horses.** Book 2. Cross Plains: Equiservices Publishing, 1995.

GINTHER, O.J.; PIERSON, R.A. **Ultrasonic anatomy and pathology of the equine uterus**. Theriogenology, v. 21, p. 505-516, 1984.

SCHOOK, M.W. et al**. Fundamental studies of the reproductive biology of the endangered Persian onager (*Equus hemionus onager*) result in first wild equid offspring from artificial insemination.** Biology of Reproduction, v. 89, p. 1-13, 2013.

COLLINS, C.W. et al. **Abnormal reproductive patterns in Przewalski~s mares are associated with loss in gene diversity.** Biology of Reproduction, v. 86, p. 1-10, 2012.

MARINONE, A.I. et al. **The effect of mare's age on multiple ovulation rate, embryo transfer, post-transfer pregnancy rate, and interovulatory interval in a commercial embryo transfer program in Argentina.** Animal Reproduction Science, v. 158, p. 53-59, 2015.

DÍAZ-DURAN, M.; ZARCO, L.; BOETA, A. M**. Ovarian dynamics and estrous cycle length in the donkey (*Equus asinus*).** Theriogenology, v. 103, p. 1-8, 2017.

DERAR, R.I., HUSSEIN, H.A. **Ovarian follicular dynamics during the estrous cycle in jennies in Upper Egypt.** Veterinary Medicine International, 2011, art. 860518, 2011.

BERGFELT, D.R.; MEIRA, C.; FLEURY, J.J.; FLEURY, P.D.C., DELL'AQUA, J.A.; ADAMS, G.P. **Ovulation synchronization following commercial application of ultrasound-guided follicle ablation during the estrous cycle in mares.** Theriogenology, v. 68, p. 1183-1191, 2007.

FANELLI, D. et al. **New simplified protocols for timed artificial insemination (TAI) in milk-producing donkeys.** Theriogenology, v.139, p. 126-131, 2019.

BERGFELT, D.R.; PIERSON, R.A.; GINTHER, O.J. **Regression and resurgence of the CL following PGF2α treatment 3 days after ovulation in mares.** Theriogenology, v. 65, p. 1605-1619, 2006.

MIRÓ, J. et al. **Color doppler provides a reliable and rapid means of monitoring luteolysis in female donkeys.** Theriogenology, v. 83, p.485-490, 2015.

OLIVEIRA, S.N. et al. **Comparative efficacy of histrelin acetate and hCG for inducing ovulation in Brazilian Northeastern jennies (*Equus africanus asinus*).** Journal of Equine Veterinary Science, v. 92, art. 103146, 2020.

CUERVO-ARANGO, J.; NEWCOMBE, J.R. **Repeatability of preovulatory follicular diameter and uterine edema pattern in two consecutive cycles in the mare in how they are influenced by ovulation inductors.** Theriogenology, v. 68, p. 681-687, 2008.

NÚÑEZ, C.M.V.; ASA, C.S.; RUBENSTEIN, D.I. **Zebra reproduction.** In: MCKINNON, A.O.; SQUIRES, E.L.; VAALA, W.E.; VARNER, D.D. (ed.) Equine Reproduction. 2. Ed. Ames: Wiley-Blackwell, 2011. P. 2851-2865.

GINTHER, O.J.; AL-MAMUN, M**.; Increased frequency of double ovulations after induction of luteolysis with exougenous prostaglandin F2α.** Journal of Equine Veterinary Science, v. 29, p. 581-583, 2009.

ATONIUS, O. **The breeding habits of the mountain zebra.** Proceedings of the Zoological Society of London, v. 107, n.2, p. 343-348, 1937.

ASA, C.S.; PORTON, I. **Wild mammals in captivity: principles and techniques for zoo management.** Chicago: University of Chicago Press, 2005.

ASA, C.S. et al**., Patterns of excretion of fecal estradiol and progesterone and urinary chorionic gonadotropin in Grevy's zebras (*Equus grevyi*): ovulatory cycles and pregnancy.** Zoo Biology, v. 20, p. 185-195, 2001.

CHURCHER, C.S. ***Equus grevyi*** (Oustalet, 1882). Mammalian Species, n. 453, p.1-9, 1993.

CLYDE, V.L.; BENNETT, B.T. **Equid reproduction in captivity.** In: FOWLER, M.E.; MILLER, R.E. (ed.). **Zoo and wild animal medicine: current therapy.** St. Louis: Saunders Elsevier, 2009.

SISCHHOFF, I.R. et al. **Habitat and movement of planis zebras (*Equus burchelli*) in response to predation danger form lions.** Behavioral Ecology, v. 18, n.4, p.725-729, 2007.

FURSTENBURG, D. **Focus on the mountain zebra (*Equus zebra*).** Pretoria: Wildlife Publications, 2009.

GINSBERG, J.R.; RUBENSTEIN D.I**. Sperm competition and variation in zebra mating behavior.** Behavioral Ecology and Sociobiology, v. 26, p. 427-434, 1990.

GINTHER, O.J. **Reproductive biology of the mare: basic and applied aspects.** Cross Plains: Equiservices Publishing, 1992.

GRUBB, P. ***Equus burchelli.*** Mammalian Species, n. 157, p. 1-9, 1981.

HALL-MARTIN, A. **Parturition in the Cape mountain zebra.** Koedoe, v. 16, p. 139-142, 1973.

ICUN-INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE. ***Equus zebra.*** In: IUCN Red List of Threatened Species. Gland: IUCN, 2008.

KING, J.M. **The reproduction and ovarian activity in wild equids.** Journal of Reproduction and Fertility, v.9, p. 111-123, 1965.

KING, J.M. **Reproduction in the zebra mare *Equus burchelli antiquorum* from the Kruger National Park.** Koedoe, v. 19, p. 89-132, 1976.

KING, J.M. **Ovarian activity in zebra during pregnancy.** Journal of Reproduction and Fertility, v. 23, p. 111-123, 1972.

KINGDON, J**. East African mammals: an atlas of evolution in Africa.** London: Academic Press, 1979.

KLINGEL, H. **Reproductive biology of wild equids.** Journal of Reproduction and Fertility, v. 76, p. 709-717, 1986.

KLINGEL, H. **A comparison of social behavior in equids.** Symposia of the Zoological Society of London, v. 33, p. 147-161, 1974.

LARISON, B. et al., **Why are the zebras striped?** Royal Society Open Science, v. 2, n. 1, 2015.

MINOT, E.O. **Zebra reproduction in captivity.** Zoo Biology, v. 23, p. 133-145, 2004.

MOHELMAN, P.D. (ed.) **Status survey and conservation action plan: equids- zebras, asses and horses.** Gland: IUCN/SSC Equid Specialist Group, 2002.

NOVELLIE, P. et al. **Conservation biology postpartum cycles in Grevy' zebra.** Zoo Biology, v. 7, p. 101-110, 1988.

READ, B. et al. **Gestation length and parturition in Grevy's zebra: insights from long-term studies in the wild.** Journal of Mammalogy, v. 89, p. 1-14, 2008.

SHEDRACK, A. **Distribution and conservation status of Plains zebras.** African Journal of Ecology, v. 40, p. 201-210, 2002.

SMUTS, C.L**. Reproduction in the zebra mare *Equus burchelli antiquorum* form the Kruger National Park.** Koedoe, v. 19, p. 89-132, 1976.

SMUTS, C.L**. Seasonal anoestrus in zebras.** Journal of Reproduction and Fertility, v. 27, p. 123-131, 1979.

SUNDARESAN, S.R. et al., **Spatial ecology of Grevy's zebra.** Journal of Zoology, v. 273, p. 137-146, 2007.

VAN NIERKEN, C.H.; MORGENTHAL, J.C. **The morphology of the equine ovary.** Onderstepoort Journal of Veterinary Research, v. 57, p. 1-9, 1990.

WESTLIN-VAN AARDE, L.M.; VAN AARDE, R.J.; SKINNER, J.D**. Reproduction in female Hartmann's zebra (*Equus zebra hartmannae*)**. Journal of Reproduction and Fertility, v.84, p. 505-511, 1988.

WACKERMAGEL, H**. Grant's zebra (*Equus burchelli bohemi*) at Basel Zoo: contribution to breeding biology.** International Zoo Yearbook, v. 5, p. 38-41, 1965.

ROBERTS, B.A. **Perinatal behavior of a wild Grevy's zebra *(Equus grevyi)* mare and foal.** Journal of Ethology, v. 30, n.1, p. 205-209, 2012.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
Campus Sousa - Código INEP: 25018027
Av. Pres. Tancredo Neves, S/N, Jardim Sorrilândia III, CEP 58805-345, Sousa (PB)
CNPJ: 10.783.898/0004-18 - Telefone: None

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

TCC com folha de aprovação assinada

Assunto:	TCC com folha de aprovação assinada
Assinado por:	Nathalie Gazzaniga
Tipo do Documento:	Anexo
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Nathalie Gazzaniga**, **DISCENTE (202118730025) DE BACHARELADO EM MEDICINA VETERINÁRIA - SOUSA**, em 21/10/2026 17:10:17.

Este documento foi armazenado no SUAP em 21/10/2026. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/ e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 2023596
Código de Autenticação: 64f1f66e5a