

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 07/08/2022.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS JABOTICABAL

**O EFEITO DA MELATONINA ORAL NOS PADRÕES
REPRODUTIVOS DE MACHOS DE VEADO-CATINGUEIRO
(*Mazama gouazoubira*)**

Yuki Tanaka
Médica Veterinária

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS JABOTICABAL

**O EFEITO DA MELATONINA ORAL NOS PADRÕES
REPRODUTIVOS DE MACHOS DE VEADO-CATINGUEIRO
(*Mazama gouazoubira*)**

Discente: Yuki Tanaka

Orientador: Prof. Dr. José Mauricio Barbanti Duarte

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária, Área Reprodução Animal.

T161e	Tanaka, Yuki O efeito da melatonina oral nos padrões reprodutivos de machos de veado-catingueiro (<i>Mazama gouazoubira</i>) / Yuki Tanaka. -- Jaboticabal, 2020 87 f. : tabs., fotos Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientador: José Maurício Barbanti Duarte 1. Cervídeos Neotropicais. 2. Sazonalidade Reprodutiva. 3. Sêmen. 4. Reprodução. 5. Endocrinologia. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

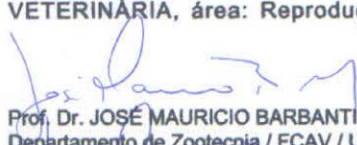
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

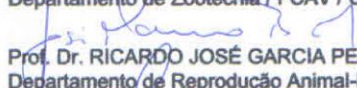
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: O EFEITO DA MELATONINA ORAL NOS PADRÕES REPRODUTIVOS DE MACHOS DE VEADO-CATINGUEIRO (*Mazama gouzoubira*)

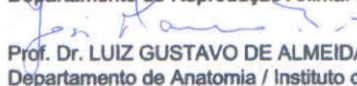
AUTORA: YUKI TANAKA

ORIENTADOR: JOSÉ MAURICIO BARBANTI DUARTE

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em MEDICINA VETERINÁRIA, área: Reprodução Animal pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. JOSÉ MAURICIO BARBANTI DUARTE
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. RICARDO JOSÉ GARCIA PEREIRA (VIDEOCONFERÊNCIA)
Departamento de Reprodução Animal-FMVZ/USP / São Paulo/SP


Prof. Dr. LUIZ GUSTAVO DE ALMEIDA CHUFFA (VIDEOCONFERÊNCIA)
Departamento de Anatomia / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP

Jaboticabal, 07 de agosto de 2020

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Nascida no dia 14 de fevereiro de 1990, no distrito de Shizuoka, Japão. Em 2012 ingressou no curso em Medicina Veterinária na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (FMVZ – USP), graduando-se em 2017. Em 2018, ingressou no Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária na Faculdade de Ciências Agrárias na modalidade “Mestrado Acadêmico”. Durante todo o período do mestrado, foi bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Epígrafe

“Live as if you were to die tomorrow.
Learn as if you were to live forever”

Mahatma Gandhi

Dedico e ofereço

A minha mãe, “*Katyan*”, **Quimie Tanaka**, que me ensinou a ser independente, ser forte. Que sempre incentivou a estudar e correr atrás dos sonhos.

A minha tia “*Youkobatyan*”, **Youko Nukui**, que também me incentivou a nunca parar de estudar. Que sempre investiu em nossa formação.

...A minha “baba”, vó, **Rosa Nukui**, que apesar do seu esquecimento cada vez mais frequente, sempre lembra de mim com essa frase carinhosa: “*Yukitchan, quanto tempo né?! Guenki?!*”

Aos animais Fabian, Bento, Beto Carreiro, Lugano, Bill, Pulga e Tofu por terem participado desse trabalho.

Um muito obrigada!

AGRADECIMENTOS

A CNPq pela concessão da bolsa (131540/2018-1), e a Unesp, pela oportunidade de fazer pesquisa de qualidade.

Ao meu orientador, **Professor Dr. José Maurício Barbanti Duarte**, que desde o momento que trocamos o primeiro e-mail, me abraçou e deu a oportunidade de integrar a essa equipe maravilhosa chamada NUPECCE; que desde o rascunho desse trabalho, sempre esteve presente para discutir, para ensinar, e me ajudar a pensar na essência da pesquisa. Que desde as conversas de corredor e de sala, compartilhou suas experiências como “líder” e “ser humano”.

Aos professores da USP, **Professor Dr. José Ricardo Garcia Pereira**, que me deu apoio para iniciar essa jornada acadêmica no NUPECCE e **Professor Marcilio Nichi**, que está sempre disposto em me ajudar no que for preciso

Aos meus amigos de São Paulo, principalmente ao **Guilherme Molnar Castro**, que apesar das nossas divergências, sempre esteve ao meu lado. Sempre que tive medo, que precisei de um conselho, que precisava desabafar, sempre que precisava de alguma ajuda você estava *aqui*

Aos amigos/colegas do NUPECCE, pelos momentos preciosos de café na cozinha, pelos churrascos, que afagam o coração! A **Maria Helena e Gabrielle**, que me acompanharam de perto, e praticamente toda minha trajetória no NUPECCE. Aos que me ajudaram no laboratório: **Claudia e Eveline. Eveline**, que mesmo longe da bancada, fazia o possível para tirar minhas dúvidas sobre endocrinologia

Aos tratadores do NUPECCE, **Antônio Turco e Renato Cruz**, que me distraíam da rotina do laboratório e dos experimentos jogando conversa fora nos corredores

Ao técnico do NUPECCE, **João Boer**, que sempre estava disposto a me ajudar na preparação dos reagentes.

Sou eternamente grata por tudo: pelo NUPECCE ter se tornado minha terceira casa, pelas pessoas que conheci e pelos aprendizados

SUMÁRIO

	Página
Certificado de Comissão de Ética	iii
Mudança de título	iv
LISTAS	v
O EFEITO DA MELATONINA ORAL NOS PADRÕES REPRODUTIVOS DE MACHOS DE VEADO-CATINGUEIRO (<i>Mazama gouazoubira</i>)	viii
RESUMO	viii
Palavras chave	viii
THE ORAL MELATONIN EFFECT ON REPRODUCTIVE PATTERNS OF BROWN BROCKET DEER (<i>Mazama gouazoubira</i>) BUCKS.....	ix
ABSTRACT.....	ix
Keywords:.....	ix
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	10
1. Introdução.....	10
2. Revisão de literatura	13
2.1. Veado-catingueiro (<i>Mazama gouazoubira</i>).....	13
2.2. Melatonina: síntese, secreção, distribuição e metabolização ..	14
2.3. Regulação da secreção de melatonina.....	15
2.4. O papel da melatonina em ciclos sazonais.....	17
2.5. Melatonina e reprodução: o papel da kisspeptina.....	19
2.6. Neurônios Kp como guardiões da reprodução sazonal	21
2.7. Melatonina e reprodução: o papel da pars tuberalis.....	23
2.8. Reprodução dos cervídeos de regiões temperadas.....	26
2.9. Estudos com melatonina em cervídeos de regiões temperadas	29
2.10. Reprodução de cervídeos tropicais e neotropicais.....	30
2.11. Estudos com melatonina em cervídeos em cervídeos de regiões tropicais.....	38
3. REFERÊNCIAS.....	41
CAPÍTULO 2 – “Exogenous melatonin enhances testosterone secretion and sperm quality in brown brocket deer (<i>Mazama gouazoubira</i>) bucks”	57
4. Abstract.....	57
5. Introduction	57
6. Material and Methods.....	60

6.1. Animals and Experimental design	60
6.2. Melatonin treatment	60
6.3. Fecal androgens metabolites measurement, fecal collection and enzyme immunoassay	61
6.4. Gross morphometry	62
6.5. Electroejaculation and semen analysis	62
6.6. Statistical analysis	63
7. Results	63
8. Discussion	67
9. Conclusion	72
10. References	72
11. Supplementary material	77
CAPÍTULO 3 – Considerações finais sobre a dissertação	79

Certificado de Comissão de Ética



CERTIFICADO

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado “O efeito da melatonina oral exógena na secreção de testosterona em veado-catingueiro (*Mazama gouazoubira*)”, protocolo nº 01929/18, sob a responsabilidade do Prof. Dr. José Maurício Barbanti Duarte, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 08 de março de 2018.

Vigência do Projeto	05/03/2018 a 05/08/2020
Espécie / Linhagem	Cervídeos
Nº de animais	06
Peso / Idade	15 a 20 kg / 2 a 9 anos
Sexo	Machos
Origem	NUPECCE

Jaboticabal, 08 de março de 2018.

Fabiana Pilarski
Profª Drª Fabiana Pilarski
Coordenadora – CEUA

Mudança de título



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal



CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

DECLARAÇÃO

Declaramos que o trabalho de pesquisa intitulado "O efeito da melatonina oral exógena na secreção de testosterona em veado-catingueiro (*Mazama gouazoubira*)", sob orientação do Prof. Dr. José Maurício Barbanti Duarte e Certificado CEUA protocolo nº 01929/18, aprovado em reunião ordinária em 08 de março de 2018, teve o título alterado para "**O efeito da melatonina oral nos padrões reprodutivos de machos de veado-catingueiro (*Mazama gouazoubira*)**" com aprovação da alteração em reunião ordinária de 10 de outubro de 2018.

Jaboticabal, 10 de outubro de 2018.



Prof.^a Dr.^a Fabiana Pilarski

Coordenadora - CEUA

LISTAS

Listas de abreviaturas

- ADP. Núcleo pré-óptico anterodorsal
- ARC. Núcleo arqueado
- Cry1. Gene Cryptocromo1
- CYP1A2. Citocromo P450
- EIA. Enzyme immunoassay
- FAM. Fecal androgen metabolites
- FSH. Hormônio folículo estimulante
- GnRH. Hormônio estimulador de gonadotropinas
- HHG. Hipotálamo-hipófise-gonadal
- HIOMT. hidroxiendol-O-metil
- IUCN. International Union for Conservation of Nature
- Kp. Kisspeptina
- LC.** Least Concern
- LHRH. Luteinizing hormone-releasing hormone
- M. americana. Mazama americana*
- M. gouazoubira. Mazama gouazoubira*
- Mlt1. Melatonin receptor 1
- Mlt2. Melatonin receptor 2
- N-acetil-5 metoxitriptamina. Melatonina
- NAT/AANAT. Serotonina-N-acetiltrasferase
- NKA. Neuroquinina A
- NPVAV. Núcleo periventricular anteroventral
- NSQ. Núcleo supraquiasmático
- O. virginianus. Odocoileus virginianus*
- P. puda. Pudu puda*
- PD. Pars distalis
- Per1. Gene Period1
- PT. Pars tuberalis, 31
- PVN. Paraventricular Nucleus*
- TH. Tirosina hidroxilase
- TRH. Trato retino-hipotalâmico

Lista de Tabelas (Capítulo 1: Revisão de Literatura)

Tabela 1 Espécies neotropicais, sazonalidade reprodutiva, associação das características reprodutivas com fotoperíodo, latitude, localização geográfica das respectivas espécies.39

Tabela 2 Espécies tropicais, sazonalidade reprodutiva, associação das características reprodutivas com fotoperíodo, latitude, localização geográfica das respectivas espécies.40

Lista de Tabelas (Capítulo 2: Artigo)

Table 1 Animals (A, B, C, D, E, F and G), age and reproductive history and their latitude of origin. Animals A, B, C and D were allocated to treated group and Animals E, F and G to control group.60

Lista de Figuras (Capítulo 1: Revisão de Literatura)

Figura 1 Exemplar de fêmea de veado-catingueiro (Mazama gouazoubira)..13

Figura 2 Caminho multi-sináptico desde o NSQ (Suprachiasmatic Nucleus – SCN) até a glândula pineal. Sinais circadianos provenientes do NSQ são transmitidos para o núcleo paraventricular (Paraventricular Nucleus -PVN). Este se projeta para a medula espinhal, exatamente no núcleo intermediolateral (IML), de onde saem neurônios pré-ganglionares noradrenérgicos, sendo que as fibras desses neurônios alimentam a glândula pineal via gânglio superior cervical (Superior cervical gaglion – SCG).17

Figura 3 Desenho esquemático de um corte saginal da hipótlamo basal e da hipófise. Notar a relação topográfica das células da pars tuberalis com o plexo capilar primário. As células da pituitária assim como os neurônios hipotalâmicos desembocando na eminência média e pode influenciar as atividades das células da par distalis. Notar a proximidade da PT com o terceiro ventrículo.....24

Figura 4 Possíveis modelos sobre o efeito da melatonina na secreção de tuberalina. Modelo A no qual a melatonina atua diretamente nos genes relógio, e estes atuam na liberação de tuberalina; Modelo B no qual a melatonina age diretamente nos genes relógio, sendo que estes interagem com proteínas e influencia a tuberalina; e o modelo C, no qual a ação da melatonina nos genes não está relacionada com o controle fotoperíodo da tuberalina, que age de forma independenteError! Bookmark not defined.

Lista de Figuras (Capítulo 2: Artigo)

Figure 1 Fecal testosterone concentration in melatonin treated group (■) (n=4) and control group (-▲-) (n=3) in function of experimental days at study prior to melatonin treatment (since day -28 until -7) until post melatonin treatment (day 91). 7 days basis interval are presented as medians (squares and triangles) ± interquartile range (error bars). *Indicates significant difference between groups and days (P<0.05).64

Figure 2 Individual FAM profile during pre-melatonin treatment (Day – 28) until post-treatment (Day 91). Black square bracket indicates melatonin period treatment (Day 0 to Day 60) in treated group.65

Figure 3 Graph lines represent the mean values of testicular volume (cm³), sperm motility (%), membrane integrity (%) and major defects (%) from treated (■) and control group (-▲-). Upper letters represent difference along time for treated group. For the mean testicular volume, the treated group showed a similar mean value in Day 30, Day 60 and Day 90, however the mean value of Day 0 differs from Day 30, Day 60 and Day 90 ($p < 0.05$). Although the mean testicular volume is higher on Day 0 than the following days (Day 30, Day 60 and Day 90), it is possible to observe a reduction in testicular volume until Day 90. During Day 30 to Day 60 and after the end of treatment (Day 60 to Day 90) there was a non-significant slight increase in the mean testicular volume. Mean sperm motility from treated group showed higher value in Day 60 than in Day 0, which is considered the period closest to melatonin cessation. Although not statistically significant, membrane integrity (%) and major defects show a possible effect of melatonin treatment ($p > 0.05$) in improving these seminal parameters during the treatment period (Day 0 to Day 60). Horizontal bar with diagonal stripes indicates the period of melatonin treatment.....66

Figure 4 Differences in percentage among days/per individual from Treated (grey lines) and Control group (dark grey lines). The major defects decline during the melatonin treatment which corresponds to 30/0 and 60/30, and these values increase during 90/60, which is the period of melatonin treatment cessation for male A, B and C. For membrane integrity, the values for males A, B, D tend to increase during the melatonin period, and the highest percentage was observed at 60/30, and a reduction at 90/60. The Control group did not show any improvement in the membrane integrity during the same period. For sperm motility, males A, B and C showed an improvement in this parameter at 30/0, whereas the Control group tend to not show any pattern..78

O EFEITO DA MELATONINA ORAL NOS PADRÕES REPRODUTIVOS DE MACHOS DE VEADO-CATINGUEIRO (*Mazama gouazoubira*)

RESUMO – O fotoperíodo é o principal regulador da reprodução sazonal em cervídeos de regiões temperadas, responsável por regular a secreção de testosterona, ciclo do chifre, desenvolvimento do pescoço e volume testicular nos machos. No entanto, pouco se sabe sobre seu efeito na reprodução de cervídeos de regiões tropicais. Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito indireto do fotoperíodo, através da administração de melatonina oral em veado-catingueiro (*Mazama gouazoubira*). Parâmetros reprodutivos como, volume testicular, circunferência do pescoço, qualidade do sêmen e testosterona fecal foram avaliados do dia 0 ao dia 90 e o tratamento com melatonina foi realizado desde o dia 0 até o dia 60. No total, sete indivíduos foram utilizados no estudo. Quatro animais foram alocados no grupo tratado (TG) e 3 no grupo controle (GC). A circunferência de pescoço e algumas características seminais não apresentaram diferença entre os grupos e períodos analisados. Houve um aumento dos níveis de MAF no início do tratamento (dias 7, 14, 21 e 35) e após o tratamento (dias 84 e 91) no GT ($p < 0.05$) Houve redução do volume testicular médio ($p < 0.05$) no período entre D 0 e D 30 e entre D 0 e D 90, com um pequeno aumento ($p > 0.05$) entre D 30 e D 60 nos animais tratados. Ainda, a motilidade espermática teve o seu maior valor no D 60, comparado com D 0 ($p < 0.05$), mas nenhuma diferença significativa foi encontrada para outros parâmetros seminais. Apesar de não haver diferença significativa, a integridade de membrana e defeitos maiores tendem a ter valores maiores e menores, respectivamente, no grupo tratado do que no grupo controle ($p > 0.05$). Para esses parâmetros, a porcentagem de incremento por indivíduo mostrou que machos do grupo tratado tendem a ter uma porcentagem maior, o que significa que houve um possível efeito da melatonina durante o período do tratamento. Esses resultados sugerem que *M. gouazoubira* responde a variações drásticas de fotoperíodo e aparentemente a melatonina exógena melhora as características seminais ao invés de controlar a sazonalidade dessa espécie em regiões neotropicais.

Palavras chave: fotoperíodo, endocrinologia, melatonina, sêmen, testosterona

THE ORAL MELATONIN EFFECT ON REPRODUCTIVE PATTERNS OF BROWN BROCKET DEER (*Mazama gouazoubira*) BUCKS

ABSTRACT – This research aimed to assess the indirect effect of photoperiod by giving oral melatonin for brown brocket deer (*Mazama gouazoubira*). Reproductive parameters such as testicular volume, neck circumference, semen quality, fecal androgen metabolites (FAM) were evaluated from Day 0 to Day 90, and melatonin treatment were performed during Day 0 to Day 60. In total, seven individuals were used in the study. Four animals were allocated to treated group (TG) and 3 to control group (CG). The neck circumference and some seminal parameters did not show any significant difference between CT and GT and along the experimental period. High FAM levels were observed for TG in days 7, 14, 21, 35, 84 and 91 ($p < 0.05$). The mean testicular volume reduced in Day 0 to Day 30 ($p < 0.05$) and to Day 0 to Day 90 ($p < 0.05$), with a slight increase in the mean testicular volume during Day 30 to Day 60 ($p > 0.05$). Sperm motility has the highest value on Day 60 compared to Day 0 ($p < 0.05$). Although not statistically different, membrane integrity and major defects tend to be higher and lower, respectively, on the Treated group than in the Control group. For these parameters, incremental change (%) per individual showed that males from Treated group tend to have higher percentage during the melatonin treatment, which means that melatonin might have an effect during melatonin treatment. Those findings suggest that *M. gouazoubira* respond to drastic photoperiod change and melatonin seems to improve the seminal characteristics instead of controlling the seasonal reproduction in *M. gouazoubira* while inhabiting neotropics.

Keywords: endocrinology, melatonin, photoperiod, semen, testosterone

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. Introdução

A história evolutiva dos cervídeos na América do Norte e nos neotrópicos ainda é um tanto obscura (Duarte et al., 2008). As espécies neotropicais atravessaram o Istmo do Panamá há 2,5 milhões de anos para a América do Sul e cada espécie se adaptou em áreas e habitats com características distintas (Duarte et al., 2008). Diante desse cenário, as espécies também adaptaram suas estratégias reprodutivas durante sua evolução no ambiente tropical (Tabelas 1 e 2). Presumivelmente, as espécies de cervídeos foram consideradas completamente não sazonais, mas Asher (2011) infere que elas podem perceber o fotoperíodo de maneira diferente das espécies de regiões temperadas por causa da presença de sazonalidade refletida na variação sazonal das características sexuais secundárias, que possivelmente é uma característica herdada de seus ancestrais de regiões temperadas (Bubenik et al., 1996). Por outro lado, outros autores acreditam que os cervídeos dessas regiões não utilizam o fotoperíodo para prever a reprodução, pois eles foram naturalmente selecionados para sincronizar seu ciclo endógeno reprodutivo com a disponibilidade de alimentos, que é o único fator que afeta o tempo da reprodução e é frequentemente determinado pelos fatores locais, como clima e época do período de chuvas (Bubenik et al., 1991; Pereira, 2010).

Considerando esse cenário controverso, segundo o qual as espécies de cervídeos tropicais podem responder ao fotoperíodo ou não, fica claro que ainda temos pouco entendimento de quais forças evolutivas afetaram os padrões reprodutivos de espécies de cervídeos de regiões neotropicais, com este grupo de cervídeos representado por muitos táxons que estão em sério risco de extinção (Asher, 2011). De acordo com a IUCN (2016), dentre 29 espécies de cervídeos tropicais/neotropicais/subtropicais, 11 são classificadas como vulneráveis, 1 próximo a ameaça de extinção e 3 como dados insuficientes.

Sob essa perspectiva, o entendimento da biologia reprodutiva dessas espécies é claramente imprescindível, como um meio de aumentar os esforços de sua conservação. No entanto, estudos envolvendo espécies ameaçadas de extinção costumam ser dificultadas devido ao número limitado de espécimes em cativeiro, que é o principal obstáculo para a condução das pesquisas científicas. Nesse contexto, o surgimento da endocrinologia não invasiva permitiu o desenvolvimento de pesquisas em muitos aspectos da reprodução nesse grupo de mamíferos, embora haja ainda poucos dados sobre a biologia reprodutiva de espécies neotropicais (Pereira, 2010). A maioria das informações está concentrada em algumas espécies (*Pudu puda* - (Bartoš et al., 1998; Blanvillain et al., 1997; Bubenik et al., 1996, 2000; Macnamara e Eldridge, 1987), *Mazama gouazoubira* (Barrozo et al., 2001; Bisbal, 1994; Pereira et al., 2006; Pinder, 1992; Stallings, 1986); *Ozotoceros bezoarticus* - (Pereira et al., 2005;

Pinder, 1992; Tomás, 1995), e à vista disso, surge uma necessidade em expandir o entendimento para as outras espécies de 6 gêneros de cervídeos que ocorrem na América Central e no Sul (*Mazama*, *Pudu*, *Odocoileus*, *Hippocamelus*, *Ozotoceros* e *Blastocerus*) (Duarte et al., 2008).

Dentre diversas questões sobre a biologia reprodutiva dos cervídeos neotropicais, de fato, a linha de estudo que envolve o ciclo biológico e a reprodução é ainda uma das frentes pouco exploradas. Durante a pesquisa bibliográfica para a elaboração desse trabalho, apenas dois - o primeiro publicado em 1988, na autoria de Loudon e Curlewiss e o segundo publicado em 1992, por Mylrea - buscaram entender o efeito do fotoperíodo na reprodução dos machos das espécies tropicais (cervo-chital – *Axis axis*) por meio do tratamento hormonal com melatonina. As informações geradas a partir desses dois trabalhos mostraram resultados um pouco divergentes a respeito da potencial sazonalidade do cervo-chital. Loudon e Curlewiss (1988) afirmaram que o tratamento com melatonina não tem efeito no aumento do volume testicular, da circunferência do pescoço e na mineralização dos chifres, indicando a insensibilidade dessa espécie ao fotoperíodo. No entanto, os autores observaram que um indivíduo do estudo teve atraso na queda do chifre, e por isso sugerem a possibilidade de um efeito a longo prazo do fotoperíodo nesse parâmetro. Mylrea (1992) afirma também que o tratamento com melatonina afetou o ciclo dos chifres do cervo-chital, fazendo com que os machos tivessem queda sincronizada dos chifres. Mesmo diante desses achados, algumas dúvidas ainda permaneceram sem explicação. Se os estudos tivessem sido conduzidos em regiões nativas da espécie (originária do continente asiático – Nepal, Índia e Bangladesh – latitude 13° a 27°N), será que os animais responderiam da mesma forma? Em regiões nativas, a espécie apresenta sazonalidade reprodutiva limitada (com ausência ou presença do ciclo anual do chifre em algumas regiões do continente asiático, podendo ou não ser relacionado a idade e período de maior atividade sexual em diferentes épocas) e já em regiões translocadas, como os indivíduos estudados por Mylrea e Loudon e Curlewiss (Austrália 37°S ao 15°S e Inglaterra, 52°N, respectivamente), as espécies apresentam ciclo do chifre e testicular que corresponde ao período de 13 meses.

A experimentação que envolve translocações de espécies para regiões onde elas não são nativas, pode revelar a real insensibilidade ao fotoperíodo das espécies. No entanto, muitas apresentam respostas contrárias ao que teoricamente se espera. O cervo-rusa, considerada uma espécie assazonal com ciclicidade durante o ano todo, com presença do ciclo do chifre assíncrono e distribuição de nascimentos observado durante o ano todo em sua região nativa (regiões equatoriais de Java, Timor e Celebes), mostra padrões sazonais quando transferidos para o Sul da Austrália (38°S). A espécie estabelece um ritmo de reprodução baseado em dias longos e pico de fertilidade ocorrendo durante o final do inverno e na primavera (Van Mourik et al., 1986; Van Mourik e Stelmasiak, 1990). Já a espécie neotropical *Mazama americana* nativa de regiões neotropicais, é também considerada assazonal, com ciclicidade presente ao longo do ano nessas regiões, sem a presença do ciclo anual do chifre e distribuição dos nascimentos ao longo do ano (Mayor et al., 2009; Pereira et al., 2020).

Quando a espécie é translocada para regiões temperadas, a espécie continua mantendo a sua assazonalidade reprodutiva, com produção de filhotes ao longo de todo ano (Macnamara e Eldrige, 1987).

Além dos contrastes observados após estudos envolvendo translocações de espécies nativas para outras regiões, muitos autores tentaram entender porquê mesmo espécies de cervídeos tropicais que são simpátricas na mesma região tropical podem apresentar diferentes características reprodutivas, com variações sazonais ou não. Quatro espécies de cervídeos que residem a mesma região do Nepal (Mishra e Wemmer, 1987) apresentam reprodução e forrageamento bem distintos entre si. Por outro lado, espécies neotropicais como veado-mateiro (*Mazama americana*) e veado-catingueiro (*M. gouazoubira*) que são simpátricas da Mata Atlântica, ambas compartilham estratégias reprodutivas semelhantes (dados baseados apenas em indivíduos de cativeiro), apesar de diferirem apenas na preferência de habitats e padrão de atividade (majoritariamente noturna para primeira e diurna para segunda) (Oliveira et al. 2016; Refs do cativeiro).

Inúmeras hipóteses foram levantadas (fatores climáticos, sociais, competição de recursos por espécies simpátricas, pressão exercida por predadores entre outros) na tentativa de explicar os motivos pelos quais algumas espécies tenham retido algumas características sazonais e outros não, mas até hoje, a existência dessa diversidade reprodutiva entre os cervídeos tropicais e neotropicais não foi esclarecida.

Diante de todos os fatos e dessa demanda, esse trabalho tem como objetivos a) solidificar o entendimento sobre reprodução do veado-catingueiro (*Mazama gouazoubira*); b) investigar a potencial sazonalidade dessa espécie por meio de tratamento hormonal com melatonina.

9. Conclusion

Melatonin effect in the neuroendocrine pituitary system remains disclosed, yet we can infer that melatonin stimulates FAM secretion and might promote an improvement in seminal quality in *Mazama gouazoubira*. Moreover, our findings suggest that melatonin might not be essential in controlling the seasonal reproduction in *Mazama* while inhabiting neotropical regions.

Acknowledgements

The authors are grateful to Professor Dr. Marcilio Nichi, Guilherme Batista do Nascimento for their help with statistical analysis and to the keepers for their assistance with the deer management.

10. References

- Adam, C.L., Atkinson, T., 1984. Effect of feeding melatonin to red deer (*Cervus elaphus*) on the onset of the breeding season. *J. Reprod. Fertil.* 72, 463–466. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0720463>
- Ahuja-Aguirre, C., Pérez-Gutiérrez, O., López-deBuen, L., Rojas-Maya, S., Montiel-Palacios, F., 2017. EARLY ONSET OF THE REPRODUCTIVE SEASON IN CAPTIVE WHITE-TAILED DEER (*ODOCOILEUS VIRGINIANUS VERAECRUCIS*) IN EASTERN MEXICO. *J. Zoo Wildl. Med.* 48, 1031–1038. <https://doi.org/10.1638/2016-0148.1>
- Asher, G.W., 2011. Reproductive cycles of deer. *Anim. Reprod. Sci.* 124, 170–175. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.08.026>

- Asher, G.W., Day, A.M., Barrell, G.K., 1987. Annual cycle of liveweight and reproductive changes of farmed male fallow deer (*Dama dama*) and the effect of daily oral administration of melatonin in summer on the attainment of seasonal fertility. *J. Reprod. Fertil.* 79, 353–362. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0790353>
- Ashrafi, I., Kohram, H., Ardabili, F.F., 2013. Antioxidative effects of melatonin on kinetics, microscopic and oxidative parameters of cryopreserved bull spermatozoa. *Anim. Reprod. Sci.* 139, 25–30. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2013.03.016>
- Barrozo, L.A., Toniolo, G.H., Duarte, J.M.B., Pinho, M.P., Oliveira, J.A., 2001. Padrão anual de variação da testosterona sérica, volume testicular e aspectos seminais de veados-catigueiros (*Mazama gouazoubira*) em cativeiro. *Rev. Bras. Reprodução Anim.* 25, 210–211.
- Bedford, T.D., Marshall, F.H.A., 1942. On the Incidence of the Breeding Season in Mammals after Transference to a new latitude. *R. Soc.* 861, 396–399.
- Bisbal, F.J., 1994. Biología poblacional del venado matacán (*Mazama spp.*) (Artiodactyla: Cervidae) en Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 42, 305–313.
- Black-Décima, P.A., Rossi, R. V, Vogliotti, A., Cartes, J.L., Maffei, L., Duarte, J.M.B., González, S., 2010. Brown brocket deer (*Mazama gouazoubira*) (Fisher 1814), in: Duarte, J.M.B., González, S. (Eds.), *Neotropical Cervidology: Biology and Medicine of Latin American Deer*. Funep, Jaboticabal, pp. 255–270.
- Blom, E., 1973. Ultrastrukturen af nogle karakteristiske sperimedefekter og forslag til et nyt klassificerings-system for tyrens spermiogram [The ultrastructure of some characteristic sperm defects and a proposal for a new classification of the bull spermiogram (author's transl)]. *Nord. veterinaermedicin* 25, 383–391.
- Braga, F.G., 2004. Influencia da agricultura na distribuição espacial de *Ozotoceros bezoarticus* Linnaeus, 1758 (veado-campeiro), em Piraí do Sul, Paraná. UFPR, Piraí do Sul.
- Bubenik, G.A., 2006. Seasonal regulation of deer reproduction as related to the antler cycle-a review. *Vet. Arh.* 76, 275–285.
- Bubenik, G.A., 1983. Shift of seasonal cycle in white-tailed deer by oral administration of melatonin. *J. Exp. Zool.* 225, 155–156. <https://doi.org/10.1002/jez.1402250119>
- Bubenik, G.A., Brown, R.D., Schams, D., 1991. Antler cycle and endocrine parameters in male axis deer (*Axis axis*): Seasonal levels of LH, FSH, testosterone, and prolactin and results of GnRH and ACTH challenge tests. *Comp. Biochem. Physiol. -- Part A Physiol.* 99, 645–650. [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(91\)90144-2](https://doi.org/10.1016/0300-9629(91)90144-2)
- Bubenik, G.A., Smith, P.S., Schams, D., 1986. The effect of orally administered melatonin on the seasonality of deer pelage exchange, antler development, LH, FSH, Prolactin, Testosterone, T3, T4, Cortisol, and Alkaline Phosphatase. *J. Pineal Res.* 3, 331–349. <https://doi.org/10.1111/j.1600-079X.1986.tb00756.x>
- Buffoni, A., Vozzi, A., Gonzalez, D.M., Viegas, H., Latorraca, A., Hozbor, F., Ledesma, A., Abecia, J.A., 2015. Melatonin modifies scrotal circumference but not plasma testosterone concentrations and semen quality of rams during the seasonal anestrus at 43°S. *Biol. Rhythm Res.* 46, 785–795. <https://doi.org/10.1080/09291016.2015.1052649>
- Casao, A., Pérez-Pé, R., Abecia, J.A., Forcada, F., Muñio-Blanco, T., Cebrián-Pérez, J.A., 2013. The effect of exogenous melatonin during the non-reproductive season on the seminal plasma hormonal profile and the antioxidant defence system of Rasa Aragonesa rams. *Anim. Reprod. Sci.* 138, 168–174. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2013.02.002>
- Casao, A., Vega, S., Palacín, I., Pérez-Pé, R., Laviña, A., Quintín, F.J., Sevilla, E., Abecia, J.A., Cebrián-Pérez, J.A., Forcada, F., Muñio-Blanco, T., 2010. Effects of melatonin implants during non-breeding season on sperm motility and reproductive parameters in rasa aragonesa rams. *Reprod. Domest. Anim.* 45, 425–432. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01215.x>
- CBRA, 1998. Manual para Exame Andrológico e Avaliação de Sêmen Animal, 2nd ed. Belo Horizonte.
- Cebrián-Pérez, J.A., Casao, A., González-Arto, M., dos Santos Hamilton, T.R., Pérez-Pé, R., Muñio-Blanco, T., 2014. Melatonin in Sperm Biology: Breaking Paradigms. *Reprod. Domest. Anim.* 49, 11–21. <https://doi.org/10.1111/rda.12378>
- Chapman, D.I., Chapman, N.G., 1982. The antler cycle of adult reeves' muntjac. *Acta Theriol. (Warsz)*. 27, 107–114. <https://doi.org/10.4098/AT.arch.82-8>
- Chapman, N.G., Harris, S., 1991. Evidence that the seasonal antler cycle of adult Reeves' muntjac (*Muntiacus reevesi*) is not associated with reproductive quiescence. *J. Reprod. Fertil.* 92, 361–369. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0920361>

- Contreras-Moreno, F.M., Hidalgo-Mihart, M.G., Jesus-de la Cruz, A., Juárez-López, R., Bravata-de la Cruz, Y., Chahín-Perdomo, A., 2019. Seasonal antler cycle in white-tailed deer in Campeche wetlands in Southeastern Mexico. *Eur. J. Wildl. Res.* 65, 1–10. <https://doi.org/10.1007/s10344-019-1291-5>
- Deng, S.L., Wang, Z.P., Jin, C., Kang, X.L., Batool, A., Zhang, Y., Li, X.Y., Wang, X.X., Chen, S.R., Chang, C.S., Cheng, C.Y., Lian, Z.X., Liu, Y.X., 2018. Melatonin promotes sheep Leydig cell testosterone secretion in a co-culture with Sertoli cells. *Theriogenology* 106, 170–177. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.10.025>
- Duarte, J.M.B., Garcia, J.M., 1997. Tecnologia da reprodução para propagação e conservação de espécies ameaçadas de extinção., in: *Biologia e Conservação de Cervídeos Sul-Americanos: Blastocerus, Ozotoceros e Mazama*. Funep, Jaboticabal, pp. 228–238.
- Duarte, J.M.B., González, S., Maldonado, J.E., 2008. The surprising evolutionary history of South American deer. *Mol. Phylogenet. Evol.* 49, 17–22. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2008.07.009>
- Frungieri, M.B., Calandra, R.S., Rossi, S., 2017. Melatonin Induces the Expression of Cyclooxygenase 2 (Cox2) and Lipocalin-Type Prostaglandin D Synthase (L-PGDS) in Murine TM4 Sertoli Cells, in: *CONICET*. Buenos Aires.
- Fuller, T.K., Silva, A.M., Montalvo, V.H., Sáenz-Bolaños, C., Carrillo J, E., 2019. Reproduction of white-tailed deer in a seasonally dry tropical forest of Costa Rica: a test of aseasonality. *J. Mammal.* 1–7. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyz173>
- Gallina, S.O., Mandujano, S.A., Bello, J.O., López-Arévalo, H.F., Weber, M.A., 2010. White-tailed deer *Odocoileus virginianus* (Zimmermann 1780)., in: *Neotropical Cervidology*. pp. 101–118.
- Goodman, R., 1999. Seasonal reproduction, mammals, in: Knobil, E.K., Neill, J.D. (Eds.), *Encyclopedia of Reproduction*. Academic Press, San Diego, pp. 341–352.
- Goss, R.J., 1983. *Deer Antlers: Regeneration, Function and Evolution*. Academic Press, Nova Iorque.
- Goss, R.J., 1976. Photoperiodic control of antler cycles in deer. III. Decreasing versus increasing day lengths. *J. Exp. Zool.* 197, 307–312. <https://doi.org/10.1002/jez.1401970302>
- Hamasaki, S., Yamauchi, K., Ohki, T., Murakami, M., Takahara, Y., Takeuchi, Y., Mori, Y., 2001. Comparison of various reproductive status in Sika Deer (*Cervus nippon*) using fecal steroid analysis. *J. Vet. Med. Sci.* 63, 195–198. <https://doi.org/10.1292/jvms.63.195>
- Howard, J.G., 1993. Semen collection and analysis in carnivores, in: Fowler, M.E. (Ed.), *Zoo & Wild Animal Medicine Current Therapy*. W.B. Saunders, Philadelphia, pp. 390–399.
- Hurtado-Gonzales, J.L., Bodmer, R.E., 2006. Reproductive biology of female Amazonian brocket deer in northeastern Peru. *Eur. J. Wildl. Res.* 52, 171–177. <https://doi.org/10.1007/s10344-006-0034-6>
- Jackson, J.E., Langguth, A., 1987. Ecology and status of the pampas deer in the Argentinian Pampas and Uruguay., in: Wemmer, C. (Ed.), *Biology and Management of the Cervidae*. Smithsonian Institution Press, Washington DC, pp. 402–409.
- Jaczewski, Z., 1954. The effect of changes in length of daylight on the growth of antlers in deer (*Cervus elaphus* L.). *Folia Biol.* 133–143.
- Jang, H.Y., Kim, Y.H., Kim, B.W., Park, I.C., Cheong, H.T., Kim, J.T., Park, C.K., Kong, H.S., Lee, H.K., Yang, B.K., 2010. Ameliorative effects of melatonin against hydrogen peroxide-induced oxidative stress on boar sperm characteristics and subsequent in vitro embryo development. *Reprod. Domest. Anim.* 45, 943–950. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2009.01466.x>
- Juliá, J.P., Peris, S.J., 2010. Do precipitation and food affect the reproduction of brown brocket deer *Mazama gouazoubira* (G. Fischer 1814) in conditions of semi-captivity? *An. Acad. Bras. Cienc.* 82, 629–635. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652010000300010>
- Kennaway, D.J., Seamark, R.F., 1980. Circulating levels of melatonin following its oral administration or subcutaneous injection in sheep and goats. *Aust. J. Biol. Sci.* 33, 349–353. <https://doi.org/10.1071/BI9800349>
- Kokolis, N., Theodosiadou, E., Tsantarliotou, M., Rekkas, C., Goulas, P., Smokovitis, A., 2000. The effect of melatonin implants on blood testosterone and acrosin activity in spermatozoa of the ram. *Andrologia* 32, 107–114. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0272.2000.00336.x>

- Kozioł, K., Broda, D., Romerowicz-Misielak, M., Nowak, S., Koziorowski, M., 2020. Melatonin concentration in peripheral blood and melatonin receptors (MT1 and MT2) in the testis and epididymis of male roe deer during active spermatogenesis. *Theriogenology*. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.03.025>
- Leeuwenberger, F., Oliveira-Cabral, I., Lara-Resende, S., 1999. Gray brocket deer (*Mazama gouazoubira*) in the Brazilian savanna.
- Lin, C.-C., Pei, K.J.-C., Wang, P.S., Liu, B.-T., 2014. Evidence of higher levels of testosterone during the velvet period in muntjac than in other cervids. *Theriogenology* 81, 403–406. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.10.011>
- Lincoln, 1987, 1987. Long-term stimulatory effects of a continuous infusion of LHRH agonist on testicular function in male red deer (*Cervus elaphus*) in: *Reproduction* Volume 80 Issue 1 (1987). *Reproduction* 257–261.
- Lincoln, G.A., 1992. Biology of antlers. *J. Zool.* 226, 517–528. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1992.tb07495.x>
- Lincoln, G.A., 1985. Seasonal breeding in deer., in: Fennessy, P.F., Drew, K.R. (Eds.), *Biology of Deer Production*. Royal Society of New Zealand Wellington Bulletin, Wellington, pp. 165–179.
- Loudon, A.S., Curlewis, J.D., 1988. Cycles of antler and testicular growth in an aseasonal tropical deer (*Axis axis*). *J. Reprod. Fertil.* 83, 729–38. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0830729>
- MacNamara, M., Eldridge, W., 1987. Behavior and reproduction captive pudu (*Pudu puda*) and red brocket (*Mazama americana*), a descriptive and comparative analysis., in: Wemmer, C. (Ed.), *Biology and Management of the Cervidae*. Smithsonian Institution, Washington DC, pp. 371–386.
- Mayor, P., Bodmer, R.E., López-Béjar, M., López-Plana, C., 2011. Reproductive biology of the wild red brocket deer (*Mazama americana*) female in the Peruvian Amazon. *Anim. Reprod. Sci.* 128, 123–128. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.09.009>
- Merino, M.L., Gonzales, S., Leeywenberg, F., Rodrigues, F.H.G., Pinder, L., Tomás, W.M., 1997. Veado-campeiro (*Ozotoceros bezoarticus*), in: Duarte, J.M.B. (Ed.), *Biologia e Conservação de Cervídeos Sul-Americanos: Blastoceros, Ozotoceros e Mazama*. Fundação de Estudos e Pesquisas em Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia, Jaboticabal, pp. 42–58.
- Monfort, S.L., Brown, J.L., Bush, M., Wood, T.C., Wemmer, C., Vargas, A., Williamson, L.R., Montali, R.J., Wildt, D.E., 1993. Circannual inter-relationships among reproductive hormones, gross morphometry, behaviour, ejaculate characteristics and testicular histology in Eld's deer stags (*Cervus eldi thamin*) . *J. Reprod. Fertil.* 98, 471–480.
- Mylrea, G.E., 1992. Natural and artificial breeding of farmed chital deer (*Axis axis*) in Australia. University of Sydney.
- Nichi, M., 2009. Efeito do tratamento com antioxidantes e ácidos graxos poli-insaturados em amostras espermáticas epididimárias de touros. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, São Paulo.
- Pereira, R.J.G., 2010. Male reproduction., in: Duarte, J.M.B., González, S. (Eds.), *Neotropical Cervidology: Biology and Medicine of Latin American Deer*. Funep, Jaboticabal, pp. 39–50.
- Pereira, R.J.G., Crivelaro, R.M., Tanaka, Y., Blank, M.H., Duarte, J.M.B., 2020. Asynchronous breeding in red brocket deer (*Mazama americana*) – Seasonal changes in male reproductive characteristics, seminal parameters, androgen levels and antler cycle. Unpublished paper. *Mamm. Biol.*
- Pereira, R.J.G., Duarte, J.M.B., Negrão, J.A., 2005. Seasonal changes in fecal testosterone concentrations and their relationship to the reproductive behavior, antler cycle and grouping patterns in free-ranging male Pampas deer (*Ozotoceros bezoarticus bezoarticus*). *Theriogenology* 63, 2113–2125. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2004.08.014>
- Pereira, R.J.G., Zanetti, E.S., Polegato, B.F., 2010. Female Reproduction, in: Duarte, J.M.B., Gonzales, S. (Eds.), *Neotropical Cervidology*. FUNEP - IUCN, Jaboticabal, pp. 45–57. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4377-0660-4.00040-5>
- Petterborg, L.J., Reiter, R.J., 1980. Effect of photoperiod and melatonin on testicular development in the white-footed mouse *Peromyscus leucopus*. *J. Reprod. Fertil.* 60, 209–212.

- Pinder, L., 1997. Niche overlap among brown brocket deer, pampas deer and cattle in the Pantanal of Brazil. University of Florida.
- Pinder, L., Leeuwenberger, F., 1997. Veado-catingueiro, in: Duarte, J.M.B. (Ed.), *Biologia e Conservação de Cervídeos Sul-Americanos: Blastocerus, Ozotoceros e Mazama*. Fundação de Estudos e Pesquisas em Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia, Jaboticabal, pp. 60–68.
- Polegato, B.F., 2004. Validação de método endócrino não invasivo para o monitoramento da fisiologia reprodutiva e da atividade dos glicocorticoides em cervídeos neotropicais. Universidade Estadual Paulista.
- Pool, K.R., Rickard, J.P., Pini, T., de Graaf, S.P., 2020. Exogenous melatonin advances the ram breeding season and increases testicular function. *Sci. Rep.* 10, 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66594-6>
- Poulton, A.L., 1988. The proposed use of melatonin in controlled sheep breeding. *Aust. J. Biol. Sci.* 41, 87–96. <https://doi.org/10.1071/BI9880087>
- R CoreTeam, 2020. R: A language and environment for statistical computing. [WWW Document]. R Found. Stat. Comput. Vienna, Austria.
- Ramos, H.G.C. da C., 2004. O ciclo do chifre do cervo-do-pantanal: aspectos ecológicos e reprodutivos 101.
- Redford, K.H., 1987. *Biology and management of the Cervidae*. Washington DC.
- Reiter, R.J., Rosales-Corral, S.A., Manchester, L.C., Tan, D.X., 2013. Peripheral reproductive organ health and melatonin: Ready for prime time, *International Journal of Molecular Sciences*. <https://doi.org/10.3390/ijms14047231>
- Reiter, R.J., Tan, D.-X., Osuna, C., Gitto, E., Karger, S., 2000. Actions of Melatonin in the Reduction of Oxidative Stress A Review, *J Biomed Sci*.
- Rodrigues, F.H.G., 1996. Historia natural e biologia comportamental do veado campeiro (*Ozotoceros bezoarticus*) em cerrado do Brasil Central. [s.n.], Campinas.
- Ruiz-García, M., Randi, E., Martínez-Agüero, M., Alvarez, D., 2007. Relaciones filogenéticas entre géneros de ciervos neotropicales (Artiodactyla: Cervidae) mediante secuenciación de ADN mitocondrial y marcadores microsatelitales. *Rev. Biol. Trop. (International J. Trop. Biol.* 55, 723–741.
- Rust, C.C., Meyer, R.K., 1969. Hair color, molt, and testis size in male, short-tailed weasels treated with melatonin. *Science* (80-.). 165, 921–922. <https://doi.org/10.1126/science.165.3896.921>
- Schneider, M., 1996. Densidade populacional, uso e estrutura dos habitats de cervídeos do gênero *Mazama* (Mammalia, Artiodactyla) na Estação Ecológica e Aracuri, RS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Sponton, L.F., Romero, M.R., Galindo, D.J., Sandoval, E.D., Duarte, J.M.B., 2017. Annual Variations in fecal androgens metabolites and antler cycle of brown brocket deer (*Mazama gouazoubira*), in: Associação Brasileira de Veterinários de Animais Selvagens. São José dos Campos, pp. 110–111.
- Tanaka, Y., Sandoval, E.D.P., Duarte, J.M.B., 2019. Non-homogeneous distribution of steroids in fecal pellets: An example in brown brocket deer (*Mazama gouazoubira*) with progesterone metabolites. *Gen. Comp. Endocrinol.* 282, 113206. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2019.06.010>
- Tomás, W.M., 1995. Seasonality of the antler cycle of Pampas deer (*Ozotoceros bezoarticus leucogaster*) from the Pantanal Wetland, Brazil. *Stud. Neotrop. Fauna Environ.* 30, 221–227. <https://doi.org/10.1080/01650529509360960>
- Tresguerres, J.F.A., Mendez, L.F.P., Lopez-Calderon, A., Esquilifino, A.I., 1984. Prolactin Inhibitory Hypothalamic-Pituitary-Testicular. *J. Endocrinol.* 105, 423–427.
- Ungerfeld, R., González-Pensado, S., Bielli, A., Villagrán, M., Olazabal, D., Pérez, W., 2008. Reproductive biology of the pampas deer (*Ozotoceros bezoarticus*): A review. *Acta Vet. Scand.* 50, 1–16. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-50-16>
- Versiani, N.F., Pereira, R.J.G., Duarte, J.M.B., 2009. Annual variations in fecal androgen metabolites and antler cycle of captive red brocket bucks (*Mazama americana*) in Southeast Brazil. *Eur. J. Wildl. Res.* 55, 535–538. <https://doi.org/10.1007/s10344-009-0278-z>
- Webb, S.D., 2000. Evolutionary history of new world Cervidae, in: *Fossil Record, Behavioral Ecology, Systematics, and Conservation*. pp. 38–64.

- Yamauchi, K., Hamasaki, S., Takeuchi, Y., Mori, Y., 1997. Assessment of reproductive status of Sika deer by fecal steroid analysis. *J. Reprod. Dev.* 43, 221–226. <https://doi.org/10.1262/jrd.43.221>
- Yang, W.C., Tang, K.Q., Fu, C.Z., Riaz, H., Zhang, Q., Zan, L.S., 2014. Melatonin regulates the development and function of bovine Sertoli cells via its receptors MT1 and MT2. *Anim. Reprod. Sci.* 147, 10–16. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2014.03.017>

