



ZOOTECNIA E AS PRÁTICAS INOVADORAS NO MANEJO ANIMAL 2

**Jessica Mansur Siqueira Crusoé
Leonardo França da Silva
Ariadna Faria Vieira
(Organizadores)**



ZOOTECNIA E AS PRÁTICAS INOVADORAS NO MANEJO ANIMAL 2

**Jessica Mansur Siqueira Crusoé
Leonardo França da Silva
Ariadna Faria Vieira
(Organizadores)**

Editora chefeProf^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira**Editora executiva**

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Ellen Andressa Kubisty

Luiza Alves Batista

Nataly Evilin Gayde

Thamires Camili Gayde

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2025 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2025 O autor

Copyright da edição © 2025 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelo autor.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo da obra e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva do autor, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos ao autor, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Os manuscritos nacionais foram previamente submetidos à avaliação cega por pares, realizada pelos membros do Conselho Editorial desta editora, enquanto os manuscritos internacionais foram avaliados por pares externos. Ambos foram aprovados para publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Agrárias

- Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof^a Dr^a Ariadna Faria Vieira – Universidade Estadual do Piauí
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof^a Dr^a Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Dr^a Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^a Dr^a Gislene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^a Dr^a Jessica Mansur Siqueira Crusoé – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^a Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^a Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^a Dr^a Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Jessica Mansur Siqueira Crusoé
Leonardo França da Silva
Ariadna Faria Vieira

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
Z87	Zootecnia e as práticas inovadoras no manejo animal 2 / Organizadores Jessica Mansur Siqueira Crusoé, Leonardo França da Silva, Ariadna Faria Vieira. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2025.
	Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-3160-2 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.602251601
	1. Zootecnia. I. Crusoé, Jessica Mansur Siqueira (Organizadora). II. Silva, Leonardo França da (Organizador). III. Vieira, Ariadna Faria (Organizadora). IV. Título. CDD 636
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

DECLARAÇÃO DO AUTOR

Para fins desta declaração, o termo 'autor' será utilizado de forma neutra, sem distinção de gênero ou número, salvo indicação em contrário. Da mesma forma, o termo 'obra' refere-se a qualquer versão ou formato da criação literária, incluindo, mas não se limitando a artigos, e-books, conteúdos on-line, acesso aberto, impressos e/ou comercializados, independentemente do número de títulos ou volumes. O autor desta obra: 1. Atesta não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação à obra publicada; 2. Declara que participou ativamente da elaboração da obra, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final da obra para submissão; 3. Certifica que a obra publicada está completamente isenta de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirma a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhece ter informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autoriza a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação da obra publicada, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. A editora pode disponibilizar a obra em seu site ou aplicativo, e o autor também pode fazê-lo por seus próprios meios. Este direito se aplica apenas nos casos em que a obra não estiver sendo comercializada por meio de livrarias, distribuidores ou plataformas parceiras. Quando a obra for comercializada, o repasse dos direitos autorais ao autor será de 30% do valor da capa de cada exemplar vendido; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Em conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), a editora não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como quaisquer outros dados dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

A Zootecnia, enquanto ciência e prática, tem desempenhado um papel fundamental na evolução das práticas agrícolas e no desenvolvimento sustentável da produção animal ao longo dos anos. A transformação do campo, impulsionada por avanços tecnológicos e inovações, tem desafiado os profissionais da área a buscar constantemente novas soluções para aprimorar a eficiência, o bem-estar animal e, ao mesmo tempo, garantir a sustentabilidade dos sistemas de produção.

Neste livro, buscamos explorar o vasto universo da Zootecnia e apresentar práticas inovadoras que estão moldando o futuro do manejo animal. A cada capítulo, o leitor encontrará não apenas conceitos e teorias, mas também abordagens práticas que visam otimizar técnicas de manejo, garantindo que a produção de alimentos de origem animal seja mais eficiente.

O cenário atual exige que os zootecnistas sejam mais do que técnicos, mas também visionários, adaptáveis e conscientes da necessidade de integrar as práticas de manejo com a preservação ambiental e o avanço da ciência. A aplicação de biotecnologias na reprodução, a implementação de sistemas de manejo que promovem o bem-estar dos animais são algumas das inovações que têm se mostrado promissoras e serão detalhadas neste livro.

Nosso objetivo é fornecer aos profissionais da Zootecnia, estudantes, pesquisadores e todos os envolvidos na produção animal uma ferramenta de conhecimento para a construção de um futuro mais equilibrado e inovador. Este livro não só aborda as técnicas consolidadas, mas também provoca a reflexão sobre como as práticas inovadoras podem contribuir para o avanço contínuo da profissão e da ciência.

“Zootecnia e as práticas inovadoras no manejo animal 2” convida os leitores a explorar novas abordagens e a adotar práticas inovadoras no seu cotidiano profissional. Esperamos que esta leitura inspire e capacite os profissionais a contribuir para um futuro mais sustentável e eficiente na produção animal.

Desejamos uma excelente leitura a todos!

Jessica Mansur Siqueira Crusoé

Leonardo França da Silva

Ariadna Faria Vieira

CAPÍTULO 1 1

AVALIAÇÃO DA PEROXIDAÇÃO ESPERMÁTICA DE SÊMEN BOVINO CRIOPRESERVADO EM DILUIDOR TRIS-GEMA ACRESCIDO DE EXTRATO DE JAMBOLÃO (*Syzygium cumini*)

Nayonara Silva de Almeida
Nágylla Silva de Almeida
Anailson de Oliveira Maciel
Nívia Maria Rocha Brandão
Raquel Mesquita Lima
Thiago Santos Santos
Jardson Guimarães Teixeira
Jamilly Alves Loiola
Tavilla Gabryele Chaves Almeida
Isabelly Linhares Vieira
Francisco Cardoso Figueiredo
Yndyra Nayan Teixeira Carvalho Castelo Branco

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6022516011>

CAPÍTULO 2 8

SELENIUM ABSORPTION, METABOLISM, DEFICIENCIES, AND INTOXICATION IN RUMINANT AND NON-RUMINANT ANIMALS

Wedja Kelly de Melo Vasconcelos
Esterfani Pereira da Silva
Maria Victoria Viegas de Morais Teixeira
Raquel Bezerra Jatobá
Tasso Ramos Tavares
Yasmin dos Santos Silva
Lilian Francisco Arantes de Souza
Apolônio Gomes Ribeiro
Hilton Nobre da Costa
Dayane Albuquerque da Silva
Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke
Ricardo Romão Guerra
Clara Virgínia Batista de Vasconcelos Alves
Júlio Cézar dos Santos Nascimento

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6022516012>

CAPÍTULO 3 21

AVALIAÇÃO DA TERMORRESISTENCIA ESPERMÁTICA DE SÊMEN BOVINO CRIOPRESERVADO EM DILUIDOR TRIS-GEMA ACRESCIDO DE EXTRATO DE JAMBOLÃO (*Syzygium cumini*)

Nayonara Silva de Almeida
Nágylla Silva de Almeida
Nívia Maria Rocha Brandão
Anailson de Oliveira Maciel
Samira Santos Araújo
Thiago Santos Santos

SUMÁRIO

Jardson Guimarães Teixeira Alana Samira da Silva Sousa Vanda Ferreira Ribeiro Francisco Cardoso Figueiredo Isolda Márcia Rocha do Nascimento Yndyra Nayan Teixeira Carvalho Castelo Branco  https://doi.org/10.22533/at.ed.6022516013	
CAPÍTULO 4	27
TERMORREGULAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE ABELHAS <i>Apis mellifera</i> : REVISÃO SISTEMÁTICA EM BASES DE DADOS CIENTÍFICOS	
Aline Márcia da Silva Leonardo França da Silva Jessica Mansur Siqueira Crusoé Fernanda Lamede Ferreira de Jesus Cristiano Márcio Alves de Souza Carlos Henrique de Figueiredo Vasconcellos Denis Medina Guedes Josiane Rosa Silva de Oliveira João Paulo Batista Machado  https://doi.org/10.22533/at.ed.6022516014	
SOBRE OS ORGANIZADORES	55
ÍNDICE REMISSIVO	56

CAPÍTULO 1

AVALIAÇÃO DA PEROXIDAÇÃO ESPERMÁTICA DE SÊMEN BOVINO CRIOPRESERVADO EM DILUIDOR TRIS-GEMA ACRESCIDO DE EXTRATO DE JAMBOLÃO (*Syzygium cumini*)

Data de submissão: 26/12/2024

Data de aceite: 02/01/2025

Nayonara Silva de Almeida

Curso de Zootecnia. Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha – MA

Nágylla Silva de Almeida

Curso de Zootecnia. Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha – MA

Anailson de Oliveira Maciel

Curso de Zootecnia. Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha – MA

Nívia Maria Rocha Brandão

Curso de Zootecnia. Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha – MA

Raquel Mesquita Lima

Curso de Zootecnia. Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha – MA

Thiago Santos Santos

Curso de Zootecnia. Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha – MA

Jardson Guimarães Teixeira

Curso de Zootecnia. Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha – MA

Jamilly Alves Loiola

Curso de Zootecnia. Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha – MA

Tavilla Gabryele Chaves Almeida

Curso de Zootecnia. Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha – MA

Isabelly Linhares Vieira

Curso de Zootecnia. Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha – MA

Francisco Cardoso Figueiredo

Colégio Técnico de Teresina – CTT, Teresina - PI

Yndyra Nayan Teixeira Carvalho Castelo Branco

Curso de Zootecnia. Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha – MA

RESUMO: O uso do extrato de jambolão nos diluidores de sêmen pode não apenas atenuar o estresse oxidativo, mas também garantir a integridade e a funcionalidade do material genético. Desta forma, objetivou-se avaliar a peroxidação celular em sêmen bovino criopreservado em diluidor TRIS-gema suplementado com extrato de jambolão (*Syzygium cumini*). Foram utilizados 24 ejaculados de quatro bovinos, obtidos a partir de eletroejaculação, os quais foram diluídos em Tris-Gema, pré-estabelecendo cinco diferentes concentrações: Controle

(0 µM) e extrato de jambolão (1mM, 5mM, 10mM e 20mM), adicionadas ao diluidor Tris-Gema. Posteriormente foram congeladas em sistema automatizado, na curva de congelação (-0,25°C/min, de 25°C a 5°C e -20°C/min, de 5°C a -120°C), e, após atingirem -120°C, as palhetas foram armazenadas em nitrogênio líquido (-196°C). Após descongelação a 37°C as amostras foram analisadas quanto a peroxidação espermática, pelo teste do ácido tiobarbitúrico. Foi utilizado um delineamento experimental em blocos aleatórios com cinco tratamentos: controle, 1, 5, 10 e 20 mMol de extrato de jambolão (*Syzygium cumini*), em seis coletas. As variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância (ANOVA). As médias foram comparadas pelo teste paramétrico Tukey a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas usando o programa Statistical Analysis System (SAS Institute Inc., 2013). Os resultados indicam uma redução significativa na absorbância e na concentração de malondialdeído em todos os tratamentos em comparação ao controle, sugerindo um efeito potencialmente benéfico dos tratamentos sobre a extensão da peroxidação lipídica celular. Os diluidores suplementados com extrato de jambolão (*S. cumini*) em 1, 5, 10 e 20 mMol/mL foram eficazes em reduzir os níveis de estresse oxidativo espermático, conforme evidenciado pela diminuição da absorbância e dos níveis de malondialdeído.

PALAVRAS-CHAVE: Antioxidantes, malondialdeído, estresse oxidativo

INTRODUÇÃO

A inclusão de antioxidantes naturais, como o extrato de jambolão (*Syzygium cumini*), pode ser uma alternativa viável aos compostos sintéticos atualmente utilizados. O jambolão é uma planta nativa da Índia, adaptada ao Brasil, cujos compostos, como antocianinas e flavonoides, possuem reconhecidas propriedades antioxidantes. Estes compostos são capazes de neutralizar radicais livres e proteger as células germinativas contra danos oxidativos, potencialmente aumentando a viabilidade dos espermatozoides após a criopreservação. Assim, o uso do extrato de jambolão nos diluidores de sêmen pode não apenas atenuar o estresse oxidativo, mas também garantir a integridade e a funcionalidade do material genético (Silva et al., 2012; Swami et al., 2012; Duarte et al., 2024).

Apesar do conhecimento acerca das propriedades benéficas do jambolão, há um hiato de informações sobre seu efeito específico na criopreservação de sêmen bovino, especialmente no que tange à formação de ROS e à proteção das células espermáticas. A realização de estudos que avaliem a adição do extrato de jambolão ao diluidor de sêmen pode fornecer insights valiosos sobre sua eficácia como antioxidante natural e sua capacidade de melhorar a viabilidade e fertilidade dos espermatozoides pós-criopreservação (Tonetti 2017; Baldi et al., 2020).

OBJETIVO

Avaliar a peroxidação celular em sêmen bovino criopreservado em diluidor TRIS-gema suplementado com extrato de jambolão (*Syzygium cumini*).

MATERIAL E MÉTODOS

O procedimento descrito no presente artigo encontra-se de acordo com os preceitos da Lei no 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto no 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 Universidade Federal do Maranhão - UFMA, sob Processo n. 23115.005617/2022-43.

O jambolão foi colhido em outubro de 2022, no campus da Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências de Chapadinha, localizada no município de Chapadinha, Maranhão (3°44'26"S, 43°21'33"W), considerando-se maduros aqueles que apresentavam coloração completamente roxa escura e textura macia. Após a colheita, na usina escola governador Alberto Silva da Universidade Federal do Piauí, os frutos do jambolão foram lavados em água corrente, despolpados manualmente com o auxílio de uma espátula e adicionado etanol PA, agitou-se a mistura por 30 minutos, em seguida filtrou e foi colocado num rotaevaporador numa temperatura de 55 °C, até a evaporação completa do solvente.

O diluente Tris-gema de ovo composto por 3,605 g de Tris, 2,024 g de ácido cítrico, 1.488 g de frutose, 25 mg de gentamicina, 50.000 UI de penicilina, 100 mL de água destilada, 20 % de gema de ovo e 5 % de glicerol, com osmolalidade ~350 mOsm e pH 6,8, foi preparado no Laboratório de biotecnologia da Reprodução Animal do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Piauí, e utilizado para diluir e congelar o sêmen. Foram preparados cinco diluentes experimentais diferentes: (0; 1; 5; 10 e 20 mMol de extrato de jambolão adicionado ao diluente Tris-gema.

Foram utilizados quatro touros da Nelore provenientes da Fazenda Nova (3°44'39.3"S; 43°28'54.3"W), localizada na cidade de Chapadinha, Maranhão, Brasil, com idade média de 5 anos, peso entre 510 e 750 kg e escore de condição corporal de 3 a 4 (escala de 1 a 5). Os touros tinham histórico de fertilidade comprovada e foram avaliados quanto à saúde geral, integridade dos órgãos reprodutivos e qualidade do sêmen. Durante o experimento, os touros foram mantidos em sistema extensivo, com livre acesso a piquetes de *Panicum maximum*, água e sal mineral.

Amostras de sêmen foram coletadas uma vez por semana durante seis semanas, totalizando 24 ejaculados, via eletroejaculação (Biocon®, Uberaba, Minas Gerais, Brasil) utilizando-se tubo de ensaio graduado estéril de 15 mL, devidamente protegido com folha de papel alumínio para evitar a exposição do sêmen à luz. Os ejaculados foram transportados em caixa isolada a 37 °C, avaliados e processados até congelamento em espaço laboratorial presente na própria fazenda.

As amostras de sêmen de cada animal foram colocadas em banho-maria a 37 °C e avaliadas separadamente quanto à cor, aparência, volume, motilidade total e vigor, sob microscópio ótica (Olympus. Ltd., Tóquio, Japão), seguindo recomendações descritas no Manual para Exame Andrológico e Avaliação de Sêmen Animal do Colégio Brasileiro de

Reprodução Animal (2013). A concentração espermática foi obtida em câmara de Neubauer na diluição 1:200 em solução de citrato de sódio em formaldeído a 4 %. O método de câmara úmida foi utilizado para analisar a morfologia espermática seguindo recomendações descritas no Manual para Exame Andrológico e Avaliação de Sêmen Animal do Colégio Brasileiro de Reprodução Animal (2013). Somente ejaculados com motilidade total \geq 80 %; vigor \geq 3; concentração espermática $\geq 3,5 \times 10^9$ espermatozoides/mL e patologias espermáticas \leq 20 % foram utilizadas no estudo. Quando aprovadas, amostras dos seis ejaculados foram misturadas para formar um *pool* para aumentar o volume de sêmen e eliminar a variabilidade entre as amostras estudadas. Logo após a formação do *pool*, este foi dividido em cinco alíquotas, mantidas a 37 °C em banho-maria antes da diluição nos diluentes experimentais.

Cinco alíquotas de sêmen previamente avaliadas e aprovadas foram diluídas em meio de Tris-gema (37 °C) contendo extrato de jambolão (1; 5; 10 e 20 mMol), enquanto uma alíquota sem qualquer suplementação foi mantida como controle. O sêmen diluído foi colocado em palhetas de 0,25 mL, com concentração final de 160×10^6 espermatozoides/mL, e congelado em máquina TK 3000® (TK Tecnologia em Congelação Ltda, Uberaba, MG, Brasil). A curva foi programada para realizar a refrigeração do sêmen a 0,25 °C/min até 5 °C, temperatura na qual as palhetas foram mantidas por 4 h. Para o congelamento, foi utilizada curva com velocidade -20 °C/min até chegar à temperatura de -120 °C. Imediatamente após, as palhetas foram imersas em nitrogênio líquido, organizadas em racks e armazenadas em cilindro criogênico a -196 °C até descongelamento. As análises pós-criopreservação foram realizadas no Laboratório de Fisiologia e de Reprodução Animal (CCCh/UFMA), onde as amostras foram descongeladas em banho-maria a 37 °C por 30 segundos e avaliadas quanto ao teste do ácido tiobarbitúrico.

A quantificação de malondialdeído (MDA) foi estimada pela medida do nível de MDA, utilizando o ácido tiobarbitúrico (TBA), baseado no método descrito por Maia (2006). A quantificação de malondialdeído foi medida após a suplementação de 500 μ L de sêmen pós-criopreservado, mais Tampão Tris-ácido cítrico, pH 7,4, adicionado a 1 mL do reagente TBA (15 % de ácido tricloroacético; 0,25N de ácido clorídrico e 0,375 % de ácido tiobarbitúrico) e 1 % (v/v) de BHT 50 mM. A mistura foi tratada em água fervente (100 °C) durante 15 min. Posteriormente as amostras foram resfriadas, e centrifugadas 1.200 g por 15 min. O sobrenadante foi removido e a absorbância foi medida a 532 nm em espectrofotômetro UV-VIS (Perkin Elmer - Lambda 25). A concentração de MDA foi determinada pela curva de calibração feita diariamente com malondialdeído como padrão, nas concentrações de 1 a 20 μ Mol. O MDA produzido foi expresso em nmol de TBARS/mL de diluidor.

Foi utilizado um delineamento experimental em blocos aleatórios com cinco tratamentos: controle, 1, 5, 10 e 20 mMol de extrato de jambolão (*Syzygium cumini*), em seis coletas. As variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância (ANOVA). As médias foram comparadas pelo teste paramétrico Tukey a 5% de probabilidade. As análises

foram realizadas usando o programa Statistical Analysis System (SAS Institute Inc., 2013).

RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados de absorbância e de quantificação de malondialdeído (MDA) nos diferentes tratamentos estão apresentados na Tabela 1. A absorbância medida variou entre os grupos experimentais, com o grupo controle apresentando a maior absorbância ($0,198 \pm 0,070$), enquanto os grupos tratados apresentaram valores significativamente inferiores (Tabela 1).

A quantificação de MDA também foi analisada, com o controle apresentando a maior concentração média de MDA ($0,006 \pm 0,003 \mu\text{Mol/mL}$). Os grupos tratados mostraram menores quantificação de MDA ($P < 0,05$), variando de $0,001 \pm 0,001$ a $0,003 \pm 0,001 \mu\text{Mol/mL}$.

Os resultados indicam uma redução significativa na absorbância e na concentração de MDA em todos os tratamentos em comparação ao controle, sugerindo um efeito potencialmente benéfico dos tratamentos sobre a extensão da peroxidação lipídica celular.

Tratamentos mMol/mL	Absorbância	MDA ($\mu\text{Mol/mL}$)
Controle	$0,198 \pm 0,070^{\text{A}}$	$0,006 \pm 0,003^{\text{A}}$
1	$0,116 \pm 0,038^{\text{B}}$	$0,002 \pm 0,001^{\text{B}}$
5	$0,131 \pm 0,020^{\text{B}}$	$0,003 \pm 0,001^{\text{B}}$
10	$0,090 \pm 0,005^{\text{B}}$	$0,001 \pm 0,001^{\text{B}}$
20	$0,117 \pm 0,007^{\text{B}}$	$0,002 \pm 0,001^{\text{B}}$

T1: Tris-gema acrescido de $1\mu\text{Mol}$ de jambolão. T2: Tris-gema acrescido de $5\mu\text{Mol}$ de jambolão. T3: Tris-gema acrescido de $10\mu\text{Mol}$ de jambolão. T4: Tris-gema acrescido de $15\mu\text{Mol}$ de jambolão. Médias com letras diferentes na mesma linha diferem significativamente (ANOVA e teste TUKEY, $p < 0,05$).

Tabela 1. Média e desvio padrão da absorbância e quantificação de malondialdeído em sêmen bovino criopreservado em diferentes concentrações (0; 1; 5; 10 e 20 mMol/mL) de extrato de jambolão (*S. cumini*).

Nosso estudo demonstrou que os tratamentos com o extrato etanólico da polpa da *S. cumini* reduziu significativamente ($p < 0,05$) a produção de malondialdeído, um marcador do dano oxidativo, e a absorbância no sêmen bovino criopreservado.

A composição química de *S. cumini* inclui diversos compostos fitoquímicos, entre os quais se destacam os polifenóis, que apresentam potencial antioxidante e propriedades benéficas para a saúde (Ayyanar et al. 2012; Moreira (2014). Além disso, são hidrossolúveis, produzidos pelo metabolismo secundário da planta, e sua organização química se estabelece por apresentar hidroxilas ligadas a seus anéis aromáticos, que a partir destes lhe é conferido ação antioxidante (Sureda e et al., 2014).

A quantidade de hidroxilas influencia no potencial antioxidante, e quanto maior a presença de hidroxilas, maior será a capacidade antioxidativa dos compostos fenólicos,

uma vez que sua atuação para a redução do radical livre se dá pela doação de um elétron, presente na hidroxila, para o radical livre (Markovic e t al., 2012).

Nesta pesquisa a medição da capacidade antioxidant do extrato da *S. cumini* ocorreu pela quantificação de malondialdeído no meio diluidor de criopreservação espermático. Na reação de TBARS, o MDA presente na amostra reagiu com o ácido tiobarbitúrico (TBA) em meio ácido e sob aquecimento, formando um complexo de coloração rosa. Este complexo é um cromóforo, substância que absorve luz visível, o que em determinadas condições, estabelece relação diretamente proporcional com a absorbância. Nos tratamentos com *S. cumini* a doação de um elétron, presente na hidroxila, para o radical livre, acarretou menor dano oxidativo, e menor produção de MDA (Ruan et al., 2008; Santos et al., 2020).

CONCLUSÃO

Os diluidores suplementados com extrato de jambolão (*S. cumini*) em 1, 5, 10 e 20 mMol/mL foram eficazes em reduzir os níveis de estresse oxidativo espermático, conforme evidenciado pela diminuição da absorbância e dos níveis de malondialdeído.

REFERÊNCIAS

- Ayyanar, M.; badu-subash, P. *Syzygium cumini* (L.) Skeels: A review of its phytochemical constituents and traditional uses. **Asian Pacific Journal of Topical Biomedicine**. Vol. 2. 2012. p. 240-246.
- Baldi E, Tamburrino L, Muratori M, Degl'Innocenti S, Marchiani S. Adverse effects of in vitro manipulation of spermatozoa. **Animal Reproduction Science**. 2020; 220:106314. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2020.106314>
- Duarte LSF, Fernandes VB, Vieira IGP, Santos CF, Nascimento NRF. antocianinas a partir do “jamelão” - *Syzygium cumini* (L.)Skeels. **Revista de nutrição e vigilância em saúde**. 2024. v.11:e12547.
- Manual para exame andrológico e avaliação de sêmen animal/Colégio Brasileiro de Reprodução Animal, 3,ed, - Belo Horizonte: **CBRA** 2013. Disponível em: www.cbra.org.br
- Markovic, J. M. D.; Markovic, Z. S.; Pasti, I. A.; Brdaric, T. P.; Popovic-Bijelie, A.; Mojovic, M. A joint application of spectroscopic, electrochemical and theoretical approaches in evaluation of the radical scavenging activity of 3-OH flavones and their iron complexes towards different radical species. **Dalton Transactions**. Vol. 41. 2012. p. 7295-7303.
- Moreira, L. N. Perfil químico e atividades biológicas dos extratos e frações das folhas e das entrecascas de *Syzygium cumini* (L.) Skeels. **Dissertação de Mestrado em Biotecnologia de Recursos Naturais**. Universidade Federal de Sergipe. São Cristovão. 2014.
- Ruan, Z. P.; Zhang, L. L.; Lin, Y. M. Evaluation of the antioxidant activity of *Syzygium cumini* leaves. **Molecules**. Vol. 13. 2008. p. 2545-2556. <https://doi.org/10.3390/molecules13102545>
- Sureda, A.; Tejada, S.; Bibiloni, M. D. M.; Tur, J. A.; Pons, A. Polyphenols: Well Beyond the Antioxidant Capacity: Polyphenol Supplementation and Exercise-Induced Oxidative Stress and Inflammation. **Current Pharmaceutical Biotechnology**. Vol. 15. p. 373- 379. 2014Santos et al., 2020.

Tonetti, CR. Obtenção do extrato bruto do fruto jambolão (*Syzygium cumini*): identificação dos compostos bioativos, avaliação da capacidade antioxidante, antimicrobiana e citotóxica. Dissertação (**Mestrado em Química**) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Química, 2017.

CAPÍTULO 2

SELENIUM ABSORPTION, METABOLISM, DEFICIENCIES, AND INTOXICATION IN RUMINANT AND NON-RUMINANT ANIMALS

Data de submissão: 14/12/2024

Data de aceite: 02/01/2025

Wedja Kelly de Melo Vasconcelos

Federal Rural University of Pernambuco,
Department of Animal Science, Recife-PE
<https://orcid.org/0009-0002-0256-5593>

Esterfani Pereira da Silva

Federal Rural University of Pernambuco,
Department of Animal Science, Recife-PE
<https://orcid.org/0009-0004-0879-8923>

Maria Victoria Viegas de Moraes Teixeira

Federal Rural University of Pernambuco,
Department of Animal Science, Recife-PE
<https://orcid.org/0000-0002-9687-8162>

Raquel Bezerra Jatobá

Federal Rural University of Pernambuco,
Department of Animal Science, Recife-PE
<https://orcid.org/0000-0001-8610-1395>

Tasso Ramos Tavares

Federal Rural University of Pernambuco,
Department of Animal Science, Recife-PE
<https://orcid.org/0000-0002-5176-6511>

Yasmin dos Santos Silva

Federal Rural University of Pernambuco,
Department of Animal Science, Recife-PE
<https://orcid.org/0000-0001-7367-328X>

Lilian Francisco Arantes de Souza

Federal Rural University of Pernambuco,
Department of Animal Science, Recife-PE
<https://orcid.org/0000-0002-0142-664X>

Apolônio Gomes Ribeiro

Federal University of Paraíba, Department
of Animal Science
Areia-PB
<https://orcid.org/0000-0001-6730-0209>

Hilton Nobre da Costa

Federal Rural University of Pernambuco
Recife - PE
<https://orcid.org/0000-0002-3485-3162>

Dayane Albuquerque da Silva

Federal Rural University of Pernambuco,
Department of Animal Science
Recife-PE
<https://orcid.org/0000-0001-6243-3969>

Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke

Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Animal Science Department
Recife-PE
<https://orcid.org/0000-0003-4895-2599>

Ricardo Romão Guerra

Universidade Federal da Paraíba, Animal
Science Department
Areia - PB
<https://orcid.org/0000-0001-8226-8606>

Clara Virgínia Batista de Vasconcelos Alves

Federal University of Paraíba, Department of Veterinary Sciences

Areia - PB

<https://orcid.org/0000-0002-7693-8586>

Júlio Cézar dos Santos Nascimento

Federal Rural University of Pernambuco, Department of Animal Science, Recife-PE

<https://orcid.org/0000-0003-3107-5876>

ABSTRACT: Selenium is an essential mineral in animal nutrition, playing a key role in promoting health and productivity. This trace element is involved in bone formation, maintenance of the immune system, and regulation of enzymes and hormones. Adequate selenium supplementation can significantly improve reproductive performance, meat quality, and disease resistance. In ruminants, selenium is absorbed predominantly in the small intestine, with lower efficiency compared to non-ruminants due to the chemical environment of the rumen. In non-ruminants, such as pigs and poultry, absorption occurs directly in the small intestine, with selenomethionine being more efficiently absorbed. Selenium is transported and distributed throughout the body linked to proteins such as selenoprotein P and glutathione peroxidase, which are essential for cell protection against oxidative stress. Selenium deficiency can cause myopathy, reproductive problems, and reduced immunity in ruminants and non-ruminants. Selenium intoxication, on the other hand, can lead to liver and kidney damage, reproductive problems, and death. In conclusion, balanced management of selenium supplementation is fundamental to guaranteeing the health and productivity of animals, preventing both deficiencies and intoxications.

KEYWORDS: Selenium, Microminerals, Antioxidant, Farm animals.

ABSORÇÃO, METABOLISMO, DEFICIÊNCIAS E INTOXICAÇÃO POR SELÊNIO EM ANIMAIS RUMINANTES E NÃO RUMINANTES

RESUMO: O selênio é um mineral essencial na nutrição animal, desempenhando um papel fundamental na promoção da saúde e produtividade. Esse micronutriente está envolvido na formação óssea, na manutenção do sistema imunológico e na regulação de enzimas e hormônios. A suplementação adequada de selênio pode melhorar significativamente o desempenho reprodutivo, a qualidade da carne e a resistência a doenças. Em ruminantes, o selênio é predominantemente absorvido no intestino delgado, com eficiência inferior em comparação aos não ruminantes, devido ao ambiente químico do rúmen. Nos não ruminantes, como suínos e aves, a absorção ocorre diretamente no intestino delgado, sendo a selenometionina mais eficientemente absorvida. O selênio é transportado e distribuído pelo organismo ligado a proteínas como a selenoproteína P e a glutationa peroxidase, essenciais para a proteção celular contra o estresse oxidativo. A deficiência de selênio pode causar miopatias, problemas reprodutivos e imunidade reduzida em ruminantes e não ruminantes. Por outro lado, a intoxicação por selênio pode levar a lesões no fígado e nos rins, problemas reprodutivos e até a morte. Em conclusão, o manejo equilibrado da suplementação de selênio

é crucial para garantir a saúde e a produtividade animal, prevenindo tanto deficiências quanto intoxicações.

PALAVRAS-CHAVE: Selênio, Microminerais, Antioxidante, Animais de produção.

1 | INTRODUCTION

The study of minerals in farm animal nutrition has gained widespread recognition due to their crucial role in promoting health and production efficiency. Minerals such as calcium, phosphorus, zinc, copper, and selenium are fundamental to various biological functions, including bone formation, maintenance of the immune system, and regulation of enzymes and hormones (Kim et. al., 2013). Recent studies indicate that adequate supplementation of these minerals can significantly improve reproductive performance, meat quality, and disease resistance in farm animals (Ammerman and Goodrich 1983). In addition, the bioavailability and form of administration of minerals are critical aspects that influence their nutritional efficacy (Zheng et al., 2022). Ongoing research has highlighted the need for more precise and personalized mineral supplementation strategies to meet the specific requirements of different species and production phases.

Selenium is an essential trace element for animal health, playing a critical role in antioxidant function and the immune system. Belonging to the chalcogen family, selenium has chemical and physical characteristics. Its versatile capacity for oxi reduction is fundamental to its role in the active center of the enzyme glutathione peroxidase, which is responsible for eliminating peroxides, or free radicals, from the body (Behne and Kyriakopoulos, 2001; Zoidis et al., 2018). Recent studies show that selenocysteine, a key component of selenoproteins, significantly improves enzymatic efficiency, playing a vital role in cell signaling and immune function (Zoidis et al., 2018; Zheng et al., 2022). In addition, selenium deficiency can lead to a decrease in T-cell counts, antibody responses, and neutrophil efficacy, increasing susceptibility to diseases and disorders such as white muscle disease in calves and encephalomalacia in chicks (Huang et al., 2001; Gromadzińska et al., 2008; Zoidis et al., 2018).

The antioxidant action of selenium is related to these selenoproteins, which reduce the production of reactive oxygen species, protecting macromolecules and cell membranes against oxidation. Selenium deficiency is a global concern and has been identified in several regions of the world, including Brazil, making it essential to supplement the diet of farm animals (Zheng et al., 2022; Banuelos et al., 2023).

Selenium plays a crucial role in various biological functions in farm animals, including ruminants and non-ruminants. In ruminants, it is vital for preventing conditions such as white muscle disease and for maintaining efficient immune function. Selenium deficiency can lead to myopathies, reduced fertility, and increased susceptibility to infections (Hosnedlova et al., 2017). The presence of selenium at adequate levels is crucial for the development of

calves and lambs, preventing neonatal mortality and promoting healthy growth (Arshad et al., 2021).

For non-ruminants such as pigs and poultry, selenium is also essential for preventing myopathies and promoting general health. Deficiency of this micronutrient can result in muscular dystrophies, liver necrosis, and impairment of the immune system (Arshad et al., 2021; Hosnedlova et al., 2017). In poultry, for example, selenium deficiency can lead to bone deformities and reduced egg production (Sun et al., 2017).

Selenium supplementation in farm animal diets is effective in preventing these deficiencies and improving productive and reproductive performance. However, it is essential to monitor selenium levels in the diet, as both selenium deficiency and excess can have significant adverse effects on animal health (Gong et al., 2014). Therefore, proper management of selenium supplementation is crucial to ensure the health and productivity of farm animals.

This article aims to provide a brief review of how this mineral is absorbed, how it is metabolized and the causes of its deficiencies and intoxication in ruminant and non-ruminant animals in production.

2 | SELENIUM ABSORPTION IN RUMINANT ANIMALS

Ruminants absorb selenium less efficiently (approximately 54%) than non-ruminants (80%) because the chemical environment of the rumen favors the reduction of selenium (Ortolani, 2002). In these animals, selenium absorption occurs predominantly in the small intestine. The form of selenium, whether inorganic (selenate and selenite) or organic (selenomethionine and selenocysteine), affects the efficiency of its absorption. Studies indicate that selenite is rapidly reduced to selenide by the rumen microbiota before being absorbed (Surai, 2006).

According to McDowell (2003), inorganic selenium, such as selenite, is transformed into selenide in the rumen, where it can be incorporated into microbial proteins or absorbed directly. The absorption of organic selenium, such as selenomethionine, is more efficient because this form is incorporated directly into body proteins, without the need for microbial transformation.

The absorption capacity of selenium in ruminants is also influenced by the diet and the presence of other minerals that can compete for absorption. For example, high levels of sulfur and molybdenum in the diet can reduce selenium absorption by forming insoluble complexes in the rumen (Sunde, 2001).

3 | SELENIUM ABSORPTION IN NON-RUMINANT ANIMALS

In non-ruminants such as pigs and poultry, selenium is absorbed directly in the small intestine. The absence of a rumen means that both inorganic and organic selenium are

absorbed directly by the intestinal enterocytes. According to Mahan and Parrett (1996), selenomethionine is absorbed more efficiently than selenite due to its direct incorporation into proteins. Surai (2006) points out that, in non-ruminants, selenomethionine is incorporated directly into body proteins during protein synthesis, thus increasing absorption efficiency.

The inorganic form of selenium, such as selenite, is absorbed through specific transporters in the enterocyte membrane, but less efficiently than selenomethionine. In addition, the bioavailability of selenium can be affected by the composition of the diet and the presence of other nutrients. For example, diets rich in protein and sulfur amino acids can improve selenium absorption, while diets rich in phytates can reduce their bioavailability (McDowell, 2003).

Figure 1 shows the forms of absorption between organic and inorganic selenium.

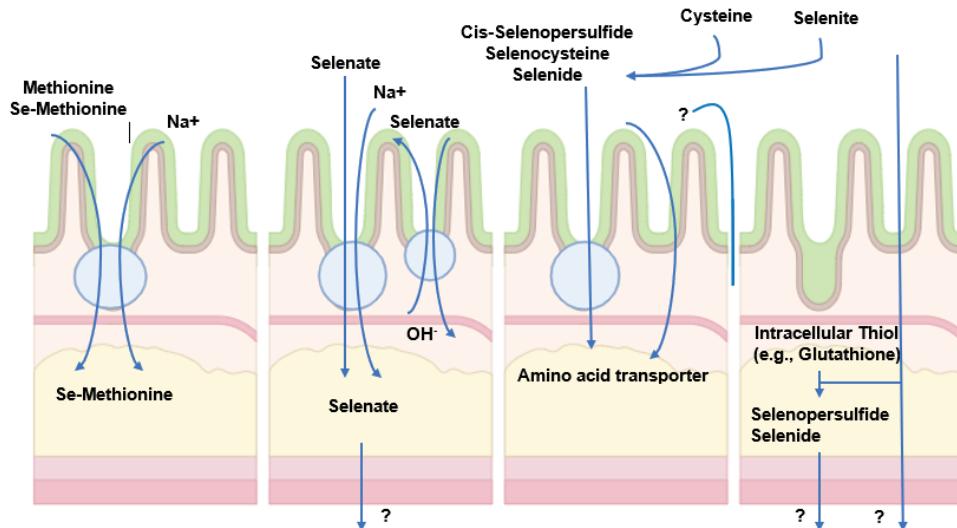


Figure 1. Intestinal absorption of different forms of selenium. (Source: Melo, 2011).

4 | SELENIUM METABOLISM

4.1 Transportation and distribution in ruminant animals

After absorption, selenium is transported in the plasma bound to proteins such as albumin and selenoprotein P. These proteins play a crucial role in the distribution of selenium to various tissues, including the liver, skeletal muscles, and kidneys. Selenoprotein P not only transports selenium but also serves as a selenium reserve for peripheral tissues (McDowell, 2003).

4.2 Transportation and distribution in non-ruminant animals

In non-ruminants, the transport and distribution of selenium follow a similar pattern to that of ruminants. Selenoprotein P plays a central role in the transport and distribution of selenium (Surai, 2006). In poultry, for example: Glutathione peroxidase (GSH-Px) is crucial to protect against oxidative damage, especially during embryonic development (Sunde, 2001).

4.3 Functions of selenium in ruminant animals

As already mentioned, selenium is an essential component of selenoproteins, including GSH-Px and selenoprotein P. GSH-Px protects cells against oxidative stress by reducing hydrogen peroxides and peroxidized lipids (McDowell, 2003).

Zanetti et al. (1998) concluded that oral supplementation with 5mg of Se in the last month of pregnancy significantly increased the serum level of the mineral in dairy cows, reducing the incidence of subclinical mastitis diagnosed by CMT.

4.4 Functions of selenium in non-ruminant animals

In non-ruminants, selenium is also crucial for the function of selenoproteins. In pigs, GSH-Px plays an essential role in neutralizing reactive oxygen species (Mahan and Parrett, 1996). In poultry, selenoprotein W is involved in regulating calcium metabolism and protecting against oxidative stress during embryonic development (Surai, 2006). Figure 2 shows a schematic of how selenium is distributed and its functions in the body.

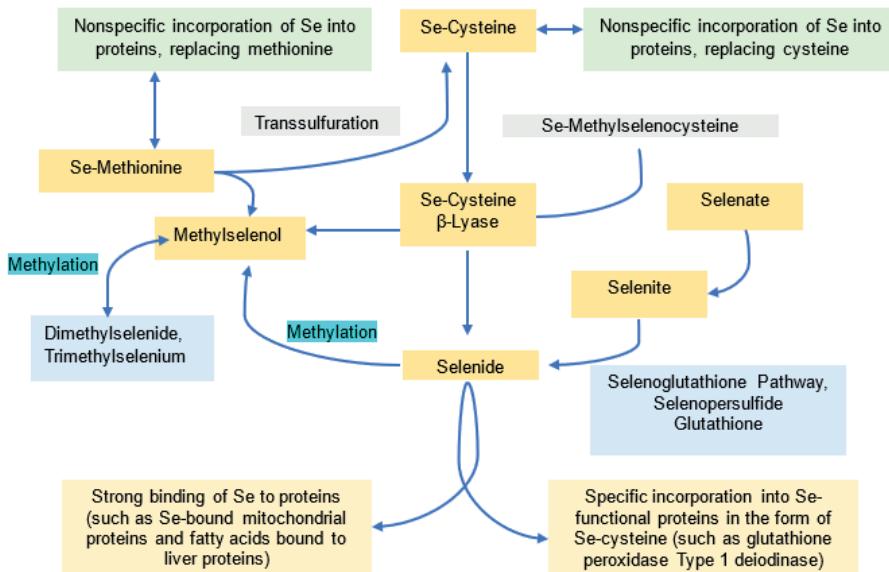


Figure 2. Metabolism of the organic and inorganic forms of selenium. (Source: Melo, 2011).

4.5 Selenium excretion in ruminant animals

Selenium excretion in ruminants occurs mainly via feces, with less excretion via urine and milk. The greater fecal excretion is due to the incorporation of selenium into rumen microorganisms and the non-absorption of inorganic forms (McDowell, 2003).

4.6 Selenium excretion in non-ruminant animals

In non-ruminants, the main route of selenium excretion is urine, with smaller amounts excreted in the feces. In poultry, a significant amount of selenium can also be excreted through eggs (Sunde, 2001). Studies show that urinary excretion is a direct reflection of dietary selenium intake (Mahan and Parrett, 1996). Table 1 compares the similarities and differences we can observe in selenium metabolism between ruminant and non-ruminant animals.

Similarities	Forms of Selenium Absorbed	Both absorb selenium in inorganic forms, with selenomethionine being more efficiently absorbed.
	Main Organs of Storage	Liver, muscle, and kidneys are common to both.
	Biological Functions	The role of selenium in selenoproteins, such as GSH-Px, is essential for antioxidant protection.
Differences	Absorption Efficiency	Selenium absorption efficiency is lower in ruminants due to microbial transformation in the rumen, while selenomethionine is well absorbed in both.
	Excretion	Ruminants excrete more selenium through feces, while non-ruminants primarily excrete it through urine.
	Gut Microbiota	The presence of the rumen in ruminants alters selenium metabolism, with the conversion of selenite to selenide and its incorporation into microbial proteins.

Table 1. Similarities and differences in selenium metabolism in ruminant and non-ruminant animals.

(Source: Author).

5 | SELENIUM DEFICIENCY IN RUMINANT ANIMALS

5.1 White muscle disease

White muscle disease, or nutritional myopathy, is caused by selenium and/or vitamin E deficiency in ruminants and is often observed in calves, lambs, and young goats. This condition can be triggered by inadequate dietary intake or low availability of these nutrients in soil and forage plants (Zheng et al., 2022; Givens et al., 2024). Selenium deficiency leads to a decrease in the activity of glutathione peroxidase, a crucial enzyme for cell protection against oxidative damage. Without adequate levels of this enzyme, muscle cells are more susceptible to oxidative stress, resulting in muscle damage and degeneration.

Clinical signs of the disease include muscle weakness, difficulty getting up, muscle tremors, and, in severe cases, sudden death. Affected animals may have a staggering gait,

muscle stiffness, and pain on palpation of the muscles. In calves and lambs, the condition is often noticed shortly after birth or during periods of rapid growth (Brown et al., 2001). Diagnosis is based on clinical history, clinical signs, and laboratory findings. Reduced levels of glutathione peroxidase in the blood and low levels of selenium in the serum or liver confirm the deficiency. Histopathological examinations of the muscles show muscle degeneration, necrosis, and inflammatory cell infiltration (Zheng et al., 2022; Banuelos et al., 2023). Treatment consists of immediate supplementation of selenium and vitamin E, so proper management of selenium supplementation is crucial to ensure the health and productivity of farm animals.

5.2 Reduced immunity

Selenium deficiency in ruminants is associated with compromised immune function. Selenium is crucial for the activity of glutathione peroxidase (GSH-Px), an antioxidant enzyme that protects cells from oxidative stress. Selenium deficiency reduces GSH-Px activity, resulting in increased susceptibility to infections and reduced immune response (Arthur et al., 2003). In addition, deficiency can affect the response to vaccination and resistance to pathogens (Weiss, 2003).

5.3 Reproductive problems

Selenium deficiency can also affect reproduction in ruminants. Selenium-deficient cows have higher rates of retained placenta and lower fertility. In addition, selenium deficiency in sheep is associated with higher rates of embryonic and neonatal mortality (McDowell, 2003). In dairy cows, deficiency can lead to problems such as metritis and mastitis, affecting milk production and quality (Harrison et al., 1984).

6 | SELENIUM DEFICIENCY IN NON-RUMINANT ANIMALS

6.1 Pigs

In pigs, selenium deficiency can lead to myopathy and liver necrosis, also known as dietary hepatosis. Reduced GSH-Px activity due to selenium deficiency increases oxidative stress, resulting in damage to muscle and liver tissues. Selenium supplementation in the diet of pigs has been shown to prevent these conditions and improve the general health of the animals (Mahan and Parrett, 1996).

6.2 Birds

In poultry, selenium deficiency causes myopathy and muscular dystrophy. Reduced GSH-Px activity due to selenium deficiency results in increased oxidative damage to muscles. In addition, selenium deficiency can compromise immune function in poultry, resulting in increased susceptibility to infectious diseases (Surai, 2006). Studies indicate that selenium supplementation improves the viability of embryos and the general health of birds (Leeson and Summers, 2001).

6.3 Fish

In fish, selenium deficiency can result in muscle and liver necrosis, as well as growth problems. Selenium supplementation in fish diets has been shown to improve growth, health, and resistance to disease (Bell and Cowey, 1989). Selenium deficiency in fish is also associated with skeletal deformities and increased mortality (Hilton et al., 1980).

7 | SELENIUM INTOXICATION IN RUMINANT ANIMALS

7.1 Clinical symptoms

Acute selenium intoxication in ruminants can result in symptoms such as depression, weakness, difficulty walking, dyspnea, and, eventually, death. Chronic intoxication, also known as “alkaline blindness” in cattle, can cause alopecia, hoof lesions, anemia, and reduced weight gain (NRC, 2001; McDowell, 2003).

7.2 Effects on organs

Ruminants that ingest too much selenium can suffer liver and kidney damage. These lesions are the result of oxidative processes caused by excess selenium that exceeds the body's antioxidant capacity. Histologically, liver necrosis, renal tubular degeneration, and inflammatory cell infiltration can be observed (Pehrson et al., 1999).

7.3 Reproductive changes

Studies indicate that selenium intoxication can lead to reproductive problems in ruminants, including reduced fertility, increased embryonic mortality, and fetal malformations. These effects are particularly severe in sheep and goats exposed to high levels of selenium (Hefnawy and Tórtora-Pérez, 2010).

8 | SELENIUM INTOXICATION IN NON-RUMINANT ANIMALS

8.1 Pigs

In pigs, selenium intoxication can cause loss of appetite, lethargy, and signs of abdominal pain. The chronic form of intoxication can result in alopecia, hoof lesions, and sterility. In acute cases, pigs can present pulmonary edema, emphysema, and liver necrosis, leading to death (Mahan and Parrett, 1996).

8.2 Birds

In poultry, selenium intoxication can manifest itself through neurological symptoms such as paralysis and incoordination, as well as beak and feather damage. Chronic intoxication can cause bone deformities and reduced egg production. In severe cases, selenosis can lead to the death of the birds (Surai, 2018).

8.3 Fish

In fish, chronic exposure to high levels of selenium can cause skeletal deformities, developmental problems, and mortality. Fish exposed to selenium also show changes in behavior, such as erratic swimming and lethargy (Hamilton, 2004).

9 | CONCLUSIONS

Selenium is an essential element for the health and productivity of production animals, both ruminants and non-ruminants. Its antioxidant capacity, associated with selenoproteins, is crucial for cell protection against oxidative stress, maintaining immune function, and promoting healthy growth. However, selenium deficiency can lead to several health problems, including myopathies, reduced fertility, and increased susceptibility to infections. On the other hand, selenium intoxication can also result in serious consequences, such as liver and kidney damage, reproductive problems, and even death. The absorption and metabolism of selenium varies between ruminants and non-ruminants. In ruminants, absorption is less efficient due to the chemical environment of the rumen, while in non-ruminants, absorption occurs directly in the small intestine. The form of selenium (organic or inorganic) and the diet significantly influence its absorption and bioavailability. Adequate selenium supplementation in diets is essential to prevent deficiencies and improve the productive and reproductive performance of animals. However, it is crucial to carefully monitor selenium levels to avoid toxicity. Thus, balanced management of selenium supplementation is fundamental to guaranteeing the health and productivity of farm animals, ensuring that they receive the necessary benefits without the risks associated with an excess of this trace element.

REFERENCES

- AMMERMAN, C. B.; GOODRICH, R. D. **Advances in mineral nutrition in ruminants.** Journal of animal science, v. 57, n. suppl_2, p. 519-533, 1983.
- ARTHUR, J. R.; McKENZIE, R. C.; BECKETT, G. J. **Selenium in the immune system.** Journal of Nutrition, v. 133, n. 5, p. 1457S-1459S, 2003. <https://doi.org/10.1093/jn/133.5.1457S>
- ARSHAD, MUHAMMAD ADEEL; EBEID, HOSSAM MAHROUS; HASSAN, FAIZ-UL. **Revisiting the effects of different dietary sources of selenium on the health and performance of dairy animals: a review.** Biological trace element research, v. 199, n. 9, p. 3319-3337, 2021.
- BANUELOS, G. S.; Lin, Z. Q.; Broadley, M. **Selenium biofortification of agricultural crops.** Plant Soil, v. 374, n. 1-2, p. 1-19, 2023. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56249-0_14
- BEHNE, D.; KYRIAKOPOULOS, A. **Mammalian selenium-containing proteins.** Annual Review of Nutrition, v. 21, p. 453-473, 2001. <https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.21.1.453>
- BELL, J. G.; COWEY, C. B. **Digestibility and bioavailability of dietary selenium from fish meal and selenite for Atlantic salmon (*Salmo salar*).** Aquaculture, v. 81, n. 1-4, p. 61-68, 1989. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(89\)90230-5](https://doi.org/10.1016/0044-8486(89)90230-5)
- BROWN, K.M.; ARTHUR, J. R. **Selenium, selenoproteins and human health: a review.** Public Health Nutrition, v. 4, n. 2b, p. 593-599, 2001. <https://doi.org/10.1079/PHN2001143>
- GONG, J.; Ni, L.; Wang, D.; Shi, B.; Yan, S. **Effect of dietary organic selenium on milk selenium concentration and antioxidant and immune status in mid-lactation dairy cows.** Livestock Science, v. 170, p.84-90, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.10.003>
- GROMADZIŃSKA, J.; RESZKA, E.; BRUZELIUS, K.; WASOWICZ, W.; ÅKESSON, B. **Selenium and cancer: biomarkers of selenium status and molecular action of selenium supplements.** European Journal of Nutrition, v. 47, n. 1, p. 29-50, 2008. <https://doi.org/10.1007/s00394-008-2005-z>
- HAMILTON, S. J. **Review of selenium toxicity in the aquatic food chain.** Science of the Total Environment, v. 326, n. 1-3, p. 1-31, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.01.019>
- HARRISON, J. H.; HANCOCK, D. D.; CONRAD, H. R. **Vitamin E and selenium for reproduction of the dairy cow.** Journal of Dairy Science, v. 67, n. 6, p. 123-132, 1984. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(84\)81275-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(84)81275-8)
- HEFNAWY, A. E.; TÓRTORA-PÉREZ, J. L. **The importance of selenium and the effects of its deficiency in animal health.** Small Ruminant Research, v. 89, n. 2-3, p. 185-192, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.12.042>
- HILTON, J. W.; HODSON, P. V.; SLINGER, S. J. **The requirement and toxicity of selenium in rainbow trout (*Salmo gairdneri*).** Journal of Nutrition, v. 110, n. 12, p. 2527-2535, 1980. <https://doi.org/10.1093/jn/110.12.2527>
- HOSNEDLOVA, Bozena et al. **A summary of new findings on the biological effects of selenium in selected animal species—a critical review.** International journal of molecular sciences, v. 18, n. 10, p. 2209, 2017.

HUANG, Z.; XIANG, J.; GUO, B. **Research progress in physiological functions of selenoenzyme and other selenocompounds**. Progress in Physiological Sciences, v. 32, p. 293-297, 2001.

KIM, Mi-Hyun; CHOI, Mi-Kyeong. **Seven dietary minerals (Ca, P, Mg, Fe, Zn, Cu, and Mn) and their relationship with blood pressure and blood lipids in healthy adults with self-selected diet**. Biological trace element research, v. 153, p. 69-75, 2013.

KINCAID, R. L. **Assessment of trace mineral status of ruminants: a review**. Journal of Animal Science, v. 78, n. 3, p. 455-457, 2000. <https://doi.org/10.2527/jas2000.77E-Suppl1x>

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Nutrition of the Chicken**. University Books, 2001.

MAHAN, D. C.; PARRETT, N. A. **Evaluating the efficacy of selenium-enriched yeast and sodium selenite on tissue selenium retention and serum glutathione peroxidase activity in grower and finisher swine**. Journal of Animal Science, v. 74, n. 12, p. 2967-2974, 1996. <https://doi.org/10.2527/1996.74122967x>

MCDOWELL, L. R. **Minerals in Animal and Human Nutrition**. Elsevier Health Sciences, 2003. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-51367-0.50003-9>

MELO, L. Q. **Incorporation into milk and selenium balance in cows supplemented with selenized yeast**. 2011. Thesis (PhD) - Federal University of Lavras, Lavras, 2011. <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/4192>

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7. ed. Washington, DC: National Academies Press, 2001.

ORTOLANI, E. L. **Mineral deficiencies in ruminants**. In: GONZÁLEZ, F. H. D.; BARCELOS, J. O.; OCAMPO, C. B. E. (Eds.). Metabolic and nutritional disorders in ruminants. Porto Alegre: UFRGS, 2002. p. 137-159.

PEHRSON, B.; ORTMAN, K.; MADJID, N.; TRAFIKOWSKA, U. **The influence of dietary selenium as selenium yeast on the concentration of selenium in the blood and milk of dairy cows and the selenium status of their calves**. Journal of Animal Science, v. 77, n. 12, p. 3371-3376, 1999. <https://doi.org/10.2527/1999.77123371x>

SUN, P.; WANG, J.; LIU, W.; BU, D.P.; LIU, S.J.; ZHANG, K.Z. **Hydroxy-selenomethionine: a novel organic selenium source that improves antioxidant status and selenium concentrations in milk and plasma of mid-lactation dairy cows**. Journal of Dairy Science, v. 100, n. 12, p. 9602-9610, 2017. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12610>

SUNDE, R. A. **Selenium**. In: RUCKER, R. B.; SUTTIE, J. W.; McCORMICK, D. B.; MACHLIN, L. J. (Eds.), Handbook of Vitamins. 3. ed. New York: Marcel Dekker, Inc., 2001.

SURAI, P. F. **Selenium in Nutrition and Health**. Nottingham: Nottingham University Press, 2006.

SURAI, P. F. **Selenium in poultry nutrition and health**. Poultry Science, v. 81, n. 4, p. 199-211, 2018.

WEISS, W. P. **Selenium nutrition of dairy cows: comparing responses to organic and inorganic selenium forms**. Proceedings of the 18th Western Nutrition Conference, Winnipeg, Manitoba, p. 7-15, 2003. https://en.engormix.com/dairy-cattle/vitamins-minerals-dairy-cattle-nutrition/selenium-nutrition-dairy-cows_a33391/

ZANETTI, M. A., Neunhaus, L. E. D., Schalch, E., & Martins, J. H. **Effect of selenium and vitamin E supplementation in dairy cows.** Revista Brasileira de Zootecnia, 1998, Vol. 27, No. 2, 405-408.

ZHENG, Yuhui et al. **Effects of selenium as a dietary source on performance, inflammation, cell damage, and reproduction of livestock induced by heat stress: A review.** Frontiers in Immunology, v. 12, p. 820853, 2022.

ZOIDIS, E.; SERELIS, I.; KONTOPOULOS, N.; DANEZIS, G. P. **Selenium-dependent antioxidant enzymes: actions and properties of selenoproteins.** Antioxidants, v. 7, n. 5, p. 66, 2018. <https://doi.org/10.3390/antiox7050066>

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO DA TERMORRESISTENCIA ESPERMÁTICA DE SÊMEN BOVINO CRIOPRESERVADO EM DILUIDOR TRIS-GEMA ACRESCIDO DE EXTRATO DE JAMBOLÃO (*Syzygium cumini*)

Data de submissão: 26/12/2024

Data de aceite: 02/01/2025

Nayonara Silva de Almeida

Curso de Zootecnia. Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha – MA

Nágylla Silva de Almeida

Curso de Zootecnia. Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha – MA

Nívia Maria Rocha Brandão

Curso de Zootecnia. Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha – MA

Anailson de Oliveira Maciel

Curso de Zootecnia. Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha – MA

Samira Santos Araújo

Curso de Zootecnia. Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha – MA

Thiago Santos Santos

Curso de Zootecnia. Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha – MA

Jardson Guimarães Teixeira

Curso de Zootecnia. Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha – MA

Alana Samira da Silva Sousa

Curso de Zootecnia. Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha – MA

Vanda Ferreira Ribeiro

Curso de Zootecnia. Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha – MA

Francisco Cardoso Figueiredo

Colégio Técnico de Teresina – CTT, Teresina - PI

Isolda Márcia Rocha do Nascimento

Colégio Técnico de Teresina – CTT, Teresina - PI

Yndyra Nayan Teixeira Carvalho Castelo Branco

Curso de Zootecnia. Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha – MA

RESUMO: A suplementação do extrato de jambolão (*Syzygium cumini*) ao meio diluidor para criopreservação do sêmen em ruminantes tem demonstrado aumento na viabilidade, e cinética espermática. Desta forma, objetivou-se avaliar cinética espermática, pelo teste de termorresistência lento, em sêmen bovino criopreservado em diluidor TRIS-gema suplementado com extrato de jambolão (*Syzygium cumini*). Foram utilizados 24 ejaculados de quatro bovinos, obtidos a partir de eletroejaculação, os quais foram diluídos em Tris-Gema,

pré-estabelecendo cinco diferentes concentrações: Controle (0 μ M) e extrato de jambolão (1mM, 5mM, 10mM e 20mM), adicionadas ao diluidor Tris-Gema. Posteriormente foram congeladas em sistema automatizado, na curva de congelação (-0,25°C/min, de 25°C a 5°C e -20°C/min, de 5°C a -120°C), e, após atingirem -120°C, as palhetas foram armazenadas em nitrogênio líquido (-196°C). Após descongelação a 37°C as amostras foram analisadas quanto a avaliação de motilidade e vigor em função do tempo (0 – 180 minutos), pelo teste de termorresistência lento. Para análise estatística dos resultados, utilizou-se o comando PROC GLM (do programa estatístico SAS 9.1®) e os dados foram submetidos à análise de regressão, adotando-se o nível de significância de 5%. Contrastes polinomiais foram utilizados para se determinar o efeito linear e quadrático dos tratamentos. Após 3 horas de incubação, foram encontradas diferenças no TTTR ($P<0,05$), para as variáveis motilidade e vigor espermático (Tabela 1). Assim como esperado, os parâmetros observados variaram ao longo do tempo. Entre os tratamentos verificou-se variação para motilidade e vigor espermático no tempo de 180 min ($P<0,05$), onde estes parâmetros obtiveram maiores resultados nos diluidores suplementados com 5, 10 e 20 mMol/mL de extrato de jambolão (*S. cuminii*). Em conclusão, as concentrações de 10 mMol/mL e 20 mMol/mL do extrato de jambolão (*S. cuminii*), foram eficazes em preservar a motilidade e o vigor espermático em períodos mais longos (180 minutos) após o descongelamento de sêmen bovino.

PALAVRAS-CHAVE: Antioxidantes, espermatozoides, motilidade seminal.

INTRODUÇÃO

A criopreservação de sêmen é essencial para o melhoramento genético e a eficiência da produção pecuária. Contudo, as taxas de fertilização reduzem significativamente devido à baixa viabilidade espermática após o descongelamento. A inclusão de antioxidantes naturais, como o extrato de jambolão, pode reduzir perdas financeiras relacionadas a inseminações mal-sucedidas, aumentando o retorno sobre os investimentos em biotecnologias reprodutivas. Além disso, o uso de um recurso vegetal acessível e amplamente disponível em regiões tropicais pode reduzir os custos associados a aditivos sintéticos, beneficiando economicamente os produtores (Sharafi et al., 2022).

No contexto social, a exploração sustentável de recursos naturais, como o jambolão, promove a valorização da biodiversidade regional e incentiva práticas agrícolas sustentáveis. Além disso, a melhoria na eficiência dos programas reprodutivos contribui para o aumento da produção de carne e leite, reforçando a segurança alimentar. Adicionalmente, a capacitação de profissionais para a aplicação de tecnologias inovadoras em criopreservação pode gerar impactos positivos no mercado de trabalho, fortalecendo o setor agropecuário em comunidades locais (Thongkham et al., 2023; Berean et al., 2024).

Avaliar a atividade do extrato de jambolão na suplementação ao diluidor de sêmen bovino é uma iniciativa alinhada a demandas científicas, econômicas e sociais, oferecendo uma abordagem sustentável e eficiente para a melhoria dos protocolos reprodutivos.

OBJETIVO

Avaliar cinética espermática, pelo teste de termorresistência lento, em sêmen bovino criopreservado em diluidor TRIS-gema suplementado com extrato de jambolão (*Syzygium cumini*).

MATERIAL E MÉTODOS

O procedimento descrito no presente artigo encontra-se de acordo com os preceitos da Lei no 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto no 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 Universidade Federal do Maranhão - UFMA, sob Processo n. 23115.005617/2022-43.

O jambolão foi colhido em outubro de 2022, no campus da Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências de Chapadinha, localizada no município de Chapadinha, Maranhão (3°44'26"S, 43°21'33"W), considerando-se maduros aqueles que apresentavam coloração completamente roxa escura e textura macia. Após a colheita, na usina escola governador Alberto Silva da Universidade Federal do Piauí, os frutos do jambolão foram lavados em água corrente, despolpados manualmente com o auxílio de uma espátula e adicionado etanol PA, agitou-se a mistura por 30 minutos, em seguida filtrou e foi colocado num rotaevaporador numa temperatura de 55 °C, até a evaporação completa do solvente.

O diluente Tris-gema de ovo composto por 3,605 g de Tris, 2,024 g de ácido cítrico, 1.488 g de frutose, 25 mg de gentamicina, 50.000 UI de penicilina, 100 mL de água destilada, 20 % de gema de ovo e 5 % de glicerol, com osmolalidade ~350 mOsm e pH 6,8, foi preparado no Laboratório de biotecnologia da Reprodução Animal do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Piauí, e utilizado para diluir e congelar o sêmen. Foram preparados cinco diluentes experimentais diferentes: (0; 1; 5; 10 e 20 mMol de extrato de jambolão adicionado ao diluente Tris-gema.

Foram utilizados quatro touros da Nelore provenientes da Fazenda Nova (3°44'39.3"S; 43°28'54.3"W), localizada na cidade de Chapadinha, Maranhão, Brasil, com idade média de 5 anos, peso entre 510 e 750 kg e escore de condição corporal de 3 a 4 (escala de 1 a 5). Os touros tinham histórico de fertilidade comprovada e foram avaliados quanto à saúde geral, integridade dos órgãos reprodutivos e qualidade do sêmen. Durante o experimento, os touros foram mantidos em sistema extensivo, com livre acesso a piquetes de *Panicum maximum*, água e sal mineral.

Amostras de sêmen foram coletadas uma vez por semana durante seis semanas, totalizando 24 ejaculados, via eletroejaculação (Biocon®, Uberaba, Minas Gerais, Brasil) utilizando-se tubo de ensaio graduado estéril de 15 mL, devidamente protegido com folha de papel alumínio para evitar a exposição do sêmen à luz. Os ejaculados foram transportados em caixa isolada a 37 °C, avaliados e processados até congelamento em

espaço laboratorial presente na própria fazenda.

As amostras de sêmen de cada animal foram colocadas em banho-maria a 37 °C e avaliadas separadamente quanto à cor, aparência, volume, motilidade total e vigor, sob microscópio ótica (Olympus. Ltd., Tóquio, Japão), seguindo recomendações descritas no Manual para Exame Andrológico e Avaliação de Sêmen Animal do Colégio Brasileiro de Reprodução Animal (2013). A concentração espermática foi obtida em câmara de Neubauer na diluição 1:200 em solução de citrato de sódio em formaldeído a 4 %. O método de câmara úmida foi utilizado para analisar a morfologia espermática seguindo recomendações descritas no Manual para Exame Andrológico e Avaliação de Sêmen Animal do Colégio Brasileiro de Reprodução Animal (2013). Somente ejaculados com motilidade total \geq 80 %; vigor \geq 3; concentração espermática $\geq 3,5 \times 10^9$ espermatozoides/mL e patologias espermáticas \leq 20 % foram utilizadas no estudo. Quando aprovadas, amostras dos seis ejaculados foram misturadas para formar um *pool* para aumentar o volume de sêmen e eliminar a variabilidade entre as amostras estudadas. Logo após a formação do *pool*, este foi dividido em cinco alíquotas, mantidas a 37 °C em banho-maria antes da diluição nos diluentes experimentais.

Cinco alíquotas de sêmen previamente avaliadas e aprovadas foram diluídas em meio de Tris-gema (37 °C) contendo extrato de jambolão (1; 5; 10 e 20 mMol), enquanto uma alíquota sem qualquer suplementação foi mantida como controle. O sêmen diluído foi colocado em palhetas de 0,25 mL, com concentração final de 160×10^6 espermatozoides/mL, e congelado em máquina TK 3000® (TK Tecnologia em Congelação Ltda, Uberaba, MG, Brasil). A curva foi programada para realizar a refrigeração do sêmen a 0,25 °C/min até 5 °C, temperatura na qual as palhetas foram mantidas por 4 h. Para o congelamento, foi utilizada curva com velocidade -20 °C/min até chegar à temperatura de -120 °C. Imediatamente após, as palhetas foram imersas em nitrogênio líquido, organizadas em racks e armazenadas em cilindro criogênico a -196 °C até descongelamento. As análises pós-criopreservação foram realizadas no Laboratório de Fisiologia e de Reprodução Animal (CCCh/UFMA), onde as amostras foram descongeladas em banho-maria a 37 °C por 30 segundos e avaliadas quanto ao teste de termoresistência lento.

Para avaliar a termoresistência espermática, foi utilizado a avaliação lenta (TTRL). Realizou-se a incubação em banho-maria de acordo com o teste TTRL (37 °C/180 min), para a avaliação ao longo do tempo, quanto à motilidade total (MT - %) e o vigor (1-5) espermático por meio de microscopia de contraste de fase (Olympus optical Co., Ltda., Tóquio, Japão), com aumento de 400x, nos tempos 0, 60, 120 e 180 minutos (Vianna et al., 2009).

Para análise estatística dos resultados, utilizou-se o comando PROC GLM (do programa estatístico SAS 9.1®) e os dados foram submetidos à análise de regressão, adotando-se o nível de significância de 5%. Contrastess polinomiais foram utilizados para se determinar o efeito linear e quadrático dos tratamentos.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Após 3 horas de incubação, foram encontradas diferenças no TTRL ($P<0,05$), para as variáveis motilidade e vigor espermático (Tabela 1). Assim como esperado, os parâmetros observados variaram ao longo do tempo. Entre os tratamentos verificou-se variação para motilidade e vigor espermático no tempo de 180 min ($P<0,05$), onde estes parâmetros obtiveram maiores resultados nos diluidores suplementados com 5, 10 e 20 mMol/mL de extrato de jambolão (*S. cuminii*).

Parâmetros	Tratamentos mMol/mL				EPM ¹	Significância	
	Controle	1	5	10		Lin ²	Quad ³
Motilidade (%)							
0 min	31,66	25,83	31,00	40,00	25,83	8,019	0,922
60 min	21,50	29,50	25,00	26,33	18,50	5,966	0,631
120 min	13,16	19,00	15,00	14,83	14,33	2,143	0,789
180 min	1,66 ^B	8,00 ^{AB}	9,5 ^A	10,33 ^A	10,33 ^A	1,850	0,002
Vigor							
0 min	2,66	2,83	2,66	3,33	2,83	0,226	0,254
60 min	2,33	2,66	2,66	2,50	2,33	0,213	0,807
120 min	1,83	2,50	2,00	1,50	2,00	0,281	0,459
180 min	0,33 ^B	1,33 ^{AB}	1,33 ^{AB}	1,50 ^A	1,50 ^A	0,245	0,003

¹Erro Padrão da Média (%), ²Significância para efeito linear, ³Significância para efeito quadrático.

*Os dados foram avaliados por meio de regressão a 5% de probabilidade.

Medias com letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($P<0,05$) pelo teste Tukey.

Tabela 1. Motilidade total (%) e Vigor espermático pós-descongelamento de sêmen bovino criopreservado em diferentes concentrações (0, 1, 5, 10 e 20 mMol/mL) de extrato de jambolão (*Syzygium cuminii*) avaliados pelo teste de termo resistência

O comportamento durante o teste de termoresistência (TTRL) foi semelhante para ambos os parâmetros. As medidas apresentaram valores elevados nas primeiras horas do teste, seguidos por uma redução nas horas seguintes, culminando em uma estabilização em níveis baixos nas fases finais do experimento.

O extrato de jambolão (*S. cuminii*) apresenta polifenóis que são um dos principais constituintes presentes nas plantas e suas frutas, atuam diminuindo o excesso do estresse peroxidativo associado ao envelhecimento e dano oxidativo celular, prevenindo assim a progressão de alterações patológicas (Meot et al., 2020).

Neste estudo observou-se que para todos os diluidores houve um decréscimo no metabolismo celular, observado pelo desgaste no perfil de motilidade e vigor espermático. No entanto, a diminuição verificada foi gradativa para os diluidores com extrato de jambolão (*S. cuminii*), diferente do observado para o controle que teve redução abrupta. No tempo

de 180 min as concentrações de 5, 10 e 20 mMol/mL de extrato de jambolão (*S. cuminii*) diferiram ($p<0,05$) do controle, onde apresentaram médias mais elevadas.

A resposta para a atividade do extrato de jambolão (*S. cuminii*), se deve a presença de compostos bioativos que atuam na modulação de vias metabólicas relacionadas ao controle de glicose e lipídios. Estudos mostram seu potencial sobre o perfil de glicose, melhorando a sensibilidade à insulina, esses efeitos ajudam a estabilizar o metabolismo energético celular e sistêmico (Chagas et al., 2015; Qamar et al., 2022).

CONCLUSÃO

Em conclusão, as concentrações de 10 mMol/mL e 20 mMol/mL do extrato de jambolão (*S. cuminii*), foram eficazes em preservar a motilidade e o vigor espermático em períodos mais longos (180 minutos) após o descongelamento de sêmen bovino.

REFERÊNCIAS

Berean, D.I.; Bogdan, L.M.; Cimpean, R. Advancements in Understanding and Enhancing Antioxidant-Mediated Sperm Cryopreservation in Small Ruminants: Challenges and Perspectives. **Antioxidants**, 2024, 13(6), 624. <https://doi.org/10.3390/antiox13060624>

Chagas, V.T.; França, L.M.; Malik, S.; Paes, A.M.A. *Syzygium cumini* (L.) skeels: a prominent source of bioactive molecules against cardiometabolic diseases. **Frontiers in Pharmacology**, 2015, 6 (259).

Manual para exame andrológico e avaliação de sêmen animal/Colégio Brasileiro de Reprodução Animal, 3,ed, - Belo Horizonte: **CBRA** 2013. Disponível em: www.cbra.org.br

Qamar, M.; Akhtar, S.; Ismail, T.; Wahid, M.; Abbas, M.W.; Mubarak, M.S.; Yuan, Y.; Barnard, R.T.; Ziora, Z.M.; Esatbeyoglu, T. Phytochemical Profile, Biological Properties, and Food Applications of the Medicinal Plant *Syzygium cumini*. **Foods** 2022, 11(3), 378; <https://doi.org/10.3390/foods11030378>

Sharafi, M.; Borghei-Rad, S.M.; Hezavehei, M.; Shahverdi, A.; Benson, J.D. Cryopreservation of Semen in Domestic Animals: A Review of Current Challenges, Applications, and Prospective Strategies. **Animals**. 2022, 12(23), 3271. <https://doi.org/10.3390/ani12233271>

Thongkham, M, Saenjaiban, A, Jantanasantkulwong, K, Pattanawong, W, Arjin, C, Hongsibsong, S, et al. New insights from poly-lactic acid and ionomer films coupled with recombinant antibodies for processing sexed-sorting bovine sperm. **Int J Biol Macromol.** (2023) 256:128425. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2023.128425

Vianna FP, Papa FO, Zahn FS, Melo CM, Dell'Aqua Jr. JA. Thermoresistance sperm tests are not predictive of potential fertility for cryopreserved bull semen. **Anim Reprod Sci**, v.113, p.279-282, 2009.

CAPÍTULO 4

TERMORREGULAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE ABELHAS *Apis mellifera*: REVISÃO SISTEMÁTICA EM BASES DE DADOS CIENTÍFICOS

Data de submissão: 05/11/2024

Data de aceite: 02/01/2025

Aline Márcia da Silva

Universidade Federal de Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

Leonardo França da Silva

Universidade Federal da Grande
Dourados
Dourados – Mato Grosso do Sul (Brasil)

Jessica Mansur Siqueira Crusoé

Universidade de Federal Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

Fernanda Lamede Ferreira de Jesus

Universidade Federal da Grande
Dourados
Dourados – Mato Grosso do Sul (Brasil)

Cristiano Márcio Alves de Souza

Universidade Federal da Grande
Dourados
Dourados – Mato Grosso do Sul (Brasil)

Carlos Henrique de Figueiredo Vasconcellos

Universidade Federal de Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

Denis Medina Guedes

Universidade Federal de Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

Josiane Rosa Silva de Oliveira

Universidade Federal de Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

João Paulo Batista Machado

Universidade Federal de Viçosa -
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

RESUMO: Neste trabalho de conclusão de curso propôs-se descortinar o universo em que está inserido a importância da termorregulação no desenvolvimento e produtividade das abelhas melíferas para apreciar com lucidez e precisão suas possibilidades e limites. Nessa perspectiva, utilizou-se a metodologia PRISMA (Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises) para realizar uma análise sistemática da literatura mundial na última década relacionando a termorregulação como fator capaz de promover ou prejudicar o desenvolvimento e produtividade das colmeias de abelhas, além da pretensão de fomentar a necessidade de novos estudos que descartem ou detalhem o conforto térmico como contribuinte do desenvolvimento, produtividade e talvez do declínio das populações de *Apis mellifera*. Percebeu-se a importância de contextualizar

e analisar a termorregulação das *Apis mellifera* identificando alguns pressupostos básicos que norteiam sua abrangência e especificidades, bem como entender a evolução do manejo desta, ao longo dos últimos anos no cenário mundial. Concluiu-se que a regulação térmica em *Apis mellifera*, pode envolver uma gama de mecanismos, tanto para aquecer, quando estão expostas às condições de baixas temperaturas, ou arrefecer, se estiverem numa temperatura elevada. Todas essas ações são executadas e coordenadas pela colônia, com o principal objetivo de manter o ninho na temperatura ótima. Porém, notou-se que ainda existem lacunas para serem preenchidas, para entender o comportamento e fisiologia das abelhas africanizadas sob influência de altas temperaturas em ambiente tropical, especialmente em ambientes secos e quentes, como é o caso do nordeste brasileiro.

PALAVRAS CHAVE: Abelhas africanizadas, conforto térmico.

ABSTRACT: In this course completion work, it was proposed to unveil the universe in which the importance of thermoregulation in the development and productivity of honey bees is inserted, in order to lucidly and precisely appreciate its possibilities and limits. In this perspective, the PRISMA methodology (Main Items for Reporting Systematic Reviews and Meta-analyses) was used to carry out a systematic analysis of the world literature in the last decade relating thermoregulation as a factor capable of promoting or hindering the development and productivity of bee hives, in addition to the intention of promoting the need for new studies that rule out or detail thermal comfort as a contributor to the development, productivity and perhaps the decline of *Apis mellifera* populations. The importance of contextualizing and analyzing the thermoregulation of *Apis mellifera* was perceived, identifying some basic assumptions that guide its scope and specificities, as well as understanding the evolution of its management, over the last few years on the world stage. It was concluded that the thermal regulation in *Apis mellifera*, can involve a range of mechanisms, either to warm up, when they are exposed to low temperature conditions, or to cool down, if they are at a high temperature. All these actions are performed and coordinated by the colony, with the main objective of keeping the nest at the optimum temperature. However, it was noted that there are still gaps to be filled in order to understand the behavior and physiology of Africanized bees under the influence of high temperatures in a tropical environment, especially in dry and hot environments, as is the case in northeastern Brazil.

KEYWORDS: Africanized bees, thermal comfort.

INTRODUÇÃO

A apicultura é uma das atividades mais antigas e relevantes do mundo, e cada vez mais, vem se tornando uma ferramenta importante para a geração de emprego/ renda, prestando enorme contribuição ao ser humano a partir de produtos das colmeias como: mel, pólen, própolis, cera, geleia real, apitoxina, além dos serviços de polinização prestados à agricultura e a preservação da diversidade botânica. De acordo com a FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura; 2018), as abelhas e outros polinizadores são amplamente reconhecidos pelo seu importante papel e contribuição para a segurança alimentar e nutricional, agricultura sustentável, saúde ambiental e dos ecossistemas,

enriquecimento da biodiversidade e outros aspectos do desenvolvimento sustentável.

Sendo assim, a escolha do tema “Termorregulação no desenvolvimento e produtividade de abelhas *Apis mellifera*: Revisão Sistemática em bases de dados científicas” deu-se a partir do reconhecimento da expressividade da conservação e manejo dos polinizadores, e do quanto eles são capazes de influenciarem no desempenho e rendimento de uma diversidade de culturas agrícolas, inclusive as economicamente valorizadas. Além disto, segundo Abreu (2013) os polinizadores são fundamentais na manutenção da variabilidade genética de uma gama de espécies vegetais nativas, e estas, por sua vez, são capazes de regular os ecossistemas afetando indiretamente outras plantas e a fauna como um todo. De acordo com Ricketts *et al.* (2008) em torno de 75% das culturas e 80% das espécies de plantas com flores dependem da polinização biótica, especialmente a realizada por abelhas. Nascimento (2011) informa que a polinização cruzada é realizada por agentes bióticos, tais como aves, morcegos, insetos, e abióticos, como o vento e a água. De acordo com esses autores, dentre os insetos atraídos pelas flores, as abelhas são os de maior destaque, devido a abundância e diversidade, além de encontrarem nas flores os recursos necessários para o seu desenvolvimento. Para Nascimento (2011) um polinizador é caracterizado pelo comportamento e tamanho adequado ao das estruturas reprodutivas das flores, ou seja, é necessário possuir adaptações morfológicas que favorecem a polinização, como é o caso das abelhas, que possuem pelos ramificados no corpo para coletar o pólen.

Devido à grande importância dos insetos polinizadores na manutenção da vida em geral e à crescente preocupação com o declínio das populações de polinizadores, é de extrema relevância estudos que apontem a biologia, a identificação, a classificação, o comportamento, a reprodução, a distribuição geográfica, a eficiência e o manejo necessário para manter e aumentar populações dos insetos benéficos, em especial de *Apis mellifera*. Deste modo, o principal objetivo deste trabalho foi apontar evidências a luz da literatura científica, por meio da revisão sistemática, relacionando a termorregulação como fator capaz de favorecer ou prejudicar o desenvolvimento e produtividade das colmeias de abelhas melíferas, além da pretensão de fomentar a necessidade de novos estudos que descartem ou detalhem o conforto térmico como contribuinte do declínio das populações de *Apis mellifera*.

Reconhece-se que a pesquisa científica é um balizador para as práticas agrárias no Brasil e no mundo, portanto é relevante lançar mão de técnicas capazes de sistematizar a literatura de forma criteriosa, rigorosa e passível de reprodução. Dessa maneira, este Trabalho de Conclusão de Curso – TCC foi pautado na revisão sistemática de bases de dados científicos, utilizando a metodologia PRISMA (Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises), com a intenção de estabelecer uma estratégia lógica de pesquisa, caracterizando o estudo selecionado, analisando sua qualidade, comparando as análises realizadas, e por fim, concluindo sobre o que a literatura selecionada aponta

em relação ao tema escolhido. Destaca-se que, ao escolher esta metodologia, foi necessário gerar questão central de pesquisa para nortear as buscas literárias: “*o quanto a termorregulação, como agente estressor, é capaz alterar o desenvolvimento e produtividade de colmeias de Apis melliferas?*” A hipótese é que com a alteração do conforto térmico nas colmeias, haverá prejuízos no desenvolvimento da colônia, seja pela mortalidade, anomalias comportamentais e taxas elevadas de abandono (enxameação), bem como, na eficiência de sua produtividade. Para Domingos (2017), entender sobre a regulação da temperatura é essencial, especialmente em abelhas, visto que estes insetos possuem um sistema social harmonioso em que trabalham juntas para atender as demandas colocadas sobre elas devido ao estresse ambiental.

Dessa forma, serão apresentadas as considerações sobre a metodologia de pesquisa utilizada para realização deste trabalho, os principais resultados e discussão, bem como, as considerações finais.

MATERIAL E MÉTODOS

De acordo Moher *et al.* (2015), as revisões sistemáticas são balizadoras para o aprimoramento do conhecimento de um determinado tema. Para esses autores, o reconhecimento dessa forma de trabalho de revisão está não só na investigação criteriosa e rastreável, anteriormente realizada sobre o assunto proposto, mas, especialmente, na clareza do relato desse conhecimento. Portanto, este trabalho foi realizado por intermédio da aplicação dos moldes de uma revisão sistemática, indicados na estratégia de pesquisa da metodologia PRISMA (Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises). Buscou-se responder a uma pergunta norteadora, claramente formulada, utilizando métodos criteriosos e sistemáticos, com intuito de selecionar, identificar e avaliar criticamente as literaturas relevantes (Moher *et al.*, 2015).

Foram utilizadas as bases de dados *PubMed*, *Scielo*, *Google Acadêmico* para selecionar artigos com contribuições relevantes sobre o tema proposto. Houve ainda, uma busca manual de artigos relacionados na lista das principais referências utilizadas.

Para que houvesse ampliação da capacidade dos buscadores supracitados, abarcou-se artigos em todos os idiomas. Entretanto, no momento de determinar os descritores/palavras-chaves a serem utilizadas, decidiu-se pelos idiomas: português, inglês, espanhol e francês, contendo apenas as palavras “termorregulação” e “*Apis mellifera*”. Estas tiveram seus sinônimos identificados em *Medical Subject Headings* (MeSH) para posterior combinação com os operadores booleanos AND entre os dois descritores e OR para seus sinônimos (tabela 1).

PORUTGUÊS:

• Abelhas	• Regulação da temperatura
• Apis mellifera	• Termorregulação
	• Conforto térmico

INGLÊS:

• Bees	• Temperature Regulation
--------	--------------------------

ESPAÑOL

• abejas	• Regulación de la temperatura
• Andrenidae	• Pérdida de calor
• Apidae	• Termorregulación
• Apis	
• Apoidea	
• Abeja	
• Andrénidos	

FRANCÊS

• Abeilles	• Régulation de la température
------------	--------------------------------

Tabela 1: Resumo dos descritores/ palavras-chave escolhidos.

Na fase de inclusão e exclusão das publicações, norteadoras desta revisão sistemática, foi utilizado o *software Rayyan*, um aplicativo da *web* (gratuito) desenvolvido pelo QCRI (Qatar Computing Research Institute) que auxilia os autores de revisão sistemática a realizar seu trabalho de forma rápida, dentro dos criterios pré-estabelecidos. O *software* apresenta, em sua tela inicial, os dados copilados em forma gráfica, facilitando a visualização da triagem realizada durante toda a pesquisa dos autores envolvidos. Inclusive, mostra a quantidade de tempo gasto e quantas sessões foram utilizadas nessa triagem. Para execução da metodologia adotou-se estratégias previamente determinadas e as cegas, com a intenção de mitigar possíveis vieses. Para tanto, foi convidado um avaliador neutro e externo (MTSF) para auxiliar na seleção de tais publicações, conforme demonstrado na figura 2:

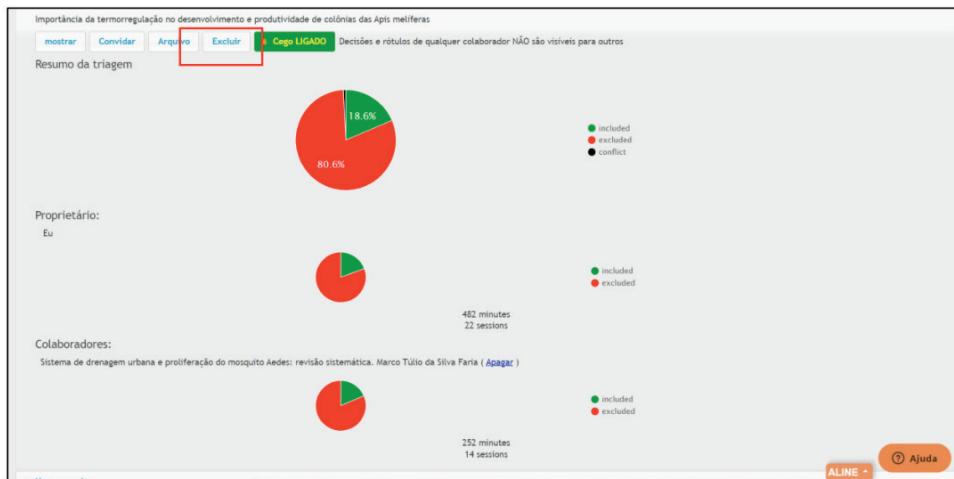


Figura 1: Página inicial *Rayyan*

Fonte: <https://rayyan.ai/reviews> (login: autora)

Os critérios de inclusão utilizados foram: estar no intervalo de tempo entre os anos 2012 a 2022; atender ao preceito de serem artigos científicos, teses e dissertações; conter no título e/ou no resumo os termos centrais da pesquisa (termorregulação e *Apis mellifera* ou seus respectivos sinônimos). Esses critérios foram determinados por meio da observação que o tema aqui abordado tem sido pouco pesquisado na última década. Notou-se que a maioria dos artigos, livros, periódicos encontrados sobre o assunto são das décadas de 1970 e 1980. Logo, percebeu-se a importância de sinalizar que a termorregulação de abelhas *Apis mellifera* é um tema que necessita de atualização no meio acadêmico, especialmente frente às mudanças climáticas, especialmente em países de clima tropical, como é o caso do Brasil.

Foram excluídos Trabalhos de Conclusão de Cursos, publicações fora do período cronológico estipulado ou que não tivessem relação com o tema proposto. Na aba lateral do *Rayyan*, é demonstrado os critérios de inclusão e exclusão utilizados para seleção dos artigos, e na parte central da imagem é apresentado o ano da publicação, o pesquisador logado na sessão, os artigos inclusos (verde), os artigos excluídos com a justificativa da exclusão (vermelho), o título e o(s) autor(es) (figura 3):



Figura 2: Critérios de elegibilidade

Fonte: <https://rayyan.ai/reviews> (login: autora)

Para uma melhor visualização do *software*, a figura 4 exibe o recorte ampliado da aba lateral, com os critérios adotados.



Figura 3: Critérios de elegibilidade (Zoom)

Fonte: <https://rayyan.ai/reviews> (login: autora)

Por meio do fluxograma de PRISMA, (figura 5) é possível identificar o percurso metodológico utilizado para encontrar os artigos selecionados nas diferentes fases da revisão sistemática. A partir da utilização dos descritores, anteriormente mencionados, foi encontrado um total de 247 estudos. Após o descarte dos resumos duplicados e inocentes com a temática proposta, e a aplicação dos critérios indicados, permaneceram 49 estudos, que foram lidos na íntegra. Posteriormente, foram excluídos mais 35 trabalhos que não estavam de acordo com os critérios determinados para essa pesquisa.

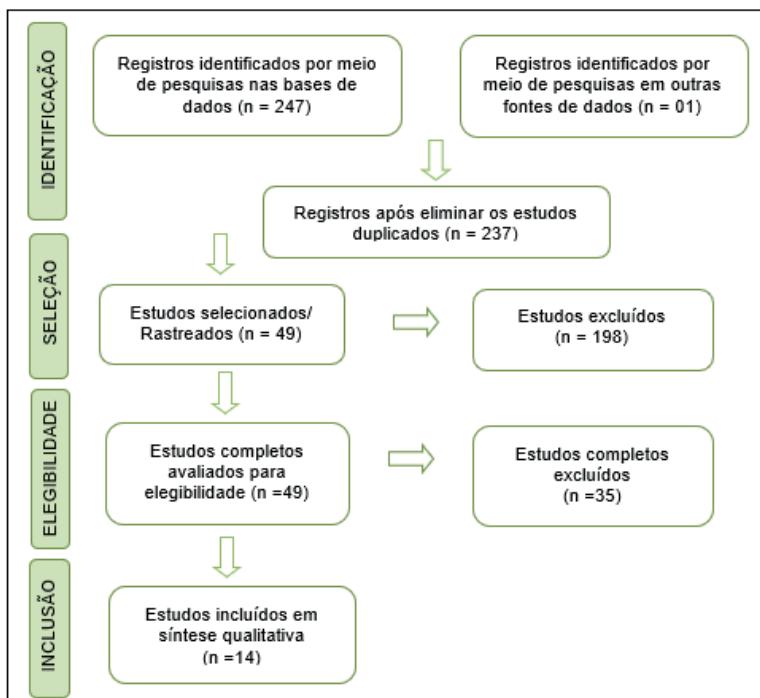


Figura 4: Fluxograma da seleção dos estudos adaptado do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (Prisma 2015).

Fonte: Adapatado de Moher *et al.*, 2009

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a análise quantitativa, 80,6% dos estudos foram eliminados por apresentarem informações muito abrangentes e não terem relação específica com o tema deste trabalho, reduzindo para 18,6% a quantidade a ser rastreada, totalizando 49 estudos, sendo 48 contabilizados dentro do *Rayyan* e 01 de busca manual, conforme referências lidas nos artigos eleitos.

As etapas de elegibilidade e inclusão consistiram nas duas últimas fases, em que os artigos selecionados passaram por uma análise completa, cujas abordagens são descritas nesta revisão sistemática. Os resultados das buscas geradas a partir da utilização do

fluxograma do PRISMA (figura 5) foram analisados e contribuíram para a construção da figura 6 e tabela 2.

Na figura 6 e na tabela 2 estão elencados cronologicamente os artigos, teses e dissertações que atenderam aos critérios determinados nesta revisão sistemática, utilizando um *software* gerenciador de referências.

Authors	Title	Year	Published In	Added
Brasil, Daniel de F; Guimarães, Michelle de O; Barbosa Filho, ...	Internal ambience of bee colonies submitted to strengthening management by adding broods	2013	Engenharia Agrícola	jul 5
Sombra, Daiana da Silva	Monitoramento do desenvolvimento de colônias de Abelhas africanizadas sobre a influência do sol e sombra na região s...	2013	Dissertação (Mestrado em Ci...	jul 5
Fernandes, Nayanny de Souza	Uso da tampa interna da colmeia Langstroth na manutenção da homeostase em colônias de abelhas africanizadas <i>Apis m...</i>	2013	Dissertação (mestrado) – Un...	jul 5
DE SOUZA, MARIA D E FÁTIMA PEREIRA; TURCO, SILVIA HEL...	ANÁLISE TÉRMICA DO AMBIENTE INTERNO DE CAIXAS DE ABELHAS DE DIFERENTES CORES	2014	XLIII Congresso Brasileiro de Eng...	jul 5
Santos, Ricardo Gonçalves	Longevidade e produção de abelhas rainhas africanizadas (<i>Apis mellifera L.</i>) em colmeias sob condições de sol e somb...	2015	Dissertação apresentada à U...	jul 5
Mendes, João Victor de Queiroz; et al	AMBIÊNCIA INTERNA EM COLÔNIAS DE ABELHAS <i>Apis mellifera L.</i> (Hymenoptera: Apidae) COBERTAS COM MATERIAIS RECL...	2017	ResearchGate	jul 5
Cook, Chelsea N.; et al	Octopamine and tyramine modulate the thermoregulatory fanning response in honey bees (<i>Apis mellifera</i>).	2017	The Journal of experimental biol...	jul 5
Ramirez L, et al.	Abscisic acid enhances cold tolerance in honeybee larvae.	2017	Proceedings. Biological sciences	jul 5
Domingos, Herica Gislane Tertulino	Controle de temperatura pelas abelhas africanizadas (<i>Apis mellifera L.</i>) em colmeias sob condições de sol e sombra no ...	2017	Tese (Doutorado) - Universidade Fed...	jul 5
Bordier, Célia; Dechatre, Hélène; Suchail, Séverine; Pe...	Colony adaptive response to simulated heat waves and consequences at the individual level in honeybees (<i>Apis mellif...</i>	2017	Scientific Reports	jul 5
Mohamed, Alburaki et al	Agricultural Landscape and Pesticide Effects on Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Biological Traits.	2017	Journal of economic entom...	jul 5
Melicher, Dacotah, et al	Long-Distance Transportation Causes Temperature Stress in the Honey Bee, <i>Apis mellifera</i> (Hymenoptera: Apidae).	2019	Environmental entomology	jul 5
Ferreira Campos, David; Silva, Dionei José; Kill-Silveira, Rafael	ARBORIZAÇÃO E ENXAMES POPULOSOS GARANTEM A TERMORREGULAÇÃO DO INTERIOR DO NINHO DE <i>Apis mellifera</i>	2020	Agroecossistemas, v. 12, n. 1, p. 33 ...	jul 5
Kaya-Zeeb, Sinan. et al	Octopamine drives honeybee thermogenesis.	2022	eLife	jul 5

Figura 5: Estudos elencados (imagem da tela inicial do Mendeley)

Fonte: Mendeley (login da autora)

Item/ano	Autor	Título	Publicação
01 - 2013	BRASIL, D.F.; GUIMARÃES, M.O.; BARBOSA FILHO, J.A.D.; FREITAS B.M.	Internal ambience of bee colonies submitted to strengthening management by adding broods.	Engenharia Agrícola, v. 33, n. 5, p. 902–909, 2013.
02 - 2013	FERNANDES, N. S.	Uso da tampa interna da colmeia Langstroth na manutenção da homeostase em colônias de abelhas africanizadas <i>Apis mellifera</i> durante o período de estiagem no semiárido nordestino.	Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Mestrado em Zootecnia, Fortaleza.
03 - 2013	SOMBRA, D.S.	Monitoramento do desenvolvimento de colônias de Abelhas africanizadas sobre a influência do sol e sombra na região semiárida do nordeste brasileiro (Mossoró-RN).	Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. p. 67f.

04 - 2014	SOUZA, M.F.P.; TURCO, S.H.N.; SILVA, E.M.S.; FREIRE, M.S.; COSTA, D.S.	Análise térmica do ambiente interno de caixas de abelhas de diferentes cores.	XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA, 2014.
05 - 2015	SANTOS, R. G.	Longevidade e produção de abelhas rainhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i> L.) em colmeias sob condições de sol e sombra no Semiárido do Nordeste brasileiro.	Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) - RN/UFERSA/BCOT/377, 2015.
06 - 2017	BORDIER C.; DECHATRE H.; SUCHAIL S.; PERUZZI M.; SOUBEYRAND S.; PIOZ M.; PÉLISSIER M.; CRAUSER D.; CONTE YL.; ALAUX C.	Colony adaptive response to simulated heat waves and consequences at the individual level in honeybees (<i>Apis mellifera</i>).	Scientific Reports, v. 7, n. 1, p. 3760, 19 dez. 2017.
07 - 2017	COOK, C.N.; BRENT, C.S.; BREED, M.D	Octopamine and tyramine modulate the thermoregulatory fanning response in honey bees (<i>Apis mellifera</i>)	The Journal of experimental biology, v. 220, p. 1925–1930, 2017.
08 - 2017	MENDES, J.V.Q.; ALMEIDA, K.S.; SOUZA, E.A.; BRASIL, M.O.G.; BRASIL, D.F.	Ambiência interna em colônias de abelhas <i>Apis mellifera</i> l. (<i>hymenoptera: apidae</i>) cobertas com materiais recicláveis em região semiárida.	Anais II CONIDIS – II Congresso internacional da diversidade do semiárido, 2017.
09 - 2017	DOMINGOS, H.G.T	Controle de temperatura pelas abelhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i>) em colmeias sob condições de sol e sombra no Semiárido Nordestino	Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, 2017.
10 - 2017	RAMIREZ, L.; NEGRI, P.; STURLA, L.; GUIDA, L.; VIGLIAROLO, T.; MAGGI, M.; EGUARAS, M.; ZOCCHI, E.; LAMATTINA, L.	Abscisic acid enhances cold tolerance in honeybee larvae.	Proceedings. Biological sciences, v. 284, n. 1852, 2017.
11 - 2017	MOHAMED	Agricultural Landscape and Pesticide Effects on Honey Bee (<i>Hymenoptera: Apidae</i>) Biological Traits.	Journal of economic entomology, v. 110, n. 3, p. 835–847, 2017.
12 - 2019	MELICHER; DACOTAH	Long-Distance Transportation Causes Temperature Stress in the Honey Bee, <i>Apis mellifera</i> (<i>Hymenoptera: Apidae</i>).	Environmental entomology, v. 48, n. 3, p. 681–701, 2019.
13 - 2020	FERREIRA CAMPOS, D.; SILVA, D. J.; KILL-SILVEIRA, R.	Arborização e enxames populosos garantem a termorregulação do interior do ninho de <i>Apis mellifera</i> .	Agroecossistemas, v. 12, n. 1, p. 33 – 46, 2020, ISSN online 2318-0188, v. V 12, p. 33–46, 2020.

14 - 2022	KAYA-ZEEB, S.; ENGELMAYER, L.; STRABBURGER, M.; BAYER, J. BÄHRE, H.; SEIFERT, R.; SCHERF-CLAVEL, O.; THAMM, M.	Octopamine drives honeybee thermogenesis.	eLife, v. 11, 2022.
-----------	--	---	---------------------

Tabela 2: Classificação dos estudos elencados

A intenção, na tabela 2, foi atender ao objetivo de: “*Classificar os principais autores e publicações que contribuíram acerca deste tema no recorte cronológico entre 2012 e 2022*”.

A tabela 3 resume os principais achados sobre as características metodológicas que compuseram as pesquisas dos artigos selecionados. A intenção é apresentar os diferentes objetivos e métodos utilizados ao longo do tempo, mostrando a importância da termorregulação para as abelhas *Apis mellifera* e os principais fatores que a interferem.

Item/ Ano	Objetivo	Método de investigação	Amostra
01 - 2013	Investigar a área de cria ideal a ser introduzida para o fortalecimento de colônias de <i>Apis mellifera</i> , considerando variações na ambiência interna da colmeia.	Colônias equipadas com <i>data loggers</i> para registro das variações de temperatura e umidade no interior das colmeias	08 colônias
02 - 2013	Investigar o papel da tampa interna da colmeia Langstroth na homeostase de colônias de abelhas africanizadas <i>Apis mellifera</i> no período de estiagem no Semiárido nordestino	Registraram temperatura e umidade relativa no interior das colmeias, a ventilação (intensidade e número de operárias ventilando), coleta de água (número de abelhas coletoras por horário, número de viagens por abelha, intervalo entre as viagens e tempo gasto para coleta), bem como o consumo das reservas de alimento entre as colmeias dos dois tratamentos.	20 colmeias
03 - 2013	Avaliar o efeito da ação direta do sol e da sombra em colônias de abelhas africanizadas (AHB).	Realizados monitoramentos mensais para avaliar o desenvolvimento das colônias e a cada 10 dias o levantamento das áreas de oviposição, cria aberta, cria operculada, mel e pólen.	16 colmeias
04 - 2014	Verificar a influência da cor da caixa de abelha (azul, branca e natural) e a presença ou não de gesso em sua cobertura, na temperatura interna e superficial da caixa para as condições climáticas do Semiárido Nordestino.	O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em parcela subdividida em esquema fatorial 3 x 2, onde foram testadas três cores de caixa (azul, branca e tradicional (sem pintura)) e dois tipos de tampa (madeira com adição de gesso e apenas tampa de madeira) sendo seis tratamentos e quatro repetições.	24 colônias

05 - 2015	Avaliar a influência de diferentes condições ambientais no semiárido nordestino (colônias de abelhas instaladas no sol e na sombra) no processo de produção de rainhas africanizadas de <i>Apis mellifera</i> , bem como no desempenho e longevidade destas rainhas nesse ambiente.	Para a produção de rainhas, foram utilizadas 10 colônias órfãs (5 no sol e 5 na sombra) e foram avaliados o percentual de aceitação de larvas, o desenvolvimento ontogenético e a taxa de sucesso das transferências de larvas (emergência) nestas duas condições. Para avaliação da longevidade, rainhas irmãs e com a mesma idade foram introduzidas em colmeias constituídas de um ninho modelo Langstroth contendo colônias de aproximadamente 30.000 abelhas, instaladas diretamente sob o sol e na sombra, sendo 5 colmeias em cada condição experimental. As rainhas em acompanhamento também tiveram o desenvolvimento de suas colônias registrado por meio de revisões <i>in loco</i> a cada 15 dias, realizando estimativas através de mapeamento da área ocupada nos quadros com postura, cria, pólen e mel, isso até as rainhas morrerem.	20 colônias
06 - 2017	Investigar as respostas das abelhas, um importante inseto polinizador, às ondas de calor simuladas (SHW)	Realizado durante as primaveras de 2015 e 2016 com colônias de abelhas híbridas (uma mistura de <i>Apis mellifera ligustica</i> e <i>Apis mellifera mellifera</i>). A cada ano, três colônias de tamanho e força semelhantes foram colocadas em colmeias de núcleos compostos por 5 quadros <i>Dadant</i> . As colmeias foram colocadas em um apiário interno (14m ²) para controlar sua temperatura ambiente, mas foram conectadas ao exterior pela entrada, para que as abelhas pudessem voar livremente.	Não relatado
07 - 2017	Examinar como as mudanças nas aminas biogênicas afetam esse comportamento de ventilação termorregulatória realizado pelo grupo em abelhas.	Operárias de abelhas da casta <i>fanning</i> (abanadoras) foram coletadas para determinar a quantificação de amina biogênica do cérebro, se as mudanças induzidas pela temperatura no comportamento de <i>fanning</i> (abanador) estavam associadas a mudanças nos níveis de aminas biogênicas.	10 colônias

08 - 2017	Verificar se há uma melhoria da ambiência interna em colônias de abelha <i>Apis mellifera</i> , cobertas com telhados feitos a partir de dois materiais recicláveis.	As colônias foram selecionadas quanto à uniformidade populacional e identificadas como A, B e C. Os tipos de coberturas utilizados foram: PET, papelão aluminizado e chapa de alumínio (pré-existente na tampa das colmeias e, por isso, será denominada como controle). Foi realizado um revezamento aleatório com os materiais de cobertura entre as colônias em experimentação, sendo que cada tipo de cobertura permaneceu por um período dez dias em cada uma das colônias	03 colônias
09 - 2017	Avaliar como as abelhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i> L.) realizam o controle de temperatura, sob duas condições distintas, expostas e protegidas da radiação solar direta em ambiente semiárido.	Foram registradas as temperaturas e umidades internas das três colônias, utilizando-se um termohigrômetro digital. A temperatura de superfície corpórea das abelhas foi aferida em três partes do corpo da abelha, cabeça, tórax e abdômen, utilizando-se um mini termômetro de infravermelho. As observações do comportamento social de ventilação foram classificadas em quatro níveis que variavam de nenhuma, a alta atividade ventilatória.	12 colônias.
10 - 2017	Explorar o papel do ABA em vitro-larvas criadas expostas a baixas temperaturas.	Larvas de abelha <i>Apis mellifera</i> (<i>A. mellifera ligustica</i> - <i>A. mellifera mellifera</i>) de 1 dia de idade (1º instar) foram coletadas de colônias. As larvas foram transferidas do favo de criação para placas de cultura de 48 poços. As placas de criação larval foram colocadas em dessecadores mantidos a uma umidade relativa de 96% em incubadora a 34º C. Os volumes diários de dieta fornecidos às larvas e a variação da composição da dieta foi feita de acordo com Aupinelet <i>et al.</i> A dieta foi suplementada ou não com 50mM de ácido (R,S)-abscísico (ABA, Sigma Aldrich). As larvas foram alimentadas do dia 1 ao dia 6.	48 larvas
11 - 2017	Estudar os efeitos da paisagem agrícola e exposição a pesticidas na saúde das abelhas.	Foram colocadas em três áreas agrícolas diferentes com diferentes níveis de intensidade agrícola (áreas AG) e uma área não agrícola (área NAG). As colônias foram monitoradas quanto ao seu desempenho e produtividade por um ano, medindo as mudanças de peso da colônia, produção de ninhada e termorregulação da colônia.	16 colônias
12 - 2019	Testar como a temperatura pode contribuir para o estresse do transporte	Sensores de temperatura foram colocados em colmeias em diferentes locais e orientações no trailer durante o transporte.	408 colmeias

13 - 2020	Identificar o local ideal da colmeia para se aferir a temperatura interna, e avaliar se a temperatura interna é afetada pelo tamanho da população de abelhas, e verificar se na região sudeste do Estado de Mato Grosso o manejo de manter as colmeias sob ambiente arborizado no verão ou em pleno sol no inverno contribui para a homeostase térmica.	Foram mensuradas as temperaturas no alvado e do ambiente e através de três furos, um na frente e outro a trás (ambos no centro), e o terceiro na parte de trás do lado direito inferior. Foram contados o número de quadros com crias (ovos, larvas e pupas). Os dados foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis, e posteriormente foi empregado o pós-teste de Nemenyi, utilizando o pacote PMCMR do software R versão 3.6.1	12 colmeias
14 - 2022	Apresentar a sinalização da octopamina como um pré-requisito neuroquímico para a termogênese das abelhas.	Induzir hipotermia ao esgotar a octopamina nos músculos de voo. E restaurar a capacidade de aumentar a temperatura corporal administrando octopamina.	08 grupos

Tabela 3: Características metodológicas dos artigos selecionados

Ao analisar a tabela 3, constata-se, em relação ao método de investigação, a utilização de pesquisa quantitativa de natureza exploratória. Já na amostragem, percebe-se que foram utilizados tamanhos e grupos (adultos, larvas) distintos para o desenvolvimento da pesquisa, conforme a demanda da estratégia adotada.

Na tabela 4 é listado os resultados mais relevantes obtidos nos estudos mencionados, bem como suas limitações e proposições para futuras pesquisas, objetivando verificar se o tema proposto possui potencial para novas linhas de pesquisas.

Item/ ano	Resultado	Limitações	Proposições
01 - 2013	Até três favos de cria, fortalecem as colônias de <i>Apis mellifera</i> , e não interfere na termorregulação do ninho, acelerando o crescimento populacional de colônias fracas sem afetar o desenvolvimento de colônias doadoras.	Dificuldade de mensurar os fatores que realmente influenciam na postura de ninhadas - redução da ingestão de alimentos na colônia, a perda da rainha, preparações para enxameação ou abandono da colmeia, entre outros.	Não houveram sugestões
02 - 2013	A tampa interna da colmeia Langstroth propicia que as abelhas dessas colmeias consigam melhores condições de homeostase interna do ninho desprendendo menor esforço que aquelas de colmeias sem tampa interna.	Primeiro estudo sobre o uso da tampa interna no Brasil. E os resultados podem variar de acordo com diversos fatores.	Novos estudos para avaliar os benefícios do uso da tampa interna.

03 - 2013	As colmeias expostas diretamente ao sol, foram as que mais apresentaram mudanças em seu comportamento natural e no desenvolvimento de suas colônias. O ambiente da sombra proporcionou o melhor índice de produtividade experimental das abelhas africanizadas no semiárido nordestino.	Conhecer os demais fatores que interferem no fenômeno da enxameação, principalmente os climáticos, relacionando assim, fatores meteorológicos com mecanismos fisiológicos, comportamentais e produtivos de abelhas africanizadas.	Novas investigações sobre o assunto, buscando-se mais esclarecimentos sobre a combinação e efeito sinérgico dos vários fatores determinantes das condições internas das colônias e do desenvolvimento das colônias.
04 – 2014	As caixas racionais de <i>Apis mellifera</i> deveriam ser pintadas externamente de branco para conservar melhor seu material, garantindo maior durabilidade. Além disso, cores claras refletem o calor, ajudando a manter a temperatura interna das colmeias próxima do conforto, nos períodos mais quentes. O gesso não influenciou na quantidade de calor absorvido pelas colmeias, não provocando redução na temperatura superficial das mesmas.	Dados controversos de autores anteriores.	Não houveram sugestões
05 - 2015	A instalação de colmeias sob área sombreada ameniza as condições hostis do Semiárido da Caatinga, proporcionando melhor desempenho das colônias e rainhas, além de maior eficiência no processo de criação racional das rainhas de abelhas africanizadas de <i>Apis mellifera</i> .	O estresse térmico causado pelas altas temperaturas na região limitou o desempenho das colônias de abelhas africanizadas, provavelmente devido à dificuldade na termorregulação.	As condições ambientais devem ser consideradas tanto em estudos do comportamento das abelhas como em trabalhos de seleção para o aumento da produtividade. Realizar estudos para investigar as características fisiológicas que determinam esta diferença da vida útil de rainhas maiores criadas na sombra.
06 - 2017	As abelhas podem se adaptar notavelmente às ondas de calor sem custo no nível individual e no fluxo de recursos. No entanto, o recrutamento de forças forrageiras de inativas pode ser caro, diminuindo a capacidade de proteção da colônia contra pressões ambientais adicionais.	O limite foi que as ondas de calor foram simuladas apenas no nível da colônia e não no nível do campo.	Investigar o requerimento de custos sociais e fisiológicos relacionados ao mecanismo subjacente à manutenção da homeostase térmica da colônia.

07 - 2017	A alimentação direta de octopamina e tiramina induziu uma diminuição nas respostas de fanning (ventilar). Esta é a primeira evidência que o comportamento de abanar é influenciado por essas duas aminas biogênicas. A variação individual na expressão de aminas também fornece uma ligação mechanicista que ajuda a explicar como esse comportamento de grupo pode ser coordenado dentro de uma colônia.	O mecanismo que regula esses aspectos da resposta de fanning (abano) é desconhecido.	Explorar como a variação individual entre muitos trabalhadores optimiza a alocação de tarefas e a divisão do trabalho em insetos eussociais.
08 - 2017	Colmeias cobertas com telhado de papelão apresentaram menor variação na temperatura, notando-se uma amplitude térmica de apenas 2,8. Considerando os valores máximos de temperatura, observou-se que os telhados alternativos (PET e papelão) proporcionaram melhor condição térmica interna nas colmeias	Condições de forte estresse ocorreram pelas elevadas temperaturas do ambiente na ocasião.	Não houveram sugestões.
09 - 2017	Coletânea de dados individuais de temperatura de superfície das abelhas e dados de temperatura e umidade no interior das colmeias, constituindo em importantes subsídios para a compreensão de três aspectos: o abandono das abelhas na seca, a baixa produtividade no semiárido e a necessidade de construção de latadas para fornecimento de sombra nos apiários.	Não existe na literatura nenhum diagrama comparativo que demonstre como ocorre o controle de temperatura quando as colmeias estão situação de conforto e quando estão em situação de estresse térmico	Sugestões práticas – o apicultor deve desenvolver estratégias que minimizem os esforços das abelhas para tentarem controlar a temperatura seja a nível colonial, ou individual.
10 - 2017	O ABA aumentando a tolerância das larvas de abelhas a baixas temperaturas por meio de efeitos de priming (pré-ativação), ou seja, o ácido abscísico previne a diminuição da taxa de sobrevivência e recupera parcialmente o atraso no desenvolvimento de larvas estressadas pelo frio.	Não foram encontrados marcadores de estresse oxidativo. Isso ajudaria fornecendo todo um panorama de respostas ativadas pelo ABA em larvas de abelhas estressadas pelo frio	O tratamento com ABA pode atuar como um estímulo para o endurecimento pelo frio, desencadeando alterações fisiológicas que conduzem aos processos de tolerância ao frio. Este é um ponto que merece mais estudos.

11 - 2017	<p>Os resultados indicam que a composição da paisagem afetou significativamente o desempenho e o desenvolvimento das colônias de abelhas.</p> <p>Indicam que a paisagem com alta atividade urbana aumenta a produção de crias de abelhas, sem efeitos significativos no ganho de peso da colônia.</p> <p>Indicam que as culturas agrícolas fornecem um recurso valioso para as colônias de abelhas, mas há um trade-off (uma troca) com um risco aumentado de exposição a pesticidas.</p>	<p>Estudos recentes documentaram colônias significativamente maiores ganho de peso em paisagens compostas por mais de 50% de áreas urbanas do que colônias situadas em áreas que compreendem 50% e mais atividade agrícola na Dinamarca. Porém não documentaram claramente a natureza das culturas floridas, bem como as diferenças nas porcentagens das áreas agrícolas.</p>	<p>Sugestão prática - Do ponto de vista do aprimoramento de polinizadores, algumas plantas com flores não cultivadas foram identificadas como plantas atrativas para abelhas e podem ser melhoradas particularmente em áreas não cultivadas.</p>
12 - 2019	<p>As colmeias sofrem um estresse de temperatura considerável, possivelmente causado pelo fluxo de ar turbulento em locais expostos. O estresse no transporte deve ser considerado um componente importante das perdas anuais de colônias que podem ser mitigadas com estratégias de manejo aprimoradas.</p>	<p>Dificuldade de coleta de dados durante o transporte.</p>	<p>O impacto de outros estressores relacionados ao transporte, como vibração, exaustão, mudanças na umidade e pressão barométrica e confinamento, permanecem inexplorados.</p>
13 - 2020	<p>Identificou-se que ao avaliar a termorregulação em abelhas deve-se mensurar a temperatura no interior do ninho, onde estão as crias (ovos, larvas e pupas). Enxames pouco populosos não mantêm a homeostase térmica, ficando sujeitos a morte ou abandono do local habitado.</p>	<p>Não há uma padronização para a técnica de verificação da temperatura interna da colmeia</p>	<p>Sugestão prática - é recomendado que as divisões de enxame sejam realizadas no período do verão (e as colmeias deixadas na sombra), ou se fizer em outro período que mantenha enxames populosos.</p>
14 - 2020	<p>A temperatura, que é socialmente regulada dentro da colmeia, é um fator chave que influencia a ontogenia da ritmicidade circadiana das operárias.</p>	<p>Mais estudos são necessários para determinar a relação importância da temperatura na ontogenia da ritmicidade circadiana em comparação com outras colônias fatores.</p>	<p>Qual estágio exato de desenvolvimento e quais processos estão conduzindo a ontogenia do ritmo circadiano em operárias de abelhas é um assunto de pesquisa adicional.</p>
15 - 2022	<p>A sinalização da octopamina nos músculos de voo é necessária para a termogênese. A sinalização da octopamina a serviço da termogênese pode ser uma estratégia chave para sobreviver em um ambiente em mudança.</p>	<p>Há a incerteza da existência de uma relação causal entre as baixas concentrações de octopamina e a ausência de termogênese em abelhas recém-emergidas ou se esta observação é meramente uma correlação.</p>	<p>Avaliar o estresse térmico e, nesse contexto, as adaptações ao clima quente no curso das mudanças climáticas.</p>

Tabela 4: Resumo dos resultados e limitações

Nos próximos tópicos serão detalhadas as principais contribuições dos autores, de acordo com os objetivos dessa revisão sistemática:

- Analisar a importância da termorregulação no desenvolvimento e produtividade de abelhas (*Apis mellifera*);
- Verificar fatores que influenciam na termorregulação;
- Verificar se termorregulação influencia na enxameação.

Os fatores ambientais interferem fortemente no desenvolvimento das colônias de abelhas, limitando-o ou expandindo-o, afetando inclusive a produção de mel. Porém, segundo Santos (2015) se houver uma população forte e alimentação adequada, as abelhas conseguem manter um microclima ótimo no interior da colmeia, por meio da termorregulação, mesmo com as condições externas desfavoráveis. Em seus estudos, o autor supracitado relata que as crias são extremamente dependentes do controle da temperatura, devendo ser mantida em média a 34,5°C, o que torna indispensável a regulação exata dessa temperatura pelas abelhas, para que haja o desenvolvimento adequado dos indivíduos. O autor constatou que temperaturas acima de 36°C são prejudiciais à cria, causando anomalias no desenvolvimento e, em alguns casos, levando à morte, quando aplicadas em um longo período de tempo (Santos, 2015).

Santos (2015) identificou que nas condições adversas do semiárido, o desenvolvimento ontogenético das rainhas é afetado, devido, provavelmente, a dificuldade de alcançar a termorregulação adequada. De fato, temperaturas altas, além de requererem um extremo esforço da colônia para realizar o resfriamento do ninho, podem levar a vários problemas fisiológicos nos indivíduos, como por exemplo redução no ganho de peso. Deste modo, tendo em vista, a enorme interferência que o clima pode causar no desenvolvimento fisiológico das rainhas, as condições ambientais devem ser consideradas tanto em estudos do comportamento das abelhas como em trabalhos de seleção para o aumento da produtividade (Santos, 2015).

Definir a sensibilidade térmica de organismos com capacidade limitada de regular a temperatura interna do corpo, é essencialmente importante, pois, os insetos, por exemplo, são os mais propensos a responder às mudanças climáticas (Bordier *et al.*, 2017). Foi relatado que as abelhas podem ser afetadas, pelas mudanças climáticas, tais como, ondas de calor, mas, devido à sua capacidade de amortecimento social, provavelmente são menos suscetíveis e mais resistentes às pressões ambientais do que outros insetos. Porém essa adaptação tem um custo elevado e está longe de ser compreendida (Bordier *et al.*, 2017).

No trabalho conduzido por Bordier *et al.* (2017) foi investigado as respostas das abelhas à ondas de calor simuladas (SHW) e observaram um aumento de 70% no tráfego de forrageiras em resposta à SHW. Assim, quando a necessidade de um recurso aumenta, as operárias geralmente são recrutadas de um grupo de indivíduos previamente inativos. Logo, a SHW estimularia o recrutamento de forrageadoras para fornecer água suficiente

à colônia e permitir a termorregulação da ninhada (Bordier et al., 2017). Caso a colmeia esteja enfrentando outras pressões ambientais o recrutamento de forrageadoras gera um custo elevado, pois parte dessa mão-de-obra inativa recrutada poderá morrer no campo, comprometendo assim o tamanho da população.

Segundo Mendes et al. (2017), para o desenvolvimento da atividade apícola faz-se necessário o controle de variáveis climáticas no ambiente de produção, especialmente a temperatura e a umidade. Quando inseridos de maneira não regulada, esses fatores influenciam diretamente no nível de estresse aos indivíduos, e contribuem, inclusive, com a exameação de abelhas *Apis mellifera*.

As abelhas apresentam mecanismos de controle às flutuações da temperatura. Nos dias com temperaturas amenas os indivíduos são agrupados e nos dias com temperaturas elevadas, as abelhas batem as asas para ventilação, dispersão de água, além da evacuação parcial do ninho. A temperatura interna da colônia entre os limites de 33° a 36° C garante o pleno desenvolvimento de todas as atividades, temperaturas acima de 37 °C interrompem a metamorfose larval; e temperaturas ultrapassando os 40 °C podem amolecer os favos carregados de mel, causando um colapso. Esses dados demonstram a importância do direcionamento de alternativas que possibilitam o arrefecimento dos ninhos para os horários que apresentam temperaturas mais altas (Mendes, et al/2017). Adicionalmente, foi constatado por Mendes et al. (2017) que a dinâmica de variação da temperatura funciona em sentido reverso, ou seja, quanto mais frio é o ambiente externo, mais aquecida é a área de crias da colônia. Isso se deve à alta capacidade termorregulatória das colônias, mesmo sob amplitudes térmicas estreitas caracterizando a importância do controle da temperatura para o sucesso de diversos processos biológicos na colônia, além de garantir a homeostase.

De acordo com Domingos (2017), abelhas são verdadeiramente eficientes quando o assunto é termorregulação, porém existe um limite. Se o ambiente permanece em condições adversas, chegará a um ponto em que todos os mecanismos que envolvem o controle de temperatura não serão mais eficientes, e as abelhas abandonarão a colmeia. A autora demonstrou que as temperaturas internas das colmeias ao sol chegam a 39,5°C, podendo ocorrer a enxameação por abandono tornando-se um fator limitante para a apicultura.

Domingos (2017) afirma que é essencial compreender a importância dos mecanismos de termorregulação em locais onde os fatores climáticos podem comprometer a criação racional de abelhas. Este entendimento deve levar em consideração dados quantitativos da temperatura de superfície das abelhas em relação as variações ambientais e não somente o microclima interno, pois os dados de temperatura em uma colmeia devem ser analisados como um todo.

Os custos para manter a temperatura corporal e interna da colônia dentro de limites ótimos representam um verdadeiro desafio para as abelhas. Elas precisam utilizar vários mecanismos de dissipação de calor, o que envolve desvio da energia que deveria

ser utilizada para os aspectos produtivos e reprodutivos da colônia. A energia desviada passa a ser utilizada para o arrefecimento da colônia, consumindo tempo e gerando “prejuízos” para a colônia e, consequentemente, para o apicultor (Domingos, 2017). Para a autora supracitada, é uma característica marcante das abelhas, baseado nos esforços termorregulatórios, agir em função da manutenção do bem-estar da colônia. Já que, segundo Domingos (2017) o controle da temperatura dentro do ninho e a socialidade das abelhas estão intimamente relacionadas, sendo essencial para sobrevivência da colônia.

Ferreira *et al.* (2020) observaram que existem pontos específicos para aferir a temperatura interna das colmeias sem que ocorra mudanças drásticas de temperatura em seu interior. Além disto, conforme se aumenta o número de quadros haverá redução da variação das temperaturas ao longo do dia, sugerindo que quanto maior o número de abelhas na colmeia maior é a capacidade de se alcançar a homeostase térmica. Adicionalmente, constataram que populações pequenas de abelhas sofrem maior variação de temperatura, ficando sujeitas a morte ou abandono, e que abelhas africanizadas são menos eficientes no processo de termorregulação quando comparadas a europeias.

Uma pequena população de operárias e pouco alimento armazenado podem levar a má termorregulação e, consequentemente, ao abandono dos ovos, larvas e pupas recebidos de outras colmeias, visto que uma colônia pequena não é capaz de manter o equilíbrio térmico do ninho e nem de nutrir e aquecer adequadamente todas as larvas e pupas (Brasil *et al.*, 2013). Todavia, a adição de até três favos de cria constitui uma importante alternativa para o fortalecimento das colônias, sem interferir na termorregulação do ninho, além de contribuir com o crescimento populacional em colônias fracas, sem afetar o desenvolvimento de colônias fortes, doadoras (Brasil *et al.*, 2013).

Outro fator pouco estudado, mas que merece destaque por influenciar diretamente na termorregulação, é o uso da tampa interna da colmeia *Langstroth* (Figura 7). Foi demonstrado que as abelhas de colmeias com o uso da tampa interna conseguem melhores condições de homeostase interna do ninho, desprendendo menor esforço que aquelas de colmeias sem tampa interna (Fernandes, 2013).

Didaticamente, a (Figura 7) apresenta as partes integrantes da colmeia de *Langstroth*, a saber: 1 assoalho ou fundo, 1 ninho ou câmara de cria com 10 quadros, 1 tela excluidora de rainha, 2 melgueiras com 10 quadros cada, 1 tampa interna e 1 tampa externa. A tampa interna é feita de madeira (cortiça) com uma espessura de 2 cm e vem imediatamente abaixo da tampa externa, do mesmo comprimento e largura das demais partes integrantes da caixa *Langstroth*. Possuindo um orifício no centro, usado colocar a fumaça dentro da colmeia no início de uma revisão (Fernandes, 2013).

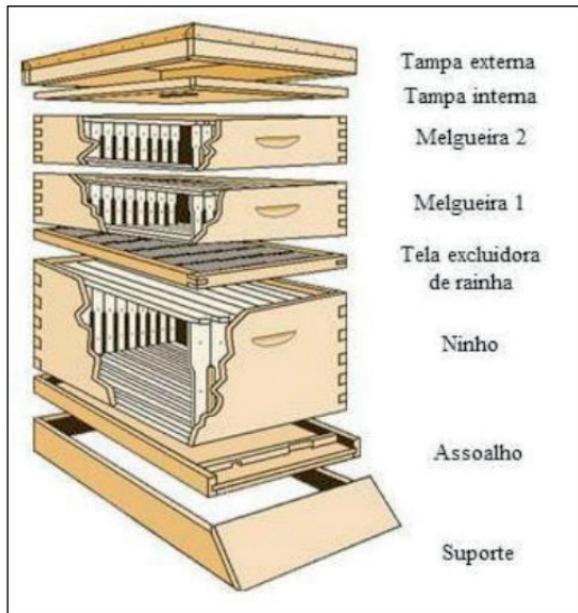


Figura 6: Partes integrantes da colmeia de Langstroth

Fonte: adaptado (FERNANDES, 2013)

Fernandes (2013) relata que as abelhas *Apis mellifera* mantêm a temperatura interna do ninho em função das condições climáticas externas. Sob frio intenso há a suspensão da postura da rainha e produção de cria, enquanto que a temperatura interna do ninho pode cair a 5 °C. Foi demonstrado que as abelhas conseguiram manter as temperaturas internas das colmeias em intervalos de condições de ambiente temperado e quanto em ambientes extremamente quente, afirmado a habilidade dessas abelhas de termorregular seus ninhos. Logo, sob as mesmas condições climáticas, as abelhas das colmeias com tampa interna conseguiram alcançar uma média de temperatura da colônia显著mente mais próxima daquela de colônias mantidas em condições de temperatura amena (Fernandes, 2013).

Sombra (2013) deixou claro em seu trabalho que os fatores sol e sombra são determinantes na sobrevivência e desenvolvimento das colônias, apontando que elas tiveram redução de 65% nas populações de abelhas da colmeia instalada à sombra e 90% da população instalada sob o sol. Além disso, foi demonstrado que a produção de mel acumulado nas melgueiras das colônias à sombra foi aproximadamente 45% superior àquelas verificada nas colônias submetidas ao sol, e que as abelhas africanizadas apresentam melhor adaptação ao ambiente sombreado, no semiárido nordestino.

O desenvolvimento de uma colônia de abelhas depende de vários fatores. Porém, regiões de clima quente, como o semiárido do Nordeste brasileiro onde o estresse térmico

é muito grande, a termorregulação desempenha um papel fundamental. Sendo assim, quando a colônia está sofrendo com altas temperaturas, as abelhas precisam de energia para realizar as atividades termorregulatórias, consumindo uma quantidade maior de mel. Mas em ambiente sombreado, o processo de termorregulação é satisfatório, exigindo menos tempo com a atividade termorregulatória, possibilitando o retorno das operárias às suas atividades de forrageamento, e, portanto, reposição do mel consumido. Além disso, as colônias postas na sombra apresentaram um rendimento e adaptação melhores que as colônias sob a ação direta do sol, ou seja, essas últimas fornecem menor rendimento ao apicultor (Sombra, 2013)..

De Souza *et al.* (2014) revelaram que, quando há aumento da temperatura interna, as abelhas realizam várias ações para minimizar esse efeito. Para ajudá-las nessa tarefa primordial, foi demonstrado que o uso de caixas pintadas de branco leva a uma melhoria na ambiência interna das colônias, nas horas mais quentes do dia. As cores claras refletem o calor, ajudando a manter a temperatura interna das colmeias próxima do conforto esperado. Os autores sugerem ainda o sombreamento para minimizar o efeito da radiação solar direta sobre essas caixas, e a instalação das colmeias sob coberturas altas para possibilitar maior ventilação e amenizar a sensação térmica. Mendes *et al.* (2017) relataram que é de extrema importância encontrar alternativas que possibilitem o arrefecimento dos ninhos para os horários que apresentam temperaturas elevadas, e para tanto, sugeriram o uso telhados alternativos (Polietileno Tereftalado - PET e papelão), pois estes proporcionaram melhor condição térmica interna nas colmeias.

Santos (2015) afirma que as colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) instaladas sob condições de sombreamento apresentam melhor performance de produção de rainhas, bem como rainhas com melhor desempenho reprodutivo, comparando-as com rainhas em colmeias submetidas à exposição ao sol. Ele foi capaz de demonstrar que houveram 396 realeiras provenientes de colônias em condições de sombreamento e apenas 302 realeiras a partir de colônias expostas ao sol, e que as colônias em área sombreada apresentam, no geral, melhor desempenho. Para Santos (2015) as condições climáticas, em regiões de clima quente, exigem das abelhas um maior esforço para a termorregulação das colônias, por isso, as colmeias expostas ao sol podem influenciar negativamente a porcentagem de aceitação das larvas transferidas. Neste sentido, o estresse térmico limita o desempenho das colônias de abelhas africanizadas e a termorregulação. Porém, com o sombreamento é possível melhorar não só a produção e desempenho de abelhas rainhas, como também a produtividade das colônias (Santos, 2015).

Ferreira *et al.* (2020) constataram que enxames pouco populosos não mantêm a homeostase térmica, ficando sujeitos a morte ou abandono. Logo, a manutenção das colmeias à sombra de árvores no período quente do ano contribui para manter a temperatura dentro dos limites ótimos para *Apis mellifera*. Neste sentido, Domingos (2017) demonstrou que quando as abelhas estão em ambiente sombreado ou de conforto, com radiação solar

direta nula, limita-se o superaquecimento, minimizando os esforços termorregulatórios que visam ativar mecanismos para perder calor (Figura 08). Deste modo, o desvio de energia, é evitado, o que diminui os prejuízos produtivos, fisiológicos, reprodutivos e comportamentais das colmeias expostas à condições climáticas extremas, tais como temperatura, umidade, falta de alimento, dentre outros.

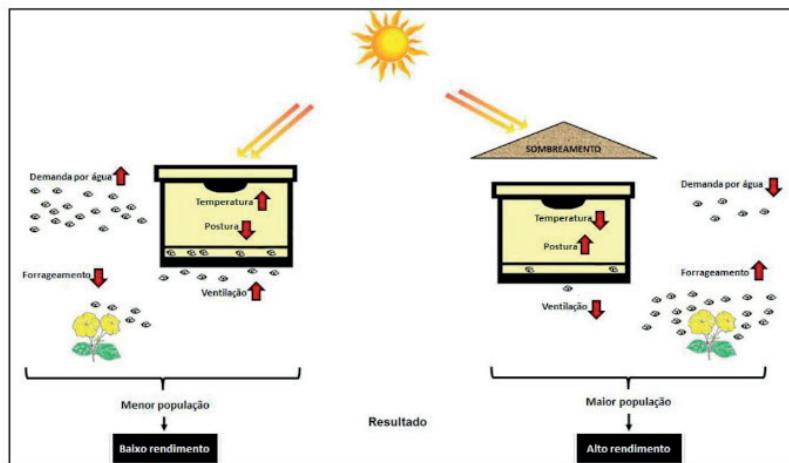


Figura 7: Esquema ilustrativo que simplifica as consequências da exposição de colmeias de abelhas *Apis mellifera* L. à radiação direta do sol e sob área sombreada.

Fonte: adaptado de (SANTOS *et al.*, 2017)

Todavia, numa colônia, um conjunto de comportamentos contribuem para o bem-estar coletivo e está relacionado à termorregulação do ninho. Mesmo sendo atividade de grupo, com função de sobrevivência, a colônia ainda assim está sujeita a propensões comportamentais individuais, como é o exemplo da termorregulação. Assim, pequenas diferenças individuais, na resposta fisiológica ao ambiente físico e social, podem afetar o bem-estar da colônia (Cook *et al.*, 2017). Neste sentido, Cook *et al.* 2017 demonstraram que o comportamento de abanar é influenciado por duas aminas biogênicas (octopamina e tiramina), e isso reflete no papel dos neurotransmissores na regulação da atividade locomotora dos insetos. A variação individual na expressão de aminas também fornece uma ligação mecanicista que ajuda a explicar como esse comportamento de grupo pode ser coordenado dentro de uma colônia. Deste modo, a alteração da resposta do grupo pela modulação de aminas biogênicas pode ter implicações na regulação da temperatura da colmeia como um todo (Cook *et al.*, 2017).

Kaya-Zeeb *et al.* (2022) the Western honeybee (*Apis mellifera*) afirmam que a sinalização da octopamina é um pré-requisito neuroquímico para a termogênese das abelhas. Esses autores foram capazes de induzir hipotermia, ao esgotar a octopamina nos músculos de voo, e restaurar a capacidade de aumentar a temperatura corporal,

administrando octopamina. Eles concluíram que, além do voo e da termogênese, outra função importante dos músculos do voo é a ventilação para fins de resfriamento. A octopamina é conhecida por aumentar a probabilidade de ventilação quando fornecida às abelhas operárias juntamente com a tiramina, ou seja, a sinalização da octopamina é necessária para a termogênese das abelhas (Kaya-Zeeb *et al.* 2022).

Ramirez *et al.* (2017) demonstraram que a suplementação com ácido abscísico (ABA), um componente natural do néctar, pólen e mel, aumenta a sobrevivência das colônias de abelhas no inverno. O ABA também acelera o desenvolvimento de indivíduos expostos a baixas temperaturas, permitindo que completem a metamorfose em menos tempo. Adicionalmente, o ABA possui efeitos benéficos sobre a aptidão do indivíduo e da colônia, podendo atuar como um composto multitarefa por meio da ativação de diferentes vias metabólicas, aumentando a resposta imunológica e protegendo contra estresses, como baixas temperaturas.

Ao longo dessa revisão sistemática, observou-se que outros fatores menos estudados também afetam a termorregulação, como por exemplo: as áreas com intensidade agrícola e o transporte apícola. Mohamed *et al.* (2017) apontaram que as melhores fontes de nutrição e rendimentos de néctar acontecem em áreas agricultáveis, pois nelas houve um maior desenvolvimento do tamanho populacional possibilitando uma melhor termorregulação da colônia. Já Melicher *et al.* (2019) relataram que os efeitos do transporte é uma área pouco estudada do manejo de polinizadores, porém com um impacto potencialmente grande na saúde e sobrevivência destes insetos. Ao considerarem que as colmeias podem ser realocadas várias vezes em uma temporada, se não forem respeitados o tempo de recuperação e alimentação adequados os efeitos do transporte podem se acumular causando doença, alta carga parasitária. Além disso, se o tamanho da colônia for pequeno, pode haver comprometimento da saúde e incapacidade de termorregulação durante o transporte.

Em concordância com as pesquisas realizadas, há dois tipos de enxameação conhecidas: a enxameação reprodutiva e enxameação por abandono ou migratória (Santos, 2015, 2020; Santos *et al.*, 2017). A primeira é uma estratégia reprodutiva que as abelhas melíferas realizam para fins de propagação e dispersão, e a segunda é a saída em massa de todos os indivíduos da colônia, demonstrando algum nível de estresse generalizado, que pode ser causado por diversos fatores como altas temperaturas, falta de alimento, predação, dentre outros. (Santos, 2015). Para Santos (2015), as altas temperaturas e falta de água são os principais fatores determinantes do abandono, recomendando-se a instalação de colmeias à sombra e fornecimento de água potável para minimizar a possibilidade de enxameação das abelhas africanizadas. Então, para evitar a enxameação migratória das abelhas, o uso de área sombreada e o fornecimento de água é o mínimo que o apicultor deve proporcionar às colônias.

Fernandes (2013) aponta que nos estados nordestinos, há uma perda estimada

de 75% das colmeias por abandono, devido às altas temperaturas e a falta de alimento no campo. Sombra (2013) afirma que são necessárias mais pesquisas para conhecer os demais fatores que interferem no fenômeno da enxameação, principalmente os climáticos, relacionando, assim, fatores meteorológicos com mecanismos fisiológicos, comportamentais e produtivos de abelhas africanizadas. Domingos (2017) afirma que quando as abelhas não atingem as condições ótimas de temperatura interna da colmeia e de umidade, acabam abandonando a colmeia em busca de melhores condições de sobrevivência.

Compreender a importância da termorregulação é profícuo para estudiosos que anseiam contribuir com detalhamento do comportamento das colônias de *Apis mellifera*, para produtores que necessitam manter e aumentar a produção de mel, aumentar a população de abelhas, melhorar o desempenho e produção de rainhas, contribuir para o desenvolvimento saudável das crias, dentre outros.

Existem fatores que podem contribuir e/ ou afetar a termorregulação, como temperaturas fora da faixa ótima, sombreamento das caixas, tipo de coberturas das colmeias, uso de tampa interna, a cor da caixa, hormônio (octopamina), altura de instalação, proximidade de áreas agricultáveis. Porém mostra-se necessário novas pesquisas que relacionem mais detalhadamente, alguns desses fatores com o comportamento termorregulador das colmeias.

Foi demonstrado que há relação entre a exameação e a termorregulação, especialmente quando as temperaturas estão elevadas. Porém, há um reconhecimento da falta de estudos que forneçam mais detalhes sobre tal relação e sobre outros fatores que podem influenciar o abandono migratório

A regulação térmica, em *Apis mellifera*, pode envolver uma gama de mecanismos. Apesar de muitos autores publicarem na última década sobre o assunto em questão, notou-se que existem lacunas que precisam ser preenchidas para entender o comportamento e fisiologia das abelhas africanizadas sob influência de altas temperaturas em ambiente tropical, especialmente em ambientes secos e quentes como é o caso do nordeste brasileiro. De fato, a maior parte dos estudos realizados sobre esse tema foram nas regiões de clima temperado e, portanto, fora do contexto brasileiro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Visando atender aos objetivos deste trabalho de conclusão de curso:

- Analisar a importância da termorregulação no desenvolvimento e produtividade das *Apis mellifera*;
- Verificar os fatores que influenciam na termorregulação;
- Verificar se a termorregulação influencia na enxameação;
- Caracterizar os principais autores e publicações que contribuíram com o tema

no recorte cronológico de 2012 a 2022 e

- Verificar se o tema proposto possui potencial para novas linhas de pesquisas.

Concluiu-se que a termorregulação tem importância vital para as abelhas *Apis mellifera*, tanto no desenvolvimento da população, quanto na produtividade. Os fatores que influenciam na termorregulação são: sombreamento das caixas, tipo de coberturas das colmeias, uso de tampa interna, a cor da caixa, hormônio (octopamina), altura de instalação, proximidade de áreas agricultáveis e transporte. Foram caracterizados os principais autores e suas contribuições ao longo da última década e verificou-se a necessidade de novos estudos envolvendo e detalhando a temática.

REFERÊNCIAS

ABREU, G.A.; **Manejo de polinizadores com ênfase em abelhas nativas do RS (HYMENOPTERA – APIDAE – MELIPONINI)**. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/88283>. Acesso em: 14/05/2022.

BACCARI JUNIOR, F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: UEL, p.142, 2001.

BORDIER C.; DECHATRE H.; SUCHAIL S.; PERUZZI M.; SOUBEYRAND S.; PIOZ M.; PÉLISSIER M.; CRAUSER D.; CONTE YL.; ALAUX C. **Colony adaptive response to simulated heat waves and consequences at the individual level in honeybees (Apis mellifera)**. Sci Rep. 2017.

BORROR, D.J.; DELONG, D.M. **Introdução ao estudo dos insetos**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, p.653, 1988.

BRASIL, D.F.; GUIMARÃES, M.O.; BARBOSA FILHO, J.A.D.; FREITAS B.M.. **Internal ambience of bee colonies submitted to strengthening management by adding broods**. Engenharia Agrícola, v.33, n.5, p.902–909, 2013.

COOK, C.N.; BRENT, C.S.; BREED, M.D. **Octopamine and tyramine modulate the thermoregulatory fanning response in honey bees (Apis mellifera)**. The Journal of experimental biology, v.220, p.1925–1930, 2017.

DE SOUZA, M. D. E. F. P. et al. **Análise térmica do ambiente interno de caixas de abelhas de diferentes cores**. XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014, 2014.

DOMINGOS, H.G.T. **Controle de temperatura pelas abelhas africanizadas (Apis mellifera L.) em colmeias sob condições de sol e sombra no Semiárido Nordestino**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, 2017.

Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO - **A importância das abelhas na biodiversidade e sua contribuição para a segurança alimentar e nutricional** - Disponível em: <https://www.fao.org/common-pages/search/es/?q=abelhas>. Acesso em: 20/05/2022.

FERENHOF, H.A; FERNANDES, R.F. **Passos para construção da Revisão Sistemática e Bibliometria**. V.3.05. Disponível em: http://www.igci.com.br/artigos/passos_rsb.pdf. Acesso em: 14/05/2022.

FERNANDES, N.S. **Uso da tampa interna da colmeia Langstroth na manutenção da homeostase em colônias de abelhas africanizadas *Apis mellifera* durante o período de estiagem no semiárido nordestino.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Mestrado em Zootecnia, Fortaleza., 2013.

FERREIRA CAMPOS, D.; SILVA, D. J.; KILL-SILVEIRA, R. **Arborização e enxames populosos garantem a termorregulação do interior do ninho de *Apis mellifera*.** Agroecossistemas, v. 12, n. 1, p. 33 – 46, 2020, ISSN online 2318-0188, v. V 12, p. 33–46, 2020.

HEINRICH, B. **Mechanisms of Body-Temperature Regulation in Honeybees, *Apis Mellifera* : II. Regulation of Thoracic Temperature at High Air Temperatures**. Journal of Experimental Biology, v. 85, n. 1, p. 73–87, 1980.

KAYA-ZEEB, S.; ENGELMAYER, L.; STRABBURGER, M.; BAYER, J.; BÄHRE, H.; SEIFFERT, R.; SCHERF-CLAVEL, O.; THAMM, M. **Octopamine drives honeybee thermogenesis.** Elife. 2022.

KRONENBERG, F.; CRAIG, H. **Termorregulação Colonial em Abelhas, *Apis mellifera*.** p. 65–76, 1982.

KRONENBERG, F.; HELLER, H. C. **Colonial thermoregulation in honey bees (apis mellifera).** Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology, Springer, v. 148, n. 1, p. 65–76, 1982.

MARDAN, M.; KEVAN, P. **Field trial of honey bee colonies bred for mechanisms of resistance against Varroa destructor.** Apidologie, v. 38, n. May, p. 67–76, 2007.

MELICHER, DACOTAH. **Long-Distance Transportation Causes Temperature Stress in the Honey Bee, *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae).** Environmental entomology, v. 48, n. 3, p. 681–701, 2019.

MENDES, J.V.Q.; ALMEIDA, K.S.; SOUZA, E.A.; BRASIL, M.O.G.; BRASIL, D.F. **Ambiência interna em colônias de abelhas apis mellifera I. (hymenoptera: apidae) cobertas com materiais recicláveis em região semiárida.** Anais II CONIDIS... Campina Grande: Realize Editora, 2017.

MOHAMED, A.; STECKEL, S.J.; WILLIAMS, M.T.; SKINNER, J.A.; TARPY, D.R.; MEIKLE, W.G.; ADAMCZYK, J.; STEWART, S.D. **Agricultural Landscape and Pesticide Effects on Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Biological Traits.** J Econ Entomol. v.3, p.835-847, 2017.

MOHER, D.; LIBERATI, A.; TETZLAFF, J.; ALTMAN, D.G. **Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA.** Epidemiologia e Serviços de Saúde, v. 24, n. 2, p.335–342, 2015.

NASCIMENTO, W. M. **Hortaliças: Tecnologia de Produção de Sementes.** Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2011.

PEREIRA, F. de M. et al. **Gargalos tecnológicos e não tecnológicos.** In: VILELA, S. L. de O.; ALCOFORADO FILHO, F. G. (Orgs.). Cadeia produtiva do mel no Estado do Piauí. Teresina: Embrapa Meio-Norte, p.30-47, 2000.

PEREIRA, F.M. **Gargalos tecnológicos.** In: VILELA, S. L. de O.; PEREIRA, F. de (Orgs.). Cadeia produtiva do mel no Estado do Rio Grande do Norte. Teresina: Embrapa Meio-Norte, p.66-92, 2002.

RAMIREZ, L.; NEGRI, P.; STURLA, L.; GUIDA, L.; VIGLIAROLO, T.; MAGGI, M.; EGUARAS, M.; ZOCCHI, E.; LAMATTINA, L. **Abscisic acid enhances cold tolerance in honeybee larvae**. Proc Biol Sci. 2017.

RAMOS, J.M.; CARVALHO, N.C. **Estudo morfológico e biológico das fases de desenvolvimento DE *Apis mellifera***. Revista Científica Eletrônica De Engenharia Florestal, v. 10, n. Vi, p.21, 2007.

Rayyan: Mourad Ouzzani, Hossam Hammady, Zbys Fedorowicz, and Ahmed Elmagarmid. **Rayyan — a web and mobile app for systematic reviews**. Systematic Reviews, 2016.

RICKETTS, T.H.; REGETZ, J.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S.A.; KREMEN, C., BOGDANSKI, A.; GEMMILL-HERREN, B.; GREENLEAF, S.S.; KLEIN, A.M.; MAYFIELD, M.M.; MORANDIN, L.A.; OCHIENG', A.; POTTS, S.G.; VIANA, B.F. **Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns?** Ecol Lett, v.5, p.499-515, 2008.

RODRIGUES, W. **Fatores que influenciam no desenvolvimento dos insetos**. Info Insetos, v.1, n.4, p.1-4, 2004.

SANTOS, R.G. **Longevidade e produção de abelhas rainhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) em colmeias sob condições de sol e sombra no Semiárido do Nordeste brasileiro**. Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) - RN/UFERSA/BCOT/377, 2015.

SANTOS, R.G.; DOMINGOS, H.G.T.; GRAMACHO, K.P.; & GONÇALVES, L.S. **Sombreamento de colmeias de abelhas africanizadas no Semiárido Brasileiro**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.12, n.5, p.828-836, 2017.

SANTOS, R.G.S. **Comportamento enxameatório de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) em zona urbana de mossoró-rn, região semiárida do nordeste brasileiro**. 2020.

SOMBRA, D.S. **Monitoramento do desenvolvimento de colônias de Abelhas africanizadas sobre a influência do sol e sombra na região semiárida do nordeste brasileiro (Mossoró-RN)**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido., p.67f, 2013.

TAUTZ, J. **The buzz about bees**. Bio/Technology, v.10, n.6, p.607, 1992.

WILLIAMS, G.R.; ALAUX, C.; COSTA, C.; CSÁKI, T.; DOUBLET, V.; EISENHARDT, D.; FRIES, I.; KUHN, R.; McMAHON, D.P.; e outros. **Standard methods for maintaining adult *Apis mellifera* in cages under in vitro laboratory conditions**. Journal of Apicultural Research, v.52, n.1, 2013.

JESSICA MANSUR SIQUEIRA CRUSOÉ - Zootecnista pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre e Doutora em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Atua como professora substituta da Universidade Federal de Viçosa (UFV- Campus Florestal). Tem experiência na área de Zootecnia, com ênfase em Nutrição e Alimentação Animal, atuando principalmente nos seguintes temas: Produção e nutrição de aves e suínos, bioclimatologia, avicultura com foco em avicultura de postura, produção de ovos em sistemas caipiras, nutrição e alimentação de poedeiras, desenvolvimento sustentável da avicultura familiar.

LEONARDO FRANÇA DA SILVA - Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal De Minas Gerais (UFMG). Engenheiro Segurança do Trabalho, especialista em Engenharia de Produção. Mestre em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista -UNESP. Doutor em Engenharia Agrícola (Construções Rurais e Ambiência) pela Universidade Federal de Viçosa. Pós Doutorando em Engenharia Agrícola pela Universidade da Grande Dourados. Atua como membro como membro colaborador dos grupos de pesquisa vinculado ao CNPq: Núcleo em Ambiência e Engenharia de Sistemas Agroindustriais - AMBIAGRO- UFV, Ergonomia e segurança industrial, Ergonomia e Segurança do Trabalho, Segurança e Saúde do Trabalho, Ergonomia Florestal - LABOERGO - UFV. Atuou como Professor Substituto de Magistério Superior na Universidade Federal de Viçosa, campus Florestal, lecionando as disciplinas de Desenho Técnico e Construções Rurais. Possui experiência nas áreas de Engenharia agrícola, com ênfase em Engenharia de Construções Rurais, Desenho técnico e Assistido por computador, Sustentabilidade em sistemas de produção (Agrícola / Animal), Segurança do trabalho e Ergonomia, Desenvolvimento rural, Energia renováveis na agricultura.

ARIADNA FARIA VIEIRA - Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG- 2013) e Mestra em Produção Vegetal pela mesma universidade (UFMG- 2015). Doutora em Genética e Melhoramento de Plantas pela Universidade Federal de Goiás (UFG-2019). Atualmente professora Adjunto I da Universidade Estadual do Piauí, Campus Cerrado do Alto Parnaíba- Uruçuí. Tem experiência na área de Genética e Melhoramento de Plantas, com ênfase em Genômica. Atua nos temas de biotecnologia e melhoramento de plantas.

A

- Abelhas africanizadas 28, 35, 36, 37, 39, 41, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54
Agricultura 28, 55
Animal 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 18, 19, 23, 24, 26, 35, 36, 52, 54, 55
Antioxidante 2, 5, 6, 7, 10

B

- Botânica 28

C

- Cera 28

- Ciências Agrárias 3, 23, 35, 53

- Colmeias 27, 28, 29, 30, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 54

- Conforto térmico 27, 28, 29, 30, 31

D

- Desenvolvimento sustentável 28, 54, 55

E

- Espermatozoides 2, 4, 22, 24

- Estresse oxidativo 1, 2, 6, 9, 42

- Extrato de jambolão 1, 2, 3, 4, 5, 6, 21, 22, 23, 24, 25, 26

F

- Farm animals 9, 10, 11, 15, 17

- Fertilidade 2, 3, 23

G

- Geleia real 28

M

- Malondialdeído 2, 4, 5, 6

- Mel 28, 37, 38, 44, 45, 47, 48, 50, 51, 53

- Metabolismo celular 25

- Microminerals 9

- Motilidade seminal 22

P

Pólen 28, 29, 37, 38, 50
Polinização 28, 29
Preservação 28
Própolis 28

R

Reprodução animal 3, 4, 6, 23, 24, 26

S

Selenium 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20
Sêmen 1, 2, 3, 4, 5, 6, 21, 22, 23, 24, 25, 26



ZOOTECNIA E AS PRÁTICAS INOVADORAS NO MANEJO ANIMAL 2

- 🌐 www.atenaeditora.com.br
✉ contato@atenaeditora.com.br
📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 FACEBOOK www.facebook.com/atenaeditora.com.br



ZOOTECNIA E AS PRÁTICAS INOVADORAS NO MANEJO ANIMAL 2

-
- 🌐 www.atenaeditora.com.br
 - ✉ contato@atenaeditora.com.br
 - 📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 - FACEBOOK www.facebook.com/atenaeditora.com.br