


Desenvolvimento e sanidade de abelhas africanizadas em ambientes contrastantes da Mata Atlântica

Development and health of Africanized bees in contrasting environments of the Atlantic Forest

Desarrollo y salud de abejas africanizadas en ambientes contrastantes de la Mata Atlántica


Tatiana de Mello Damasco

Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

 0000-0003-1508-1088


Márcia Regina Fanta

Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

 0000-0003-1664-134X

Caroline Maciel da Costa

Universidade Federal de Santa Catarina, Zootecnista, MSc.,
Departamento de Fitotecnia, Florianópolis, SC, Brasil.

 0000-0003-4260-1050


Caroline Ferreira Medina

Universidade Federal de Santa Catarina, Acadêmica de Zootecnia,
Departamento de Zootecnia e Desenvolvimento Rural, Florianópolis, SC, Brasil.

 0009-0005-4670-1341

Rubens Onofre Nodari

Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

 0000-0002-8884-2426

Resumo: As abelhas dependem de recursos florais para sua nutrição, o que influencia diretamente a sua imunidade. Além disso, fatores abióticos modulam o desempenho das colônias e a sanidade apícola. Ademais, as alterações antropogênicas podem modificar a composição, a qualidade e a disponibilidade desses recursos. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o desenvolvimento colonial e a sanidade de *Apis mellifera* em dois ambientes da Mata Atlântica. As avaliações ocorreram quadrimestralmente, entre dezembro de 2022 e novembro de 2024, em cinco colônias nos municípios de Florianópolis e Santa Rosa de Lima, Santa Catarina, Brasil. Foram avaliadas a população de abelhas adultas, área dos favos ocupada com cria aberta e fechada e com alimento armazenado (mel e pólen). A sanidade foi determinada com base na infestação de *Varroa destructor* e na incidência e prevalência de *Nosema* spp. No inverno, em Florianópolis, as temperaturas médias mais elevadas reduziram o esforço de termorregulação, favorecendo a expansão tanto da cria aberta quanto da cria fechada. Em Florianópolis, observaram-se maiores níveis de infestação por *V. destructor*, provavelmente devido ao microclima local e à disponibilidade de recursos florais. A prevalência de *Nosema* spp. em abelhas operárias variou de 45% a 63% em Florianópolis e de 30% a 85% em Santa Rosa de Lima, provavelmente influenciadas pela umidade relativa do ar e o estresse nutricional. Dessa forma, é essencial manter vigilância sanitária, adotando práticas de manejo ajustadas ao microclima e ao contexto local para sustentar a resiliência das colônias de *A. mellifera*, especialmente em ambientes antropizados.

Palavras-chave: Resiliência das colmeias; Recursos florais; Fatores abióticos; *Varroa destructor*; *Nosema* spp.

Abstract: *Bees depend on floral resources for their nutrition, which directly influences the development and health of colonies. In addition, abiotic factors modulate colony performance and bee health. Furthermore, anthropogenic alterations can modify the composition, quality, and availability of these resources. In this context, the objective of this study was to evaluate the colony development and health of Apis mellifera in two environments of the Atlantic Forest: Florianópolis and Santa Rosa de Lima, Santa Catarina, Brazil. The population of adult bees, the comb area occupied by open and capped brood, and stored food (honey and pollen) were evaluated. Evaluations were carried out quarterly between December 2022 and November 2024 in five hives in each environment. Health was analyzed based on Varroa destructor infestation and the incidence and prevalence of Nosema spp. In Florianópolis, higher levels of V. destructor infestation were observed, possibly associated with genetic differences, the local microclimate, and the availability of floral resources. The prevalence of Nosema spp. in worker bees varied from 45% to 63% in Florianópolis and from 30% to 85% in Santa Rosa de Lima, probably influenced by relative air humidity and nutritional stress. Therefore, it is essential to maintain health surveillance and to adopt management practices adapted to the microclimate and local context to sustain the resilience of A. mellifera colonies, especially in anthropized environments.*

Keywords: *Beehive resilience; Floral resources; Abiotic factors; Varroa destructor; Nosema spp.*

Resumen: *Las abejas dependen de los recursos florales para su nutrición, lo cual influye directamente en su inmunidad. Además, los factores abióticos modulan el rendimiento de las colonias y la salud de las abejas. Asimismo, las alteraciones antropogénicas pueden modificar la composición, calidad y disponibilidad de estos recursos. En este contexto, el objetivo de este estudio fue evaluar el desarrollo y la salud de las colonias de Apis mellifera en dos ambientes de la Mata Atlántica. Las evaluaciones se realizaron trimestralmente, entre diciembre de 2022 y noviembre de 2024, en cinco colonias de los municipios de Florianópolis y Santa Rosa de Lima, Santa Catarina, Brasil. Se evaluó la poblaciónw de abejas adultas, el área de los panales ocupada por cría abierta y cerrada, y con alimento almacenado (miel y polen). La salud se determinó con base en la infestación por Varroa destructor y la incidencia y prevalencia de Nosema spp. En invierno, en Florianópolis, las temperaturas promedio más altas redujeron los esfuerzos de termorregulación, favoreciendo la expansión de la cría abierta y cerrada. En Florianópolis, se observaron mayores niveles de infestación por V. destructor, probablemente debido al microclima local y a la disponibilidad de recursos florales. La prevalencia de Nosema spp. en abejas obreras osciló entre el 45 % y el 63 % en Florianópolis y entre el 30 % y el 85 % en Santa Rosa de Lima, probablemente influenciada por la humedad relativa del aire y el estrés nutricional. Por lo tanto, es fundamental mantener la vigilancia sanitaria, adoptando prácticas de manejo adaptadas al microclima y al contexto local para preservar la resiliencia de las colonias de A. mellifera, especialmente en ambientes antropizados.*

Palabras clave: *Resiliencia de la colmena; Recursos florales; Factores abióticos; Varroa destructor; Nosema spp.*

1 INTRODUÇÃO

A qualidade dos produtos apícolas, a nutrição das abelhas e o desenvolvimento das colônias estão diretamente relacionados com a composição da vegetação no entorno dos apiários (Arena *et al.*, 2023). Em áreas do Bioma Mata Atlântica que ocorrem em Santa Catarina, é comum os fragmentos florestais estarem em estágios sucessionais tardios ou intermediários, circundados por áreas de paisagens modificadas por diferentes tipos de usos do solo (Macedo *et al.*, 2018; Rezende *et al.*, 2018).

Diante deste cenário, a ação antrópica causa alterações no conjunto de componentes necessários à sobrevivência das abelhas existentes nas paisagens naturais (Faita; Chaves; Nodari, 2021). A desnutrição compromete a imunidade destes polinizadores e favorece a proliferação de parasitos e patógenos. Dessa forma, o ácaro *Varroa destructor* (Arachnida: Varroidae) e o microsporídeo do gênero *Vairimorpha* (*Nosema* spp.), são considerados os mais importantes na sanidade de *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) e capazes de causar perdas econômicas (Silva *et al.*, 2025).

O ácaro *V. destructor* é um ectoparasita de *A. mellifera*, que se alimenta de seus tecidos (hemolinfa e corpo gorduroso), reduzindo a síntese de proteínas de imunidade. O ácaro atua ainda como vetor do vírus da asa deformada, o que contribui para o enfraquecimento e possível colapso das colônias (DeGrandi-Hoffman; Chen, 2015; Traynor *et al.*, 2020). Além disso, os microsporídeos de *Nosema* spp. parasitam o intestino médio das abelhas e comprometem sua imunidade (Lage *et al.*, 2024; Lannutti *et al.*, 2025). A doença provoca alterações metabólicas, enfraquece as abelhas e reduz sua longevidade, sendo agravada por fatores estressantes como agrotóxicos, podendo causar a mortalidade de colônias (Martín-Hernández *et al.*, 2018; Faita *et al.*, 2020).

Diante do exposto, fica evidente que apesar do crescente reconhecimento de que a estrutura da paisagem influencia a nutrição e a imunocompetência de *A. mellifera*, ainda não está esclarecido como ambientes contrastantes da Mata Atlântica fragmentada modulam, ao longo do tempo, a interação entre desenvolvimento colonial e a dinâmica de *V. destructor* e *Vairimorpha* spp. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o desenvolvimento colonial e a sanidade de *A. mellifera* em diferentes épocas ao longo de dois anos em ambientes contrastantes da Mata Atlântica catarinense e caracterizados por paisagens e condições microclimáticas distintas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em dois apiários localizados nos municípios de Florianópolis, FLN, (27°53'80"S; 48°50'30"W; 20 m.a.n.m.) e Santa Rosa de Lima, SRL, (28°00'13"S; 49°07'56"W; 230 m.a.n.m.). Segundo Köppen, as regiões apresentam clima subtropical mesotérmico úmido (Cfa). Antes do início das avaliações (em agosto de 2022), em cada apiário foram selecionadas cinco colônias de *A. mellifera* utilizando como critério sua força (população de adultas, cria aberta e fechada, alimento estocado) conforme o método subjetivo proposto por Delaplane, Van der Steen e Guzmán (2013). Todas as colônias receberam rainhas irmãs e foram manejadas para manter a homogeneidade de suas populações. Durante o bioensaio, não foram fornecidas suplementações alimentares de quaisquer naturezas, o que permitiu conhecer o efeito do ambiente e flora adjacente aos apiários sobre as colônias.

Na avaliação do desenvolvimento colonial em *A. mellifera* foram realizadas sete avaliações quadrimestrais do desenvolvimento e da força das colônias, nos meses de novembro de 2022; março, julho e novembro de 2023; e março, julho e novembro de 2024, conforme o método subjetivo proposto por Delaplane, Van der Steen e Guzmán (2013). Foram realizadas seis avaliações de sanidade por quadrimestre, exceto em novembro de 2022.

A avaliação da infestação por *V. destructor* em abelhas adultas foi estimada por meio da contagem do número de abelhas e de ácaros para cada amostra separadamente (Dietemann *et al.*, 2013). O índice de infestação (%) do ácaro *V. destructor* em crias de abelhas operárias foi obtido por meio do método adaptado de De Jong, De Andrea Roma e Gonçalves (1982). A incidência e a prevalência de *Nosema* spp. foram determinadas conforme o protocolo descrito por Fries *et al.* (2013).

Os ambientes foram tratados como grupos independentes nas análises estatísticas. A normalidade foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk, e conforme a distribuição, as comparações entre locais foram realizadas pelo teste de Mann-Whitney ($\alpha = 0,05$) ou pelo teste exato de Fisher. A prevalência de *Nosema* spp. foi estimada a partir das proporções de abelhas positivas por colmeia (20 abelhas/colmeia), com intervalos de confiança de 95% pelo método de Wilson. As diferenças entre ambientes foram avaliadas pelo teste exato de Fisher. As análises foram realizadas no RStudio (2024).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Avaliação do desenvolvimento e sanidade de *Apis mellifera*

A média de abelhas adultas e presença de mel/pólen foi similar entre os dois ambientes. Em Florianópolis, as colônias apresentaram maior área de cria aberta e fechada nos meses de novembro/2022 ($p = 0,036$ e $p = 0,017$) e julho/2023 ($p = 0,029$ e $p = 0,036$), quando comparadas com colônias de Santa Rosa de Lima. Ainda, para cria fechada, as colônias de Florianópolis apresentaram área superior em julho de 2024 ($p = 0,034$) (Tabela 1).

Tabela 1 - Média e erro padrão (\pm EP) da média dos quadros com abelhas adultas, cria aberta, cria fechada, néctar e pólen em colônias de *Apis mellifera* em Florianópolis (FLN) e Santa Rosa de Lima (SRL), com avaliações quadrimestrais de dezembro de 2022 a novembro de 2024

Período	Ambiente	Abelhas adultas		Cria aberta		Cria fechada		Mel/pólen	
		Média	(\pm EP)	Média	(\pm EP)	Média	(\pm EP)	Média	(\pm EP)
Nov/22	FLN	8,2 ^{ns}	0,5	1,8a	0,2	2,3a	0,4	1,3 ^{ns}	0,4
	SRL	7,9	0,3	0,9b	0,3	0,8b	0,3	0,9	0,4
Mar/23	FLN	8,0	0,7	2,0a	0,3	2,0a	0,6	1,6	0,7
	SRL	8,5	1,0	1,4a	0,5	2,9a	0,6	3,4	0,7
Jul/23	FLN	6,6	0,7	1,7a	0,2	1,1a	0,3	2,6	0,7
	SRL	7,1	0,6	1,1b	0,1	0,4b	0,1	3,6	0,7
Nov/23	FLN	7,0	1,3	1,3a	0,4	1,5a	0,6	1,2	0,6
	SRL	7,8	0,8	1,9a	0,2	1,8a	0,4	1,9	0,6
Mar/24	FLN	5,8	1,2	1,0a	0,4	1,2a	0,5	0,9	0,7
	SRL	9,1	0,9	1,8a	0,2	2,4a	0,5	2,5	0,5
Jul/24	FLN	6,6	0,7	0,6a	0,2	0,4a	0,1	2,3	0,8
	SRL	6,4	0,8	0,4a	0,2	0,1b	0,1	2,3	0,7
Nov/24	FLN	5,7	1,8	1,6a	0,6	1,9a	0,8	1,4	0,5
	SRL	8,5	0,7	2,5a	0,3	2,6a	0,5	1,1	0,3

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Nota: *Médias seguidas de letras diferentes, na mesma variável e época de avaliação, diferem entre FLN e SRL (Mann-Whitney, $p < 0,05$), ns, sem diferença significativa entre as médias.

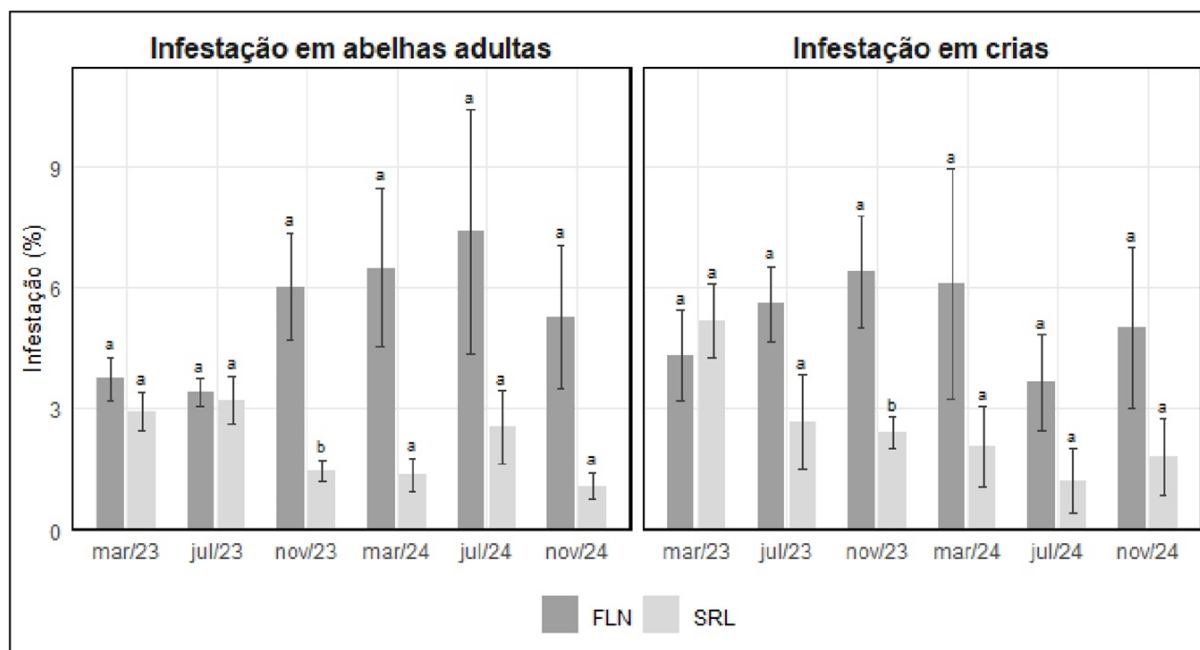
A partir dos dados meteorológicos da Epagri/Ciram, observou-se que nos intervalos sazonais outono-inverno (abr./23 a jul./23 e abr./24 a jul./24), que antecederam as avaliações de julho de 2023 e julho de 2024, Florianópolis apresentou temperaturas médias 2-3°C acima de Santa Rosa de Lima. Estas condições ambientais podem ter reduzido o esforço de termorregulação, favorecendo a manutenção e a expansão da área de crias (Jarimi; Tapia-Brito; Riffat, 2020). Adicionalmente, temperaturas mais elevadas no inverno promovem início precoce e prolongamento do período de produção de ninhada nas colônias (Minaud *et al.*, 2024; Rajagopalan *et al.*, 2024).

Já em Santa Rosa de Lima, a menor área de crias observada nas colônias pode ser decorrente das menores temperaturas médias, que foram mais baixas (17°C), com mínimas de 0°C e ocorrência de geadas. As pupas são sensíveis a baixas temperaturas (Stabentheiner *et al.*, 2021), o que ajuda a explicar as reduções sazonais de criação de ninhadas nesse local.

Avaliação do índice de infestação do ácaro *Varroa destructor*

Apenas no mês de novembro de 2023, houve diferença entre os dois locais de estudo, com os valores de infestação por *V. destructor* em Florianópolis 4,5% acima dos observados em abelhas adultas e 4,0% acima dos observados em crias de operárias, em comparação à Santa Rosa de Lima ($p = 0,01$) (Figura 1).

Figura 1 - Infestação do ácaro *Varroa destructor* (%) em abelhas adultas e em células de crias operárias de *Apis mellifera* nos apiários localizados em Florianópolis (FLN) e em Santa Rosa de Lima (SRL), com avaliações quadrimestrais de dezembro de 2022 a novembro de 2024



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Nota: *Médias seguidas de letras diferentes, na mesma característica e época de avaliação, apresentam diferenças estatisticamente significativas pelo teste Mann-Whitney ($p < 0,05$).

Nessa época, correspondente ao período da primavera, ocorre a expansão natural da população de abelhas, com o aumento nas quantidades de cria aberta, cria fechada e células de zangões, promovendo aumento da população de ácaros (Calis; Fries; Ryrle, 1999). O ácaro apresenta preferência por células de zangões por obter maior sucesso reprodutivo (Calderón *et al.*, 2007). Esse tipo de célula permanece operculada por mais tempo, o que favorece o crescimento populacional do ácaro (Fuchs, 1990; Martin, 1995).

Avaliação da incidência e prevalência de *Nosema* spp.

A incidência de *Nosema* spp. em *A. mellifera* variou entre os dois locais do estudo e ao longo dos períodos avaliados. Foram observadas diferenças nos meses de julho de 2023, março e julho de 2024, com valores médios mais elevados em Santa Rosa de Lima, e em novembro de 2024, quando o maior valor médio ocorreu em Florianópolis ($p < 0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2 - Número de esporos (milhões/abelhas) de *Nosema* spp. em abelhas operárias de *Apis mellifera* nos apiários de Florianópolis (FLN) e Santa Rosa de Lima (SRL), com avaliações quadrimestrais de dezembro de 2022 a novembro de 2024

Local	Incidência por <i>Nosema</i> spp.					
	Mar/23	Jul/23	Nov/23	Mar/24	Jul/24	Nov/24
FLN	8,4 ^{ns}	25,5 b	12,6 ^{ns}	1,9 b	8,6 b	6,8 a
SRL	7,8	55,2 a	12,2	8,5 a	35,4 a	1,8 b

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Nota: *Médias seguidas de letras diferentes, na mesma época de avaliação, apresentam diferenças estatisticamente significativas pelo teste Mann-Whitney ($p < 0,05$), ns, sem diferença estatística entre as médias.

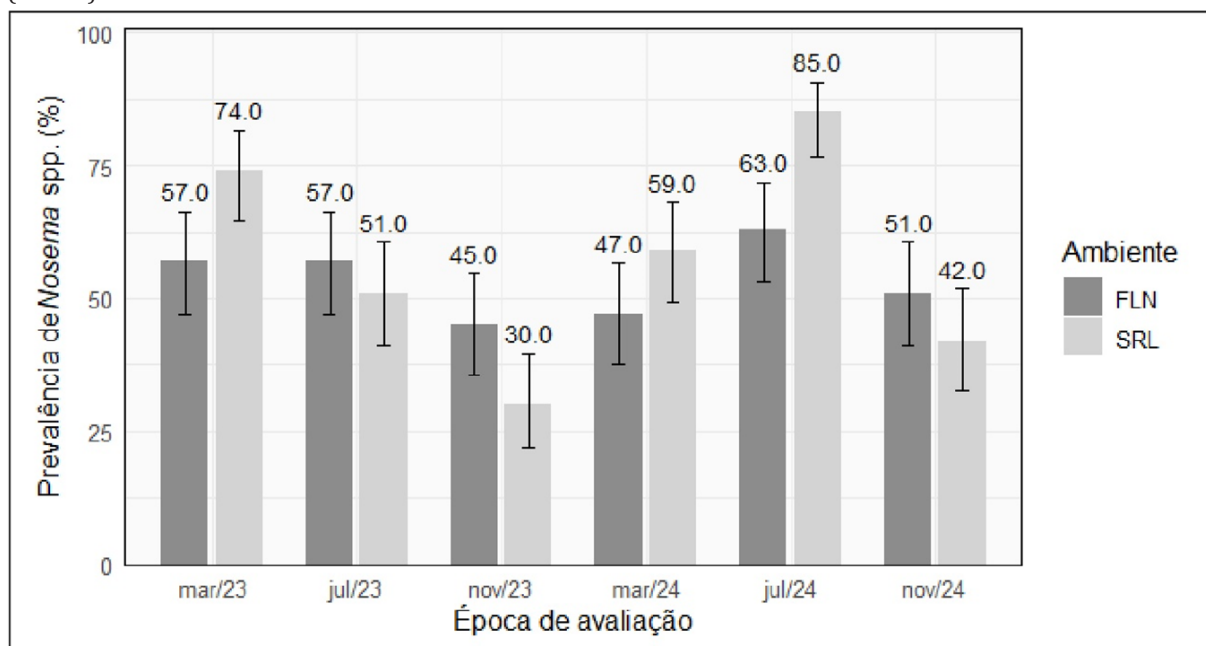
As condições ambientais influenciaram a carga de *Nosema* spp. (esporos/abelha), que variou conforme o microclima de cada ambiente. As cargas de esporos mais elevadas foram registradas em Santa Rosa de Lima, com valores 76% superiores em julho de 2023 e 54% superiores em julho de 2024, quando comparados com Florianópolis. Em Santa Rosa de Lima, o frio mais acentuado reduziu os voos de forrageio e pode ter comprometido os voos de higienização para defecção, o que aumenta a epidemiologia de nosemose (Punko *et al.*, 2021). De acordo com Retschnig *et al.* (2017), as intensidades de *Nosema* spp. se relacionam negativamente com a proporção de dias favoráveis ao voo de *A. mellifera* ($>10^{\circ}\text{C}$), indicando que temperaturas mais baixas aumentam a infecção.

No intervalo sazonal de verão-outono, (dez/23 a mar/24), Santa Rosa de Lima apresentou valores superiores de temperatura média ($22,7^{\circ}\text{C}$), e umidade relativa média (88%), em comparação às demais estações. Essas condições, temperaturas e umidade elevadas, típicas da época são favoráveis e determinantes à persistência do patógeno (Jabal-Uriel *et al.*, 2022; Tosun; Yaman, 2016), conforme observado no presente trabalho.

Avaliação da prevalência de *Nosema* spp.

Ao longo das seis avaliações, a prevalência de *Nosema* spp. em *A. mellifera* variou entre ambientes e épocas do ano (Figura 2).

Figura 2 - Prevalência de *Nosema* spp. em abelhas operárias em *Apis mellifera* nos apiários de Florianópolis (FLN) e Santa Rosa de Lima (SRL), com avaliações quadrimestrais de dezembro de 2022 a novembro de 2024. Barras de erro: IC95% (Wilson)



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

No mês de julho de 2024, as abelhas coletadas em Santa Rosa de Lima apresentaram maior prevalência de *Nosema* spp., com superioridade de 22% em comparação com as de Florianópolis. Pelo teste exato de Fisher, esse foi o contraste mais robusto entre os ambientes, indicando prevalência significativamente maior (OR = 0,30; IC95%: 0,14-0,62; $p = 0,001$). A significância permaneceu mesmo após as correções por FDR ($p_{\text{BH}} = 0,003$) e Bonferroni ($p = 0,003$), confirmando a consistência do efeito.

Além das temperaturas mais baixas durante o inverno, o apiário em Santa Rosa de Lima é cercado por plantações comerciais de *Eucalyptus* spp., que fornecem néctar e pólen no outono. Nessa condição, a prevalência alcançou 74% em março de 2023 e 85% em julho de 2024, sugerindo que parte dos resultados pode estar associado às condições nutricionais determinadas pela presença massiva de *Eucalyptus* spp. Branchiccela *et al.* (2019) observaram que colônias mantidas em áreas de monocultivo de *Eucalyptus grandis*, apresentaram alterações na microbiota intestinal com maiores níveis de infecção por *Nosema* spp. quando comparadas às colônias com acesso a pólen polifloral. Além disso, a falta de nutrientes afeta diretamente a microbiota e a imunidade e causa a infecção por *N. ceranae*, especialmente em áreas de monocultivo com limitada disponibilidade de diversidade de recursos florais (Castelli *et al.*, 2020).

4 CONCLUSÕES

No inverno, as temperaturas médias mais elevadas em Florianópolis reduziram o esforço necessário para a termorregulação das colônias. Esse cenário permitiu maiores quantidades de cria aberta e fechada nas colônias, antecipando o início mais precoce e prolongando o período de criação de ninhadas.

A infestação por *V. destructor* em abelhas adultas e na cria foi superior nas colônias de Florianópolis em comparação com as de Santa Rosa de Lima. Essa diferença entre os dois locais do estudo sugere que fatores microclimáticos, a paisagem e a disponibilidade de recursos florais influenciam a dinâmica populacional do ácaro e podem afetar a sanidade das colônias em ambientes mais antropizados.

O padrão sazonal da incidência e da prevalência de *Nosema* spp. em Santa Rosa de Lima esteve associado a temperaturas mais baixas, a menos dias favoráveis ao voo e à defecação e a valores mais elevados de umidade relativa do ar, o que favorece a manutenção e o aumento das cargas de esporos nas abelhas.

As plantações comerciais de monocultivo de *Eucalyptus* spp. no entorno dos apiários em Santa Rosa de Lima, fornecem pólen de baixo valor nutricional, contribuindo para o estresse das colônias e para maiores cargas de esporos e prevalências de *Nosema* spp. Isso ocorre especialmente no outono e no inverno, períodos com menor diversidade de recursos florais.

Recomendamos que, em condições ambientais e de paisagem semelhantes às do presente estudo, seja priorizado o livre acesso das abelhas à vegetação nativa e diversificada, evitando monocultivos, o que garante nutrição adequada e aumento da imunidade destes insetos a pragas e doenças. Além do monitoramento sanitário preventivo, principalmente no inverno, abelhas melhor nutridas são menos acometidas pelo enfraquecimento das colônias, o que assegura sua sobrevivência.

REFERÊNCIAS

ARENA, M. V. N.; TOPPA, R. H.; MARTINES, M.; ALVES-DOS-SANTOS, I. Release experiments as an indicator of flying activities of stingless bees in urban areas. **Frontiers in Sustainable Cities**, Lausanne, v. 4, p. 1103835, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/frsc.2022.1103835>.

BRANCHICCELA, B.; CASTELLI, L.; CORONA, M.; DÍAZ-CETTI, S.; INVERNIZZI, C.; MARTÍNEZ DE LA ESCALERA, G.; MENDOZA, Y.; SANTOS, E.; SILVA, C.; ZUNINO, P.; ANTÚNEZ, K. Impact of nutritional stress on the honeybee colony health. **Scientific Reports**, London, v. 9, n. 1, p. 10156, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46453-9>.

- CALDERÓN, R. A.; ZAMORA, L. G.; VAN VEEN, J. W.; QUESADA, M. V. A comparison of the reproductive ability of *Varroa destructor* (Mesostigmata: Varroidae) in worker and drone brood of Africanized honey bees (*Apis mellifera*). **Experimental and Applied Acarology**, Dordrecht, v. 43, n. 1, p. 25–32, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10493-007-9102-1>.
- CALIS, J. N. M.; FRIES, I.; RYRIE, S. C. Population modelling of *Varroa jacobsoni* Oud. **Apidologie**, Versailles, v. 30, n. 2–3, p. 111–124, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1051/apido:19990203>.
- CASTELLI, L.; BRANCHICCELA, B.; GARRIDO, M.; INVERNIZZI, C.; PORRINI, M.; ROMERO, H.; SANTOS, E.; ZUNINO, P.; ANTÚNEZ, K. Impact of nutritional stress on honeybee gut microbiota, immunity, and *Nosema ceranae* infection. **Microbial Ecology**, New York, v. 80, n. 4, p. 908–919, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00248-020-01538-1>.
- DE JONG, D.; DE ANDREA ROMA, D.; GONÇALVES, L. S. A comparative analysis of shaking solutions for the detection of *Varroa jacobsoni* on adult honeybees. **Apidologie**, Versailles, v. 13, n. 3, p. 297–306, 1982. DOI: <https://doi.org/10.1051/apido:19820308>.
- DEGRANDI-HOFFMAN, G.; CHEN, Y. Nutrition, immunity and viral infections in honey bees. **Current Opinion in Insect Science**, London, v. 10, p. 170–176, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cois.2015.05.007>.
- DELAPLANE, K. S.; VAN DER STEEN, J.; GUZMÁN, E. Standard methods for estimating strength parameters of *Apis mellifera* colonies. **Journal of Apicultural Research**, London, v. 52, n. 1, p. 1–12, 2013. DOI: <https://doi.org/10.3896/IBRA.152.1.03>.
- DIETEMANN, V.; NAZZI, F.; MARTIN, S. J.; ANDERSON, D. L.; LOCKE, B.; DELAPLANE, K. S.; WAUQUIEZ, Q.; TANNAHILL, C.; FREY, E.; ZIEGELMANN, B.; ROSENKRANZ, P.; ELLIS, J. D. Standard methods for *Varroa* research. **Journal of Apicultural Research**, London, v. 52, n. 1, p. 1–54, 2013. DOI: <https://doi.org/10.3896/IBRA.152.1.09>.
- FAITA, M. R.; CARDOZO, M. M.; AMANDIO, D. T. T.; ORTH, A. I.; NODARI, R. O. Glyphosate-based herbicides and *Nosema* sp. microsporidia reduce honey bee (*Apis mellifera* L.) survivability under laboratory conditions. **Journal of Apicultural Research**, London, v. 59, n. 4, p. 332–342, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1736782>.
- FAITA, M. R.; CHAVES, A.; NODARI, R. O. A expansão do agronegócio: impactos nefastos do desmatamento, agrotóxicos e transgênicos nas abelhas. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 57, p. 376–394, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5380/dma.v57i0.76157>.
- FRIES, I.; CHAUZAT, M.-P.; CHEN, Y.-P.; DOUBLET, V.; GENERSCH, E.; GISDER, S.; HIGES, M.; MCMAHON, D. P.; MARTÍN-HERNÁNDEZ, R.; NATSOPOULOU, M.; PAXTON, R. J.; TANNER, G.; WEBSTER, T. C.; WILLIAMS, G. R. Standard methods for *Nosema* research. **Journal of Apicultural Research**, London, v. 52, n. 1, p. 1–28, 2013. DOI: <https://doi.org/10.3896/IBRA.152.1.14>.
- FUCHS, S. Preference for drone brood cells by *Varroa jacobsoni* Oud in colonies of *Apis mellifera carnica*. **Apidologie**, Versailles, v. 21, n. 3, p. 193–199, 1990. DOI: <https://doi.org/10.1051/apido:19900304>.
- JABAL-URIEL, C.; BARRIOS, L.; BONJOUR-DALMON, A.; CASPI-YONA, S.; CHEJANOVSKY, N.; EREZ, T.; HENRIQUES, D.; HIGES, M.; LE CONTE, Y.; LOPES, A. R.; MEANA, A.; PINTO, M. A.; REYES-CARREÑO, M.; SOROKER, V.; MARTÍN-HERNÁNDEZ, R. Epidemiology of the microsporidium *Nosema ceranae* in four Mediterranean countries. **Insects**, Basel, v. 13, n. 9, p. 844, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects13090844>.

- JARIMI, H.; TAPIA-BRITO, E.; RIFFAT, S. A. A review on thermoregulation techniques in honey bees' (*Apis mellifera*) beehive microclimate and its similarities to the heating and cooling management in buildings. **Future Cities and Environment**, London, v. 6, n. 1, p. 7, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5334/fce.81>.
- LAGE, V. M. G. B.; SANTANA, C. D.; NORONHA, R. P.; BARBOSA, C. D. J.; LIMA, S. T. D. C. Occurrence and distribution of the microsporidium *Vairimorpha (Nosema)* spp. in apiaries in Brazil – systematic review. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 13, n. 11, e123131147482, 2024. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v13i11.47482>.
- LANNUTTI, L.; GISDER, S.; FLORIN-CHRISTENSEN, M.; GENERSCH, E.; SCHNITTGER, L. Development of a ptp2-LAMP assay for the specific and sensitive detection of *Nosema apis* and its comparison with ptp3-LAMP for the detection of *Nosema ceranae*, in a region endemic for both microsporidium pathogens of the western honey bee. **International Journal for Parasitology**, Oxford, v. 55, n. 8–9, p. 405–416, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2025.04.001>.
- MACEDO, R. D. C.; SCHMITT FILHO, A. L. S.; FARLEY, J. C.; FANTINI, A. C.; CAZELLA, A. A.; SINISGALLI, P. A. D. A. Land use and land cover mapping in detailed scale: a case study in Santa Rosa de Lima-SC. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 24, n. 2, p. 217–234, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1982-21702018000200015>.
- MARTIN, S. J. Ontogenesis of the mite *Varroa jacobsoni* Oud. in drone brood of the honeybee *Apis mellifera* L. under natural conditions. **Experimental and Applied Acarology**, Dordrecht, v. 19, n. 4, p. 199–210, 1995. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00130823>.
- MARTÍN-HERNÁNDEZ, R.; BARTOLOMÉ, C.; CHEJANOVSKY, N.; LE CONTE, Y.; DALMON, A.; DUSSAUBAT, C.; GARCÍA-PALENCIA, P.; MEANA, A.; PINTO, M. A.; SOROKER, V.; HIGES, M. *Nosema ceranae* in *Apis mellifera*: a 12 years postdetection perspective. **Environmental Microbiology**, Oxford, v. 20, n. 4, p. 1302–1329, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/1462-2920.14103>.
- MINAUD, É.; REBAUDO, F.; MAINARDI, G.; VARDAKAS, P.; HATJINA, F.; STEFFAN-DEWENTER, I.; REQUIER, F. Temperature in overwintering honey bee colonies reveals brood status and predicts colony mortality. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v. 169, p. 112961, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112961>.
- PUNKO, R. N.; CURRIE, R. W.; NASR, M. E.; HOOVER, S. E. Epidemiology of *Nosema* spp. and the effect of indoor and outdoor wintering on honey bee colony population and survival in the Canadian Prairies. **PLOS ONE**, San Francisco, v. 16, n. 10, e0258801, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258801>.
- RAJAGOPALAN, K.; DEGRANDI-HOFFMAN, G.; PRUETT, M.; JONES, V. P.; CORBY-HARRIS, V.; PIREAUD, J.; CURRY, R.; HOPKINS, B.; NORTHFIELD, T. D. Warmer autumns and winters could reduce honey bee overwintering survival with potential risks for pollination services. **Scientific Reports**, London, v. 14, n. 1, p. 5410, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-55327-8>.
- RETSCHNIG, G.; WILLIAMS, G.; SCHNEEBERGER, A.; NEUMANN, P. Cold ambient temperature promotes *Nosema* spp. intensity in honey bees (*Apis mellifera*). **Insects**, Basel, v. 8, n. 1, p. 20, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects8010020>.
- REZENDE, C. L.; SCARANO, F. R.; ASSAD, E. D.; JOLY, C. A.; METZGER, J. P.; STRASSBURG, B. B. N.; TABARELLI, M.; FONSECA, G. A.; MITTERMEIER, R. A. From hotspot to hopespot: an opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in Ecology and Conservation**, Amsterdam, v. 16, n. 4, p. 208–214, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2018.10.002>.

RSTUDIO TEAM. **RStudio**: integrated development environment for R. Boston, MA: RStudio, PBC, 2024. Disponível em: <https://posit.co/download/rstudio-desktop/>. Acesso em: 01 out. 2025.

SILVA, S. M. D.; FAITA, M. R.; CHAVES, A.; PAES, J. P. P.; POLTRONIERI, A. S. Effects of Captain@SC and Zignal@ fungicides on hygienic behavior and index of *Varroa destructor* in *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). **Ecotoxicology**, Dordrecht, v. 34, n. 9, p. 1904–1914, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10646-025-02954-0>.

STABENTHEINER, A.; KOVAC, H.; MANDL, M.; KÄFER, H. Coping with the cold and fighting the heat: thermal homeostasis of a superorganism, the honeybee colony. **Journal of Comparative Physiology A**, Heidelberg, v. 207, n. 3, p. 337–351, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00359-021-01464-8>.

TOSUN, O.; YAMAN, M. The effects of temperature and humidity around the beehives on the distribution of *Nosema ceranae*, and also geographical and seasonal activity of the infection in the Eastern Black Sea region of Turkey. **Journal of Environmental Science and Engineering B**, New York, v. 5, n. 11, p. 673–678, 2016. DOI: <https://doi.org/10.17265/2162-5263/2016.11.001>.

TRAYNOR, K. S.; MONDET, F.; DE MIRANDA, J. R.; TECHER, M.; KOWALLIK, V.; ODDIE, M. B. A. Y.; CHANTAWANNAKUL, P.; MCAFEE, A. *Varroa destructor*: a complex parasite, crippling honey bees worldwide. **Trends in Parasitology**, London, v. 36, n. 7, p. 592–606, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pt.2020.04.004>.

INFORMAÇÕES ADICIONAIS

Breve currículo dos autores:

Tatiana de Mello Damasco

Doutora em Recursos Genéticos Vegetais (UFSC). Mestrado em Desenvolvimento Territorial Sustentável (UFPR). Gestora Ambiental (UFPR). Pesquisadora do Núcleo de Estudos em Abelhas, Produtos Apícolas e Polinização (NEAP - CNPq). E-mail. tatimombuca@gmail.com

Márcia Regina Faita

Doutora em Recursos Genéticos Vegetais (UFSC). Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade (UFGD). Bióloga (Unochapecó). Professora na Universidade Federal de Viçosa – UFV. Pesquisadora do Núcleo de Estudos em Abelhas, Produtos Apícolas e Polinização (NEAP - CNPq). E-mail. marcia.faita@ufv.br

Caroline Maciel da Costa

Mestre em Recursos Genéticos Vegetais (UFSC). Graduada em Zootecnia (UFPEL). Pesquisadora do Núcleo de Estudos em Abelhas, Produtos Apícolas e Polinização (NEAP - CNPq). E-mail. caroline.maciel.costa1@gmail.com

Caroline Ferreira Medina

Graduanda em Zootecnia – UFSC. E-mail. carolinefm1@gmail.com

Rubens Onofre Nodari

Doutor em Genética pela Universidade da Califórnia, Davis. Professor Titular da Universidade Federal de Santa Catarina. Orientador do Programa de Pós-graduação em Recursos Genéticos Vegetais e do Programa de Pós-graduação em Biotecnologia Florestal e Agrícola. E-mail. rubens.nodari@ufsc.br



Contribuição de autoria – Credit:

Tatiana de Mello Damasco : conceituação, coleta e curadoria dos dados, análise formal, investigação, metodologia, validação dos dados, redação do manuscrito original e revisões;

Márcia Regina Fanta: conceituação, coleta de dados, investigação, metodologia, validação dos dados, revisões do manuscrito;

Caroline Maciel da Costa: coleta de dados, investigação e análises em laboratório, metodologia, revisões do manuscrito;

Caroline Ferreira Medina: coleta de dados, investigação e análises em laboratório, metodologia, revisões do manuscrito;

Rubens Onofre Nodari: conceituação, curadoria dos dados, obtenção do financiamento, administração do projeto, investigação, metodologia, validação dos dados, revisões do manuscrito.

Financiamento: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq): apoio financeiro e bolsas a RON (Processo 312407/2021-1) e à MRF (Processo 151933/2024-3). Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES - Finance Code 001): bolsa à TMD.

Conflito de interesses : Os autores declaram não haver conflito de interesses neste trabalho.

Licença de uso: Conforme normas da revista.

Preprints: Não se aplica.

Aprovação do Comitê de Ética na Investigação: Não se aplica.

Consentimento para o uso de imagens: Não se aplica.

Acordo com a revisão aberta: Não se aplica.

Disponibilidade dos dados de investigação e outros materiais: Dados serão disponibilizados pelo autor por solicitação.

Agradecimentos: Os autores agradecem ao CNPq e à Capes pelo financiamento da pesquisa; à Família Baumann, proprietários do Sítio Apoema e Pousada Vitória, no município de Santa Rosa de Lima, SC, por disponibilizar acesso ao apiário e ao meliponário para realização deste trabalho.