









Sobrevivência e capacidade de voo de *Apis mellifera* após exposição direta a extratos aquosos de nim

Vitor da Silva RODRIGUES ¹, Emanuely Karoliny Santos da SILVA ^{*1},
Tiago Augusto Lima CARDOSO ¹, Elton Lucio ARAUJO ², Ewerton Marinho da COSTA ¹,
Rafael Pereira da SILVA ¹

¹ Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, Brasil.

² Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, Brasil.

*E-mail: emanoelyka@gmail.com

Submetido em: 26/09/2024; Aceito em: 22/02/2025; Publicado em: 29/03/2025.

RESUMO: Conhecer a toxicidade dos inseticidas, inclusive naturais, sobre *Apis mellifera* é fundamental para conservação dessa abelha nas áreas de produção agrícola. Portanto, objetivou-se avaliar a toxicidade de extratos aquosos de nim sobre *A. mellifera*, via pulverização direta. O bioensaio foi realizado sob condições de laboratório, sendo avaliadas três doses do extrato aquoso de folhas de nim (5, 10 e 20 g 100mL⁻¹) e três doses do extrato aquoso de sementes de nim (5, 10 e 20 g 100mL⁻¹). Foram avaliadas a mortalidade e os efeitos adversos sobre o comportamento das abelhas por um período de 24 horas, bem como sua capacidade de voo após o período de exposição. Os extratos aquosos de nim ocasionaram mortalidade entre 8,2% e 27,4% para folhas e 15,4% e 24,3% para sementes. O Tempo letal mediano (TL₅₀) proporcionado pelos extratos aquosos de nim foi de 269,69 horas para folha na dose 5g 100mL⁻¹, 135,39 horas para folha nas doses 10 e 20g 100mL⁻¹, e 67,89 horas para semente independente da dose. Não foram observados distúrbios motores e não houve interferência na capacidade de voo de *A. mellifera*. Os extratos aquosos de folhas e sementes de nim, nas concentrações avaliadas, foram pouco tóxicos sobre *A. mellifera*.

Palavras-chave: abelha melífera; conservação; mortalidade; *Azadirachta indica*.

Survival and flight capacity of *Apis mellifera* after direct exposure to aqueous extracts of neem

ABSTRACT: Understanding the toxicity of insecticides, including those derived from natural sources, on *Apis mellifera* is crucial for conserving this bee in agricultural production areas. Therefore, this study aimed to evaluate the toxicity of aqueous neem extracts on *A. mellifera* via direct spraying. The bioassay was carried out under laboratory conditions, evaluating three doses of aqueous extract of neem leaves (5, 10 and 20 g 100mL⁻¹) and three doses of aqueous extract of neem seeds (5, 10 and 20g 100mL⁻¹). Mortality and adverse effects on bee behavior were evaluated for 24 hours as well as their capacity to fly after exposure. Neem aqueous extracts caused mortality between 8.2% and 27.4% for leaves and 15.4% and 24.3% for seeds. The median lethal time (TL₅₀) occasioned by aqueous neem extracts was 269.69 hours for the leaf at a dose of 5g 100mL⁻¹, 135.39 hours for the leaf at doses of 10 and 20g 100mL⁻¹, and 67.89 hours for the seed regardless of dose. No motor disturbances were observed, and there was no interference with *A. mellifera* capacity to fly. Aqueous extracts of neem leaves and seeds were low toxic to *A. mellifera* at the concentrations evaluated.

Keywords: honey bee; conservation; mortality; *Azadirachta indica*.

1. INTRODUÇÃO

A polinização realizada pelas abelhas é fundamental para a maioria das culturas agrícolas exploradas pelo homem, gerando valores consideráveis para economia mundial (KHALIFA et al., 2021). Dentre as abelhas, destaca-se *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) como um dos mais importantes polinizadores das plantas cultivadas do mundo (KLEIN et al., 2020).

Contudo, nos últimos anos tem ocorrido o declínio populacional de abelhas em áreas agrícolas (LUNARDI et al., 2017), sendo este grave problema associado a múltiplos fatores, como por exemplo, o uso intensivo de inseticidas para o controle de pragas (SINGLA et al., 2020; FARRUGGIA et al., 2022). Em campo, uma das formas de

exposição das abelhas aos inseticidas é por meio do contato com gotículas de pulverização, que pode ser letal ou gerar efeitos subletais como tremores, paralisia e redução de capacidade de voo (GOMES et al., 2020; TOSI et al., 2022).

Uma das alternativas para minimizar o uso de inseticidas sintéticos é a utilização de extratos e óleos vegetais (SOUZA et al., 2024; HASSAM et al., 2024). Dentre as espécies vegetais com propriedades inseticida, destaca-se o nim (*Azadirachta indica* A. Juss) como uma das mais estudadas e que apresenta eficiência contra ampla gama de insetos-praga (PASCOLI et al., 2019; KAMUNHUKAMWE et al., 2022). Todavia, os bioinseticidas também podem provocar efeito letal e subletal sobre as abelhas (CATANIA et al., 2023),

sendo algumas vezes tão tóxicos quanto os inseticidas sintéticos (BARBOSA et al., 2015), o que torna necessário o desenvolvimento de trabalhos visando avaliar a toxicidade dos referidos produtos sobre esses insetos.

Os estudos relacionados a toxicidade do nim sobre *A. mellifera* são predominantemente realizados com o óleo das sementes, que dependendo da concentração tem ocasionado redução na sobrevivência da referida abelha (XAVIER et al., 2015; GOMES et al., 2020; PIRES et al., 2024). Além disso, Souza et al. (2024) relataram que o óleo de nim provoca alterações nas células do intestino médio de *A. mellifera*, prejudicando a absorção de nutrientes. Em contrapartida, o efeito do extrato aquoso de folhas e sementes de nim sobre as abelhas melíferas ainda é pouco estudado, especialmente por meio do contato direto. Habarurema et al. (2022), afirmaram que os extratos aquosos de nim não ocasionaram interferência na presença e abundância de *A. mellifera* na cultura do feijão guandu (*Cajanus Cajan*) após a pulverização na área.

Considerando que o extrato aquoso de nim é de fácil preparo e já foi relatado como eficiente no controle de pragas que acometem culturas que dependem da polinização realizada por *A. mellifera*, como é o caso da mosca-minadora *Liriomyza sativae* (COSTA et al., 2016) e mosca branca (*Bemisia tabaci*) (BLEICHER et al., 2007) em meloeiro (*Cucumis melo*), é imprescindível avaliar os efeitos desses inseticidas naturais sobre as abelhas. Catania et al. (2023) destacam que é necessário ampliar o número de pesquisas sobre os efeitos de inseticidas naturais nas abelhas, pois somente assim será possível mitigar os riscos a sobrevivência desses insetos.

Portanto, visando ampliar as informações sobre o tema e contribuir com a conservação de polinizadores em áreas agrícolas, objetivou-se avaliar a sobrevivência e capacidade de voo de *A. mellifera* após exposição direta aos extratos aquosos de folhas e sementes de nim.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Entomologia ($25^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$, UR de $65 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas) do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus Pombal, Paraíba, Brasil. Para o desenvolvimento da pesquisa foram utilizadas operárias adultas de *A. mellifera* coletadas em quadros de melgueira de cinco (05) colmeias pertencentes ao apiário do CCTA/UFCG, que são mantidas em caixas de madeira do tipo Langstroth e recebem manutenção periódica conforme necessidade.

O bioensaio foi realizado em delineamento inteiramente casualizado composto por oito tratamentos e 10 repetições, sendo cada unidade experimental formada por 10 abelhas adultas. Foram avaliados os seguintes tratamentos: Testemunha absoluta (água destilada), testemunha positiva - Actara® (Tiametoxam - $0,30 \text{ g i.a L}^{-1}$), três doses do extrato aquoso de sementes de nim (5, 10 e $20 \text{ g } 100\text{mL}^{-1}$) e três doses do extrato aquoso de folhas de nim (5, 10 e $20 \text{ g } 100 \text{ mL}^{-1}$). As doses do extrato de semente foram estabelecidas com base no trabalho de Costa et al. (2016), pois os autores observaram eficiência das concentrações no controle da mosca-minadora *L. sativae* em meloeiro, cultura que é dependente da polinização realizada por *A. mellifera*. As doses do extrato aquoso das folhas seguiram a mesma proporção.

Os extratos aquosos foram preparados com folhas e sementes de nim provenientes de árvores-matrizes

localizadas no município de Pombal, no Estado da Paraíba. Seguindo a metodologia de Costa et al. (2018), tanto as folhas quanto as sementes de nim foram submetidas a secagem em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 40°C por um período de 48h. Após a secagem, as folhas e sementes foram trituradas com auxílio de um liquidificador, separadamente, até obtenção do pó. Com o pó de cada parte (semente e folha), foi realizada as diluições em água destilada até a obtenção das doses descritas.

Após feita as diluições, os extratos foram mantidos em repouso e armazenados em local seco e escuro durante um período de 24 horas afim de manter a eficácia do extrato, evitando sua fotodegradação. Após esse período, os extratos foram filtrados e em seguida realizada a aplicação, utilizando pulverizadores manuais.

A pulverização direta de cada tratamento sobre as abelhas adultas, foi realizada seguindo a metodologia utilizada por Costa et al. (2014). Foram utilizadas arenas (recipientes plásticos com 15 cm de diâmetro por 15 cm de altura) com a extremidade parcialmente coberta com tela antiáfideo e aberturas de 0,1 cm nas laterais para possibilitar a adequada circulação de ar. Em todas as arenas foram colocados no interior pasta Cândi (dieta artificial para abelhas) em recipiente plástico e um chumaço de algodão embebido em água destilada. Somente após o referido procedimento, as operárias adultas de *A. mellifera* foram liberadas no interior das arenas. Para facilitar o manuseio durante a realização do bioensaio, as abelhas foram previamente anestesiadas por meio do uso de frio ($\pm 4^{\circ} \text{C}$ durante aproximadamente 90 segundos).

Foram avaliadas a mortalidade e os distúrbios motores (por exemplo, prostração, tremores, paralisia, redução de alimentação, etc.) das abelhas a 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, e 24 horas após o início da exposição aos tratamentos. Foram registradas como mortas as abelhas que não responderam a estímulos mecânicos (toques no corpo das abelhas com um pincel fino, em cada período de avaliação). Para as abelhas que sobreviveram após as 24 horas de observação, deu-se continuidade avaliando a capacidade de voo seguindo a metodologia proposta por Gomes et al. (2020).

Para avaliar a capacidade de voo das abelhas foi utilizada torre de voo constituída por estrutura de madeira ($35 \times 35 \times 105 \text{ cm}$), revestida por plástico transparente e com uma lâmpada no topo. Além disso, nas laterais da torre foram fixadas fitas métricas. A avaliação foi conduzida em sala escura sob temperatura média ambiente de $26^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ e UR de $65 \pm 10\%$, onde a única fonte de luz foi a lâmpada instalada no topo da torre para estimular o deslocamento das abelhas (fototropismo positivo). Cada abelha sobrevivente foi liberada individualmente na base da torre e foi estabelecido o tempo de 60 segundos para que as mesmas realizassem o voo, sendo registrado se a abelha conseguiu ou não voar e os níveis de altura que cada uma atingiu. A torre de voo apresentou cinco níveis de altura: 1 (base da torre – 0 cm), 2 (de 1 cm a 30 cm de altura), 3 (de 31 cm a 60 cm de altura), 4 (de 61 cm e 90 cm de altura) e 5 (de 91 cm até 115 cm, local onde estava a lâmpada).

A porcentagem de mortalidade foi calculada para cada tratamento e corrigida por meio da equação de Abbott (ABBOTT, 1925). Os dados de sobrevivência dos adultos foram analisados utilizando-se o pacote Survival do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2022) e submetidos à análise de distribuição de Weibull. Os tratamentos com efeitos semelhantes (toxicidade e velocidade de mortalidade)

foram agrupados usando contrastes. Foi calculado também o tempo letal mediano (TL₅₀) para cada grupo formado.

O efeito dos tratamentos sobre a quantidade de abelhas que atingiu cada altura da torre de voo foi investigado aplicando-se testes de Kruskal-Wallis. Quando este teste resultou em diferença significativa os dados foram investigados mais a fundo utilizando-se o teste comparação múltipla Mann-Whitney. As análises foram realizadas no programa Past 4.11 (HAMMER et al., 2001).

3. RESULTADOS

Independentemente da dose avaliada, os extratos aquosos derivados do nim apresentaram-se pouco tóxicos a *A. mellifera* via pulverização direta, principalmente quando comparados ao inseticida Tiametoxam, que ocasionou 100% de mortalidade. As duas maiores doses do extrato aquoso de folhas do nim provocaram os maiores percentuais de mortalidade, 24,4% e 27,4%, respectivamente. Já o extrato aquoso da semente em sua maior concentração ocasionou 24,3% (Figura 1). Não foi observado efeito adverso na mobilidade das abelhas expostas aos extratos aquosos de nim.

Em relação a probabilidade de sobrevivência, foi observada diferença significativa entre os tratamentos. Os extratos aquosos de folhas e sementes de nim, independente da dose avaliada, apresentaram Tempo Letal Mediano (TL₅₀) significativamente superior ao inseticida Tiametoxam

(testemunha positiva), que ocasionou rápida mortalidade nas abelhas (TL₅₀ = 3,57 horas) (Figura 2).

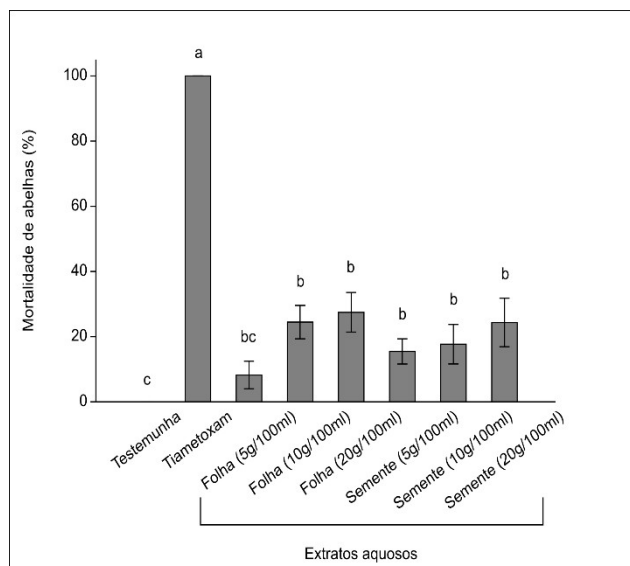


Figura 1. Mortalidade (%) de *Apis mellifera* após exposição via Pulverização direta aos inseticidas, Pombal-PB-Brasil, 2021.

Figure 1. Mortality (%) of *Apis mellifera* after exposure to direct spraying of insecticides, Pombal-PB-Brazil, 2021.

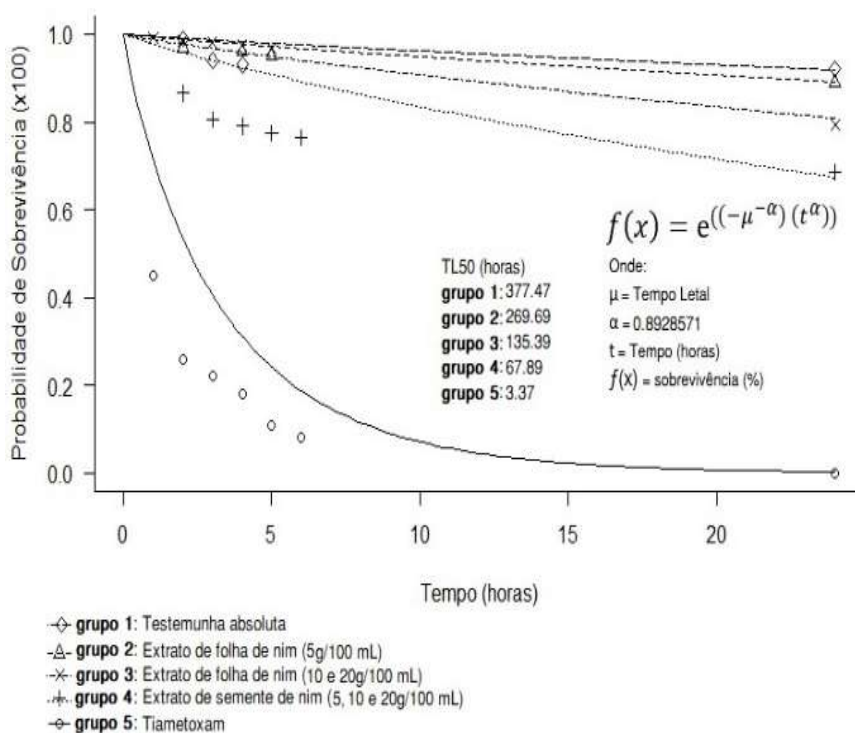


Figura 2. Sobrevivência (%) de *Apis mellifera* e tempos letais medianos (TL₅₀) após exposição via pulverização direta com os inseticidas, Pombal-PB-Brasil, 2021.

Figure 2. Survival (%) of *Apis mellifera* and median lethal times (TL₅₀) after exposure to direct insecticide spraying, Pombal-PB-Brazil, 2021.

O extrato aquoso de folhas de nim proporcionou os tempos letais medianos mais próximo da testemunha absoluta, com TL₅₀ = 269,69 horas para menor dose avaliada e 135,39 horas para as duas maiores doses. Já o extrato aquoso das sementes, independente da dose, ocasionou a maior velocidade de mortalidade entre os derivados de nim, proporcionando TL₅₀ = 67,89 horas (Figura 2).

A quantidade de abelhas atingindo cada nível de altura da torre de voo não foi influenciada pela exposição ou dose do extrato de folhas de nim (Tabela 1). Em todos os tratamentos, a maioria das abelhas conseguiu atingir o nível máximo da torre (Figura 3), fazendo com que a quantidade de abelhas apresentasse diferença significativa entre os níveis (Tabela 1 e 2).

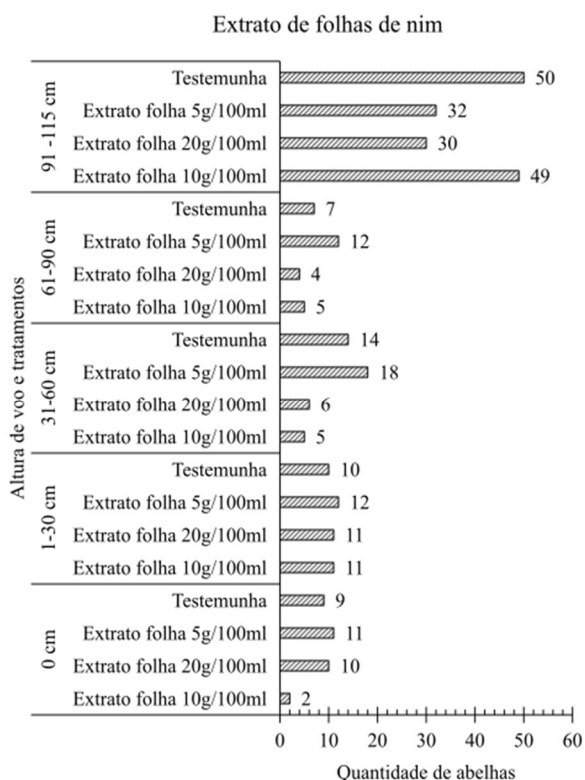


Figura 3. Efeito dos tratamentos com extrato de folhas de nim sobre a quantidade de abelhas em cada nível de altura Pombal-PB-Brasil, 2024.

Figure 3. Effect of neem leaf extract treatments on the number of bees at each height level Pombal-PB-Brazil, 2024.

Tabela 1. Resultado do teste de Kruskal-Wallis para os efeitos do tratamento e altura da torre sobre a quantidade de abelha em cada nível de altura no experimento com extrato de folhas de nim.

Table 1. Results of the Kruskal-Wallis test for treatment and tower height effects on the number of bees at each height level in the experiment with neem leaf extract.

Tratamentos	Alturas
H (χ^2): 3,929	H (χ^2): 10,95
Hc (erro corrigido): 3,949	Hc (erro corrigido): 11,01
p-valor: 0,267	p-valor: 0,02643*

*Diferenças significativas ao nível de $p < 0,05$.

Tabela 2. Resultado da comparação múltipla de Mann-Whitney para os efeitos da altura da torre sobre a quantidade de abelha em cada nível de altura no experimento com extrato de folhas de nim.

Table 2. Result of the Mann-Whitney multiple comparisons for the effects of tower height on the number of bees at each height level in the experiment with neem leaf extract.

	0 cm	1-30 cm	31-60 cm	61-90 cm	91 -115 cm
0 cm	-	0,1367	0,665	0,8852	0,03038*
1-30 cm	-	-	0,8845	0,2425	0,0294*
31-60 cm	-	-	-	0,3836	0,03038*
61-90 cm	-	-	-	-	0,03038*
91 -115 cm	-	-	-	-	-

*Diferenças significativas ao nível de $p < 0,05$.

Do mesmo modo, a quantidade de abelhas atingindo cada nível de altura da torre de voo não foi influenciada pela exposição ou dose do extrato aquoso de sementes de nim (Tabela 3). Novamente, em todos os tratamentos, a maioria das abelhas conseguiu atingir o nível máximo da torre (Figura 4), fazendo com que a quantidade de abelhas apresentasse diferença significativa entre os níveis (Tabela 3 e 4).

Tabela 3. Resultado do teste de Kruskal-Wallis para os efeitos do tratamento e altura da torre sobre a quantidade de abelha em cada nível de altura no experimento com extrato de sementes de nim.

Table 3. Kruskal-Wallis test result for the effects of treatment and tower height on the number of bees at each height level in the experiment with neem seed extract.

Tratamentos	Alturas
H (χ^2): 0,2429	H (χ^2): 15,93
Hc (erro corrigido): 0,2447	Hc (erro corrigido): 16,05
p-valor: 0,9701	p-valor: 0,002954*

*Diferenças significativas ao nível de $p < 0,05$.

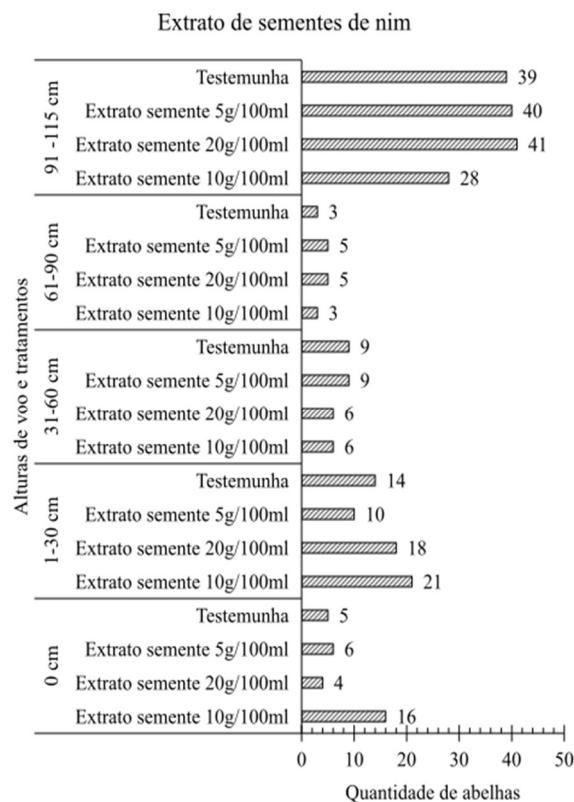


Figura 4. Efeito dos tratamentos com extrato de sementes de nim sobre a quantidade de abelhas em cada nível de altura, Pombal-PB-Brasil, 2024.

Figure 4. Effect of neem seed extract treatments on the number of bees at each height level, Pombal-PB-Brazil, 2024.

Tabela 4. Resultado da comparação múltipla de Mann-Whitney para os efeitos da altura da torre sobre a quantidade de abelha em cada nível de altura no experimento com extrato de sementes de nim.

Table 4. Result of the Mann-Whitney multiple comparisons for the effects of tower height on the number of bees at each height level in the experiment with neem seed extract.

	0 cm	1-30 cm	31-60 cm	61-90 cm	91 -115 cm
0 cm	-	0,1124	0,4568	0,1804	0,03038*
1-30 cm	-	-	0,02843*	0,02843*	0,03038*
31-60 cm	-	-	-	0,02652*	0,02843*
61-90 cm	-	-	-	-	0,02843*
91 -115 cm	-	-	-	-	-

*Diferenças significativas ao nível de $p < 0,05$.

Não foi observado distúrbios motores e comprometimento da capacidade de voo das abelhas que sobreviveram após o período de exposição aos extratos aquosos de nim. O comportamento das abelhas expostas aos extratos foi semelhante ao verificado nos insetos da testemunha absoluta.

4. DISCUSSÃO

A baixa mortalidade e a ausências de efeitos adversos na atividade motora de *A. mellifera*, após a exposição direta aos extratos aquosos de nim, provavelmente estão associados ao fato da Azadiractina apresentar ação inseticida principalmente por ingestão e ser mais nociva as fases jovens dos insetos (SCHMUTTERER, 1990; SILVA et al., 2009). Desta forma, operárias adultas de *A. mellifera* acabam sendo pouco afetadas, resultando em uma baixa toxicidade dos extratos via pulverização direta. É importante destacar ainda que, os efeitos adversos da Azadiractina sobre *A. mellifera* dependem da idade das abelhas e da concentração do produto (Amaral et al., 2015), fatores que também podem ter contribuído para baixa mortalidade observada no presente estudo.

Apesar da escassez de informações em comparação com o óleo, o extrato aquoso de nim parece não proporcionar alta mortalidade ou efeitos adversos na mobilidade e comportamento de *A. mellifera*. Habarurema et al. (2022), afirmaram que a pulverização de extratos aquosos de nim para o controle de pragas em feijão guandu, não interferiu na presença e abundância de *A. mellifera* visitando a cultura. Os resultados obtidos no presente trabalho, bem como as informações apresentadas por outros pesquisadores, indicam que o extrato aquoso de nim é pouco nocivo a operárias adultas de *A. mellifera*. Dessa maneira, os extratos aquosos de nim configuram-se como potencial alternativa para o controle de pragas, sem prejudicar a sobrevivência das abelhas nas áreas agrícolas.

Não obstante, salienta-se que é importante considerar as doses/concentrações utilizadas, pois podem interferir na toxicidade do produto. Apesar de todos os extratos de nim proporcionarem baixa mortalidade e tempos letais medianos superiores ao inseticida Tiametoxam, os resultados apontam que o extrato da semente ocasiona maior velocidade de mortalidade nas abelhas em comparação ao extrato das folhas, sendo esse efeito possivelmente devido a maior concentração de Azadiractina nas sementes (FERNANDES et al., 2019). Para o óleo de nim, sabe-se que dependendo da concentração utilizada pode haver redução na sobrevivência de adultos e larvas de *A. mellifera* (Gomes et al., 2020; Kaur et al., 2022; Pires et al., 2024), além de provocar alterações nas células do intestino médio da abelha, prejudicando a absorção de nutrientes essenciais para sobrevivência (SOUZA et al., 2024). Estas observações reforçam a ideia de que o aumento na dose/concentração do extrato aquoso, pode provocar maior mortalidade.

A capacidade de voo de *A. mellifera* não foi comprometida após a exposição direta aos extratos aquosos de nim, sendo observado comportamento similar as abelhas expostas somente a água destilada. A maioria das abelhas conseguiu atingir a altura máxima da torre de voo (115 cm) e mesmo as que ficaram na base (0 cm) não apresentaram nenhum distúrbio motor aparente (tremores, paralisia, prostração etc.). Diferentemente do extrato aquoso e tendo como forma de exposição a ingestão, o óleo das sementes de nim ocasionou redução da capacidade de voo em operárias adultas de *A. mellifera* (GOMES et al., 2020). Portanto, mesmo não havendo estudos aprofundados sobre a influência da exposição direta a extratos aquosos de nim na capacidade de voo das abelhas melíferas, os resultados obtidos são promissores no sentido de preservação desses polinizadores, principalmente por já haver relato de que após a pulverização de extratos de nim em área cultivada, não foi observada redução na abundância de *A. mellifera* (HABARUREMA et al., 2022). Este fato incentiva a realização de novas pesquisas visando ampliar as informações

sobre o tema e, conseqüentemente, auxiliar na preservação das abelhas em áreas agrícolas, assim como sugerem Catania et al. (2023).

Esses são os primeiros resultados sobre a sobrevivência e capacidade de voo de *A. mellifera* após exposição direta a doses dos extratos aquosos de folhas e sementes de nim. Nas condições avaliadas, os extratos aquosos de folhas e sementes foram pouco nocivos as abelhas, configurando-se como potencial alternativa para o controle de pragas visando o menor impacto possível sobre os polinizadores em áreas agrícolas. Além de ampliar as informações sobre o tema, os resultados irão subsidiar novas pesquisas, especialmente em condições de campo.

5. CONCLUSÕES

Os extratos aquosos de folhas e sementes de nim, independente da dose avaliada, foram pouco nocivos a sobrevivência de operárias adultas de *A. mellifera* e não interferiram na capacidade de voo das abelhas após exposição direta.

6. REFERÊNCIAS

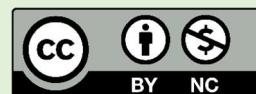
- ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v. 18, n. 1, p.265-267, 1925.
- AMARAL, R. L.; VENZON, M.; MARTINS FILHO, S.; LIMA, M. A. P. Does ingestion of neem-contaminated diet cause mortality of honey bee larvae and foragers? **Journal of Apicultural Research**, v. 54, n. 4, p. 405-410, 2015. <https://doi.org/10.1080/00218839.2016.1159821>
- BARBOSA, W. F.; SMAGGHE, G.; GUEDES, R. N. C. Pesticides and reduced risk insecticides, native bees and pantropical stingless bees: pitfalls and perspectives. **Pest Management Science**, v. 71, n. 8, p. 1049-1053, 2015. <https://doi.org/10.1002/ps.4025>
- BLEICHER, E.; GONÇALVES, M. E. C.; SILVA, L. D. Efeito de derivados de nim aplicados por pulverização sobre a mosca-branca em meloeiro. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 1, p. 110-113, 2007. <https://doi.org/10.1590/S010205362007000100022>
- CATANIA, R.; LIMA, M. A. P.; POTRICH, M.; SGOLASTRA, F.; ZAPPALÁ, L.; MAZZEO, G. Are botanical biopesticides safe for bees (Hymenoptera, Apoidea)? **Insects**, v. 14, n. 3, e0247, 2023. <https://doi.org/10.3390/insects14030247>
- COSTA, E. M.; ARAUJO, E. L.; MAIA, A. V. P.; SILVA, F. E. L.; BEZERRA, C. E. S.; SILVA, J. G. Toxicity of insecticides used in the Brazilian melon crop to the honey bee *Apis mellifera* under laboratory conditions. **Apidologie**, v. 45, n. 1, p. 34-44, 2014. <https://doi.org/10.1007/s13592-013-0226-5>
- COSTA, E. M.; SILVA, F. E. L.; ARAUJO, E. L. Effect of aqueous neem seed extract via irrigation on larvae of *Liriomyza sativae* in melon crop. **Horticultura Brasileira**, v. 36, n. 3, p. 353-356, 2018. <https://doi.org/10.1590/s0102-053620180311>
- COSTA, E. M.; TORRES, S. B.; FERREIRA, R. R.; SILVA, F. G. D.; ARAUJO, E. L. Extrato aquoso de sementes de nim no controle de *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) em meloeiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, p. 401-406, 2016. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160048>
- FERNANDES, S. R.; BARREIROS, L.; OLIVEIRA, R. F.; CRUZ, A.; PRUDÊNCIO, C.; OLIVEIRA, A. I.; PINHO, C.; SANTOS, N.; MORGADO, J. Chemistry, bioactivities, extraction and analysis of azadirachtin:

- State-of-the-art. **Fitoterapia**, v. 134, p. 141-150, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2019.02.006>
- FARRUGGIA, F. T.; GARBER, K.; HARTLESS, C.; JONES, K.; KYLE, L.; MASTROTA, N.; MILONE, J. P.; SANKULA, S.; SAPPINGTON, K.; STEBBINS, K.; STEEGER, T.; SUMMERS, H.; THOMPSON, P. G.; WAGMAN, M. A retrospective analysis of honey bee (*Apis mellifera*) pesticide toxicity data. **Plos One**, v. 17, n. 4, e0265962, 2022. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265962>
- GOMES, I. N.; VIEIRA, K. I. C.; GONTIJO, L. M.; RESENDE, H. C. Honeybee survival and flight capacity are compromised by insecticides used for controlling melon pests in Brazil. **Ecotoxicology**, v. 29, p. 97-107, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10646-019-02145-8>
- HABARUREMA, G.; HABINSHUTI, J.; MUKARUNYANA, B.; UWAMARIYA, C.; SAFARI, J. C.; NDAYAMBAJE, J. B. Activity assay of neem products as pest antifeedant in agro-biodiversity. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 42, p. 109-115, 2022. <https://doi.org/10.1007/s42690-021-00523-6>
- HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Paleontologia Electronica**, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2001.
- HASSAM, U. A.; GULZAR, A.; RASSOL, B.; ZAFAR, S.; YOUNIS, T.; SHAKEEL, M.; KHAN, D.; ULLAH, S.; KHALIQ, S.; AHMAD, S. F.; HAFEEZ, M. Efficacy of *Citrullus colocynthis* seed extract on *Earias vittella*, Fabricius, (Lepidoptera: Noctuidae): environment sustainable approach. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, p. 1-10, 2024. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.254479>
- KAMUNHUKAMWE, T.; NZUMA, J. K.; MAODZEKA, A.; GANDAWA, C. G.; MATONGERA, N.; MADZINGAIDZO, L.; MUTURIKI, L. Efficacy of neem bio-pesticide and synthetic insecticides against control of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Maize. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 10, n. 4, e9018, 2022. <https://doi.org/10.22271/j.ento.2022.v10.i4b.9018>
- KAUR, G.; SINGH, R.; SINGH, A. Impact of neem oil on developmental stages of honey bee *Apis mellifera* L. **Indian Journal of Entomology**, v. 84, n. 4, p. 783-787, 2022. <https://doi.org/10.55446/IJE.2021.133>
- KHALIFA, S. A. M.; et al. Overview of Bee Pollination and Its Economic Value for Crop Production. **Insects**, v. 12, e688, 2021. <https://doi.org/10.3390/insects12080688>
- KLEIN, A. M.; FREITAS, B. M.; BOMFIM, G. A.; BOREUX, V.; FORNOFF, F.; OLIVEIRA, M. O. **A polinização agrícola por insetos no Brasil**. Um guia para fazendeiros, agricultores, extensionistas, políticos e conservacionistas. Albert-Ludwigs University Freiburg, Nature Conservation and Landscape. Ecology. 2020. 149p. Disponível em: <https://doi.org/10.6094/UNIFR/151237>
- LUNARDI, J. S.; ZALUSKI, R.; ORSI, R. O. Evaluation of motor changes and toxicity of insecticides fipronil and imidacloprid in Africanized honey bees (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology**, v. 64, n. 1, p. 50-56, 2017. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v64i1.1190>
- PASCOLI, M.; JACQUES, M. T.; AGARRAYUA, D. A.; AVILA, D. S.; LIMA, R.; FACETO, L. F. Neem oil based nanopesticide as an environmentally-friendly formulation for applications in sustainable agriculture: An ecotoxicological perspective. **Science of the Total Environment**, v. 677, p. 57-67, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.345>
- PIRES, J. N.; ARBOITTE, M. Z.; PEREIRA, V. A.; PENZENHAGEN, N. V.; ANDERSSON, F. S. Toxicidade do óleo de Neem e do extrato de alho para *Apis mellifera* L. **Revista de Ciência e Inovação**, v. 10, n. 1, p. 1-18, 2024. <https://doi.org/10.26669/2448-4091.2024.463>
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, 2022. <<http://www.r-project.org/>>.
- SCHMUTTERER, H. Properties and potential of natural pesticides from neem tree. **Annual Review of Entomology**, v. 35, p. 271-297, 1990. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.35.010190.001415>
- SILVA, A. B.; BATISTA, J. L.; BRITO, C. H. Atividade inseticida do nim (*Azadiractha indica* A. Juss). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, p. 7-15, 2009.
- SINGLA, A.; BARMOTA, H.; SAHOO, S. K.; KANG, B. K. Influence of neonicotinoids on pollinators: A review. **Journal of Apicultural Research**, v. 60, p. 19-32, 2020. <https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1825044>
- SOUZA, C. O.; TEIXEIRA, V. W.; CRUZ, G. S.; GUEDES, C. A.; NASCIMENTO, J. C. S.; LAPA NETO, C. J. C.; TEIXEIRA, A. A. C. Toxicology, histophysiological and nutritional changes in *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) submitted to limonene and natural pesticides in comparison to synthetic pesticides. **Journal of Apicultural Research**, v. 63, n. 5, p. 912-923, 2024. <https://doi.org/10.1080/00218839.2023.2166229>
- TOSI, S.; SFEIR, C.; CARNESECCHI, E.; VANENGELSDORP, D.; CHAUZAT, M. P. Lethal, sublethal, and combined effects of pesticides on bees: A meta-analysis and new risk assessment tools. **Science of the Total Environment**, v. 844, p. 1-12, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156857>
- XAVIER, V. M.; PICANÇO, M. C.; CHEDIAK, M.; JÚNIOR, P. A. S.; RAMOS, R. S.; MARTINS, J. C. Acute toxicity and sublethal effects of botanical insecticides to honey bees. **Journal of Insect Science**, v. 15, n. 1, p. 137, 2015. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iev110>

Contribuição dos autores: V.S.R.: investigação ou coleta de dados e redação (esboço original); E.K.S.S.: investigação ou coleta de dados e redação (revisão e edição); T.A.L.C.: análise estatística e redação (revisão e edição); E.L.A.: conceitualização e redação (revisão); E.M.C.: conceitualização, metodologia e redação (revisão e edição); R.P.S.: investigação ou coleta de dados.

Disponibilidade de dados: Os dados desta pesquisa poderão ser obtidos mediante solicitação ao autor correspondente via e-mail.

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



Copyright: © 2024 by the authors. This article is an Open-Access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons **Attribution-NonCommercial (CC BY-NC)** license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).