

DIVERSIDADE DE PARASITOIDES EM CARÇAÇAS NA REGIÃO SUL DO RIO GRANDE DO SUL

GABRIELE MASCHKE JESKE¹; NATHALIA FONSECA SILVA²; JOÃO LUIS BARBOSA MARINS POULSEN³; MARCIAL CORRÊA CÁRCAMO⁴; RODRIGO FERREIRA KRÜGER⁵

¹Instituto Federal Sul-Rio-grandense – jeskegabriele@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – nathaliaznt@gmail.com

³Instituto Federal Sul-Rio-Grandense – jluispoulsen@gmail.com

⁴Instituto Federal Sul-Rio-Grandense – marcialcarcamo@ifsul.edu.br

⁵Universidade Federal de Pelotas – rkruger@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A decomposição é um processo natural essencial para a ciclagem de nutrientes e manutenção dos ecossistemas, transformando matéria orgânica em compostos minerais (ZSCHEISCHLER et al., 2016). Nesse contexto, os insetos necrófagos desempenham papel central, colonizando carcaças em diferentes estágios e regulando a dinâmica desse processo (IANCU et al., 2024). Além de sua relevância ecológica, os artrópodes possuem importância aplicada à entomologia forense, pois sua sucessão permite estimar o intervalo pós-morte (IPM) (ARSHAD; NAEEM, 2023).

Entre os principais necrófagos destacam-se os dípteros, presentes ao longo de todo o processo de decomposição e fundamentais tanto na reciclagem da matéria quanto como hospedeiros de outros organismos (LEE GOFF, 2009; AMENDT et al., 2011). Dentre eles, *Chrysomya megacephala* (Fabricius, 1794) (Diptera: Calliphoridae) se destaca por sua ampla distribuição em regiões tropicais e subtropicais, rápida colonização cadavérica, elevado potencial reprodutivo e associação com diversos parasitoides, sendo amplamente empregada como modelo em estudos médico-veterinários e forenses (CÁRCAMO et al., 2021).

Os parasitoides, em sua maioria himenópteros, utilizam larvas e pupas de dípteros como hospedeiros, influenciando a dinâmica de comunidades necrófagas e contribuindo para estimativas mais precisas do IPM (GRASSBERGER; FRANK, 2003). Contudo, ainda são pouco explorados na entomologia forense, frequentemente identificados apenas a níveis taxonômicos superiores (AMENDT et al., 2000; ANDERSON et al., 2011). Estudos focados em sua diversidade e dinâmica ampliam o conhecimento sobre sua aplicação forense (VOSS; SPAFFORD; DADOUR, 2009; FREDERICKX, C. et al., 2013).

Diante disso, este estudo tem como objetivos: (1) analisar a diversidade e a dinâmica sazonal de parasitoides de *C. megacephala* em carcaças suínas em diferentes estágios de decomposição; (2) avaliar a associação entre espécies de parasitoides e estágios cadavéricos; e (3) investigar o potencial dessas interações como ferramentas complementares na estimativa do IPM em entomologia forense no bioma Pampa.

2. METODOLOGIA

O estudo foi realizado no Câmpus Pelotas – Visconde da Graça (IFSul), em quatro períodos distintos (março, setembro e novembro de 2024, e janeiro de 2025), com três réplicas por mês. Foram utilizadas pupas sentinelas de *Chrysomya megacephala*, provenientes de colônia mantida em condições controladas (26 ± 2 °C; 70 ± 10% UR; fotoperíodo 12h), adaptando o protocolo de Pires et al. (2009, 2010).

Como modelo animal, empregaram-se 12 suínos natimortos (*Sus scrofa*), descongelados em temperatura ambiente e expostos em caixas plásticas por 72h para colonização por dípteros. Após esse período, as caixas foram cobertas com voil para impedir novas oviposições. O estágio de decomposição foi registrado fotograficamente e classificado conforme Goff (2009).

A partir do 3º dia, 20 pupas sentinelas foram expostas diariamente em cada réplica (60 pupas/dia), sendo recolhidas após 24h e substituídas. As pupas foram individualizadas em cápsulas, mantidas em condições controladas e monitoradas até a emergência de moscas ou parasitoides, posteriormente preservados em álcool 70% e identificados segundo literatura especializada. Pupas sem emergência após 90 dias foram dissecadas.

As taxas de parasitoidismo e viabilidade foram calculadas mensalmente. Diferenças na abundância entre estágios de decomposição foram avaliadas por modelos lineares generalizados com distribuição binomial negativa (GLM-NB). A duração dos estágios foi analisada por modelos de sobrevivência baseados na distribuição de Weibull, incluindo variáveis climáticas (temperatura e umidade). As análises foram realizadas no R (v. 4.4.3), utilizando pacotes “tidyverse”, “MASS”, “survival”, “emmeans”, “flexsurv” e “ggplot2”.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo do estudo, um total de 5.280 pupas de *Chrysomya megacephala* foi exposto, das quais 376 (7,1%) foram parasitadas, resultando na emergência de 4.171 indivíduos de parasitoides. Foram identificadas quatro espécies: *Nasonia vitripennis* (Hymenoptera: Pteromalidae), *Pachycrepoideus vindemmiae* (Hymenoptera: Pteromalidae), *Spalangia endius* (Hymenoptera: Pteromalidae) e *Tachinaephagus zealandicus*. A espécie dominante foi *N. vitripennis*, responsável por 69,41% do parasitismo total, seguida por *P. vindemmiae* (17,81%), *S. endius* (10,37%) e *T. zealandicus* (2,12%).

Foi observada uma marcante variação sazonal na taxa de parasitismo, que foi significativamente maior nos meses mais quentes de novembro (12,16%) e janeiro (19,16%) em comparação com os meses mais frios de setembro e março ($\approx 1,5\%$). Este padrão está diretamente associado às condições climáticas registradas, com temperaturas médias variando de 16,9°C (setembro) a 23,8°C (janeiro). A umidade relativa também foi um fator influente, com valores mais altos correlacionando-se a uma maior duração dos estágios de putrefação (ARCHER, 2004).

A análise de sobrevivência (modelo Weibull) confirmou que a duração dos estágios de decomposição variou significativamente entre os meses ($\chi^2 = 20,91$; $p < 0,0001$), sendo mais rápida em novembro e janeiro. O estágio esquelético apresentou a maior duração, especialmente em novembro ($\approx 15,3$ dias). A umidade teve um efeito positivo significativo na duração dos estágios (coeficiente=0,219; $p=0,0008$). Esses achados estão alinhados com estudos que demonstram que temperaturas abaixo de 20°C podem retardar processos bioquímicos e a colonização por artrópodes (DOUCET; WALKER; QIN, 2009).

A distribuição das espécies de parasitoides pelos estágios de decomposição, analisada via modelo binomial negativo, revelou associações ecológicas específicas. *N. vitripennis* foi absolutamente dominante nos estágios tardios, sendo completamente ausente no estágio fresco e atingindo seu pico de abundância no estágio esquelético (média de 54 indivíduos). Testes *post-hoc* confirmaram diferenças significativas ($p < 0,001$) entre os estágios iniciais e o esquelético. Essa forte associação com a fase final de decomposição é condizente com sua atração por voláteis liberados pela atividade microbiana e larval avançada,

como o metildissulfanilmetano (FREDERICKX ET AL., 2014), e sua conhecida sensibilidade a baixas temperaturas (GRASSBERGER; FRANK, 2003). A dominância de *N. vitripennis* em estágios avançados também foi relatada em outros sistemas cadavéricos (EARLY; GOFF, 1986; BRAACK, 1987; ANDERSON, 1995).

Pachycrepoides vindemmiae foi a única espécie registrada em todos os estágios, mas também apresentou um aumento significativo na abundância no estágio esquelético, alinhando-se com sua conhecida dependência de pistas olfativas para a busca de hospedeiro (PETERS, 2009). *Spalangia endius* exibiu um padrão bimodal sazonal (presente em setembro e março) e uma tendência de maior ocorrência em estágios avançados, embora sem significância estatística, sugerindo uma maior tolerância a amplitudes térmicas (BRANDÃO; FELCHICHER; RIBEIRO, 2020) e variações de umidade (KING, 1997). *Tachinaephagus zealandicus*, uma espécie rara, foi registrada principalmente no estágio de putrefação ativa, possivelmente indicando uma preferência por micro-habitats específicos desse estágio ou por voláteis derivados da interação entre larvas de dípteros e o substrato em decomposição (SHARMA ET AL., 2021). Sua baixa ocorrência pode ainda sugerir pressão competitiva de espécies dominantes como *N. vitripennis* (VOSS, S. C.; SPAFFORD, H.; DADOUR, 2010; LAMMERS et al., 2020).

4. CONCLUSÕES

A dinâmica de parasitoides necrófagos, como *N. vitripennis*, *T. zealandicus*, *P. vindemmiae* e *S. endius*, mostrou-se dependente da temperatura, umidade e estágio de decomposição. *N. vitripennis* foi associado a condições mais quentes e estágios avançados, enquanto *S. endius* e *T. zealandicus* ocorreram em períodos mais amenos, e *P. vindemmiae* apresentou plasticidade, ocorrendo em todos os estágios. Esses padrões evidenciam o potencial dos parasitoides como indicadores complementares na estimativa do intervalo pós-morte (IPM), embora ainda existam lacunas sobre a relação entre voláteis cadavéricos, atração e competição interespecífica. Estudos futuros integrando abordagens ecológicas, químicas e moleculares poderão consolidar os parasitoides como ferramentas na entomologia forense e no controle biológico de dípteros sinantrópicos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMENDT, J. et al. Forensic entomology: applications and limitations. **Forensic science, medicine, and pathology**, v. 7, n. 4, p. 379-392, 2011.
- ANDERSON, A. et al. The potential of parasitoid Hymenoptera as bioindicators of arthropod diversity in agricultural grasslands. **Journal of Applied Ecology**, v. 48, n. 2, p. 382-390, 2011.
- ANDERSON, G. S. The use of insects in death investigations: an analysis of cases in British Columbia over a five year period. **Canadian Society of Forensic Science Journal**, v. 28, n. 4, p. 277-292, 1995.
- ARCHER, M. S. Rainfall and temperature effects on the decomposition rate of exposed neonatal remains. **Science & justice: journal of the Forensic Science Society**, v. 44, n. 1, p. 35-41, 2004.
- ARSHAD, T.; NAEEM, M. Forensic entomology as an advanced tool in crime investigation. **Forensic Insights and Health Sciences Bulletin**, v. 1, n. 1, p. 17-21, 2023.
- BRANDÃO, R. K.; FELCHICHER, F.; RIBEIRO, P. B. Exigências térmicas e estimativa do número de gerações de *Spalangia endius* Walker, 1839 (Hymenoptera, Pteromalidae) em Pelotas, RS. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 77, p. 177-180, 2020.

- CÁRCAMO, M. C. et al. First list of parasitoids in flies of medical, veterinary, and forensic importance in Rio Grande do Sul–Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 82, p. e238772, 2021.
- DOUCET, D.; WALKER, V. K.; QIN, W. The bugs that came in from the cold: molecular adaptations to low temperatures in insects. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 66, n. 8, p. 1404-1418, 2009.
- EARLY, M.; GOFF, M. L. Arthropod succession patterns in exposed carrion on the island of O'ahu, Hawaiian Islands, USA. **Journal of Medical Entomology**, v. 23, n. 5, p. 520-531, 1986.
- FREDERICKX, C. et al. Associative learning of *Nasonia vitripennis* Walker (Hymenoptera: Pteromalidae) to methyl disulfanylmethane. **Journal of Forensic Sciences**, v. 59, n. 2, p. 413-416, 2014.
- FREDERICKX, C. et al. The community of Hymenoptera parasitizing necrophagous Diptera in an urban biotope. **Journal of Insect Science**, v. 13, n. 1, p. 32, 2013.
- GRASSBERGER, M.; FRANK, C. Temperature-related development of the parasitoid wasp *Nasonia vitripennis* as forensic indicator. **Medical and Veterinary Entomology**, v. 17, n. 3, p. 257-262, 2003.
- GRASSBERGER, M.; FRANK, C. Temperature-related development of the parasitoid wasp *Nasonia vitripennis* as forensic indicator. **Medical and Veterinary Entomology**, v. 17, n. 3, p. 257-262, 2003.
- IANCU, L. et al. Necrophagous insect species succession on decomposed pig carcasses in North Dakota, USA. **Journal of Medical Entomology**, v. 61, n. 1, p. 55-63, 2024.
- KING, B. H. Effects of age and burial of house fly (Diptera: Muscidae) pupae on parasitism by *Spalangia cameroni* and *Muscidifurax raptor* (Hymenoptera: Pteromalidae). **Environmental Entomology**, v. 26, n. 2, p. 410-415, 1997.
- LAMMERS, M. et al. Lipids as currency in ecological interactions: Competition and facilitation between two lipid scavenging parasitoids. **bioRxiv**, p. 2020.03.11.987453, 2020.
- LEE GOFF, M. Early post-mortem changes and stages of decomposition in exposed cadavers. **Experimental and applied acarology**, v. 49, n. 1, p. 21-36, 2009.
- PETERS, R. S. New habitat and host records and notes on the life history of *Pachycrepoides vindemmiae* (Rondani, 1875). **Mitt. Hamb. Zool. Mus. Inst.**, v. 106, p. 39-49, 2009.
- PIRES, S. M. et al. Influência da dieta no desenvolvimento e investimento reprodutivo de *Chrysomya megacephala* (Fabricius, 1794) (Diptera: Calliphoridae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 76, n. 1, p. 41-47, 2009.
- SHARMA, A. et al. Volatile compounds reveal age: a study of volatile organic compounds released by *Chrysomya rufifacies* immatures. **International journal of legal medicine**, v. 135, n. 3, p. 967-977, 2021.
- VOSS, S. C.; SPAFFORD, H.; DADOUR, I. R. Hymenopteran parasitoids of forensic importance: host associations, seasonality, and prevalence of parasitoids of carrion flies in Western Australia. **Journal of Medical Entomology**, v. 46, n. 5, p. 1210-1219, 2009.
- ZSCHEISCHLER, J. et al. Short-term favorable weather conditions are an important control of interannual variability in carbon and water fluxes. **Journal of Geophysical Research: Biogeosciences**, v. 121, n. 8, p. 2186-2198, 2016.