

PERLIDAE (PLECOPTERA) DO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL: LISTA DE ESPÉCIES, PROBLEMAS TAXONÔMICOS E AMOSTRAGEM

PERLIDAE (PLECOPTERA) OF SÃO PAULO STATE, BRAZIL: CHECKLIST, TAXONOMIC PROBLEMS AND SAMPLING

¹Paulo Naoto Taniguti, ¹Felipe Ribeiro Pereira Sarmento, ²Vinicius Marques Lopez, ³Renan Oliveira Alves Cardoso Kobal, ¹Lucas Henrique de Almeida*

¹Departamento de Ciências Biológicas, Faculdade de Ciências e Letras de Assis, Universidade Estadual Paulista. ²Departamento de Biologia, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo. ³Departamento de Ecologia, Universidade de São Paulo/SP. lucasalmeida768@yahoo.com.br.

RESUMO

Os plecópteros são insetos aquáticos que habitam ambientes lóticos, especialmente os de baixas e médias ordens. Por este fator, são insetos amplamente utilizados como indicadores de qualidade ambiental. De acordo com os últimos levantamentos, são conhecidas ao menos 150 espécies de Perlidae no Brasil distribuídas nos gêneros *Anacroneuria* Klapálek, 1909, *Enderleina* Jewett, 1960, *Kempnyia* Klapálek, 1914 e *Macrogynoplax* Enderleina, 1909. Apesar do bom conhecimento sobre os perlídeos brasileiros, principalmente no sudeste brasileiro, ainda são poucos os estudos que buscam organizar sistematicamente o conhecimento existente e mapear os principais problemas taxonômicos acerca do grupo. Aqui, nós apresentamos uma atualização da lista de espécies de Perlidae no Estado de São Paulo, abordando ruídos e lacunas taxonômicas e geográficas do grupo, com informações obtidas na literatura. Obtivemos uma lista totalizando 35 espécies, das quais 19, 15 e 1 pertencem respectivamente aos gêneros *Anacroneuria*, *Kempnyia* e *Macrogynoplax*. Das 35 espécies registradas, 10 são exclusivas do Estado de São Paulo e pelo menos 25 apresentam algum ruído ou lacuna taxonômicos, como o déficit acerca do conhecimento dos estágios de vida, com apenas 10 espécies tendo suas ninfas descritas. Finalmente, sugerimos que os futuros esforços de coleta devem se concentrar nas áreas interiores, especialmente no extremo oeste do estado.

PALAVRAS-CHAVE: Cerrado, Mata Atlântica, Lista de espécies, Sudeste.

ABSTRACT

Plecoptera are aquatic insects that inhabit lotic environments, especially those of low and medium orders. For this reason, these insects are widely used as indicators of environmental quality. According to the latest surveys, at least 150 species of

Perlidae are known in Brazil, being distributed in the genera *Anacroneuria* Klapálek, 1909, *Enderleina* Jewett, 1960, *Kempnyia* Klapálek, 1914 and *Macrogynoplax* Enderleina, 1909. In southeastern Brazil, there are still few studies that aim to systematically organize the existing knowledge and map the main taxonomic problems concerning the group. Here, we presented an updated checklist of Perlidae species in the São Paulo State, addressing taxonomic and geographic problems and gaps in the group, with information obtained in the literature. We obtained a list of 35 species, of which 19, 15 and 1 belong respectively to the genera *Anacroneuria*, *Kempnyia* and *Macrogynoplax*. Among the 35 species recorded, 10 are exclusively found in the São Paulo State and at least 25 have some taxonomic problem or gap, such as the shortfall regarding the knowledge of life stages, with only 10 species having their nymphs described. Finally, we suggested that future sampling efforts should focus on inland areas, especially in the far west of the state. **KEYWORDS:** Brazilian Savanna, Atlantic Forest, Species list, Southeast.

INTRODUÇÃO

Plecoptera é uma pequena ordem de insetos aquáticos com aproximadamente 3700 espécies, dispostas em 17 famílias, descritas pelo mundo todo^(1,2), exceto na Antártida⁽³⁾. Os registros fósseis mais antigos datam de cerca de 300 milhões de anos atrás, no período Carbonífero Superior⁽⁴⁾. Devido a sua alta sensibilidade à poluição, os plecópteros são amplamente utilizados em estudos ecológicos e de monitoramento como indicadores de qualidade ambiental.

A ordem Plecoptera é representada no Brasil por mais de 150 espécies distribuídas em duas famílias, Gripopterygidae e Perlidae⁽⁵⁾. Dentre os perlídeos do Brasil são encontrados quatro gêneros, sendo eles, *Anacroneuria* Klapálek, 1909⁽⁶⁾, *Enderleina* Jewett, 1960⁽⁷⁾, *Kempnyia* Klapálek, 1914⁽⁸⁾ e *Macrogynoplax* Enderlein, 1909⁽⁹⁾. Historicamente, o Estado de São Paulo tem sido um dos estados brasileiros mais bem estudados quanto a fauna de perlídeos. Isso ocorreu, principalmente, devido aos esforços do Prof. Claudio G. Froehlich que dedicou parte de sua vida acadêmica como Professor da Universidade de São Paulo (USP) ao estudo dos insetos da ordem. Parte deste esforço dedicado a fauna do Estado de São Paulo⁽¹⁰⁾.

Mesmo tratando-se de uma fauna considerada bastante conhecida, é frequentemente comum a presença de incongruências taxonômicas ou déficits no conhecimento acerca dos perlídeos brasileiros⁽¹¹⁾. Descrições que geram algum tipo

de incerteza durante o processo de identificação dos espécimes, seja por descrições insuficientes ou até por descrições baseadas apenas em fêmeas, podem causar ruídos taxonômicos. Outros problemas ou lacunas frequentemente presentes são os que remetem aos déficits da biodiversidade^(12,13), como, por exemplo, o desconhecimento acerca dos diferentes estágios de vida dos insetos aquáticos.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi compilar os conhecimentos mais recentes e atualizar a lista de espécies de Perlidae no Estado de São Paulo. Adicionalmente, nós também identificamos lacunas e questões taxonômicas relacionadas a essas espécies, além de destacar possíveis deficiências na amostragem dentro do estado.

METODOLOGIA

O presente estudo teve como ponto de partida o trabalho intitulado "Checklist dos Plecoptera (Insecta) do Estado de São Paulo, Brasil", escrito pelo Prof. Cláudio G. Froehlich e publicado na revista *BiotaNeotropica* em 2011⁽¹⁰⁾. A partir desse estudo, realizamos uma extensa pesquisa em diversas bases de dados, como o Google Scholar e o Web of Science, utilizando palavras-chaves relacionadas aos Perlidae do Brasil. Todos os estudos relevantes encontrados nessas bases de dados foram cuidadosamente analisados para selecionar os artigos que continham informações acerca das espécies da região geográfica de interesse. Essa abordagem nos permitiu compilar uma ampla gama de informações e conhecimentos científicos disponíveis sobre as espécies de Perlidae presentes em São Paulo. Todos os estudos que abordaram os perlídeos desse estado foram utilizados para elaborar a lista atualizada.

A obtenção de informações sobre estágios de vida descritos e locais de ocorrência de cada uma das espécies foram obtidos através dos estudos sobre Perlidae compilados. As referências consultadas forneceram informações detalhadas sobre os estágios de vida e os locais específicos de ocorrência de cada espécie. Para obter as coordenadas geográficas dos pontos de ocorrência, utilizamos

as informações fornecidas pelos autores dos estudos. Em alguns casos, quando as coordenadas exatas não estavam disponíveis, utilizamos aproximações para representar a localização geográfica dos registros.

Dessa forma, a combinação das informações provenientes dos estudos compilados nos permitiu obter dados precisos sobre os estágios de vida das espécies de Perlidae e suas respectivas localizações no Estado de São Paulo. Além disso, buscamos avaliar a presença de possíveis ruídos taxonômicos nas descrições das espécies. Para quantificar a presença desses ruídos taxonômicos, foram considerados critérios rotineiramente utilizados quando se trata de Perlidae do Brasil, tais como: espécies com descrições baseadas apenas na morfologia das fêmeas, espécies com descrições antigas que nunca foram coletadas novamente e espécies com holótipos perdidos ou em condições precárias. Foram consideradas duas lacunas no estudo: a lacuna taxonômica, relacionada à ausência de descrição dos estágios de vida de cada espécie, o chamado déficit Haeckeliano⁽¹³⁾; e a lacuna de amostragem, referente à análise espacial dos pontos de ocorrência de Perlidae no mapa. A delimitação geográfica de São Paulo foi obtida com base em shapefiles disponibilizados pelo IBGE (www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html). O mapa dos pontos de amostragem de Perlidae foi elaborado utilizando o software QGIS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desde a lista dos plecópteros do Estado de São Paulo⁽¹⁰⁾ foram descritas seis novas espécies de Perlidae, sendo elas *Anacroneuria mantiqueirae* Froehlich, 2010⁽¹⁴⁾, *A. simulans* Froehlich, 2010⁽¹⁴⁾, *A. singularis* Righi-Cavallaro & Lecci, 2010⁽¹⁵⁾, *A. tabatae* Froehlich, 2010⁽¹⁴⁾, *Kempnyia pirata* Froehlich, 2011⁽¹⁶⁾, *K. tupinamba* Froehlich, 2011⁽¹⁶⁾. Duas espécies⁽¹⁰⁾ tornaram-se sinônimos, sendo *Kempnyia barbiellini* sinônimo de *K. flava*⁽¹⁶⁾ e *K. petersorum* sinônimo de *K. neotropica*⁽¹¹⁾. Além disso, ao estudarem os perlídeos da Serra de Paranapiacaba, Estado de São Paulo⁽¹¹⁾, foi realizado novo registro de *Anacroneuria fiorentini* De

Ribeiro & Froehlich, 2007⁽¹⁷⁾. Neste contexto, obteve-se uma lista de 35 espécies de Perlidae para o Estado de São Paulo, cinco a mais desde o antigo levantamento⁽¹⁰⁾. Das 35 espécies listadas, 19 pertencem ao gênero *Anacroneuria*, 15 ao gênero *Kempnyia* e uma ao gênero *Macrogynoplax*. Adicionalmente, apesar da ocorrência ampla de muitas das espécies registradas para o Estado de São Paulo, nove das espécies são endêmicas do estado (Tabela 1), até o momento.

Froehlich⁽¹⁰⁾ registrou para São Paulo a ocorrência de 30 espécies de Perlidae. Nosso levantamento constatou 35 espécies. Ou seja, seis novas espécies foram acrescentadas à lista: *Anacroneuria mantiqueirae*, *A. simulans*, *A. singularis*, *A. tabatae*, *Kempnyia pirata*, *K. tupinamba*. Das espécies descritas, a maioria foi registrada no Parque Estadual Campos do Jordão, na Serra da Mantiqueira. Apenas *A. singularis* foi descrita para a cidade de Pedregulho, no norte do estado. Além disso, embora a Serra de Paranapiacaba tenha sido previamente bem estudada⁽¹⁸⁾, Almeida & Bispo⁽¹¹⁾ realizaram o novo registro de *Anacroneuria fiorentini* para a região. Portanto, a descrição de novas espécies para o estado pode estar diretamente relacionada ao estudo de áreas que ainda não foram devidamente amostradas, como ocorreu na região da Serra da Mantiqueira. No entanto, levando em conta o novo registro de *Anacroneuria fiorentini* foi feito em uma área considerada bem estudada, é possível que novas descobertas ocorram em regiões já amostradas.

Obteve-se um total de 51 pontos de ocorrência, os quais concentram-se, principalmente, na região litorânea montanhosa do estado (Figura 1). Os pontos concentraram-se basicamente em três grupos, um ao sul, na região da Serra de Paranapiacaba, outro no litoral norte, na Serra do Mar, e um terceiro na divisa com o Estado de Minas Gerais, na Serra da Mantiqueira. Obteve-se um ponto isolado ao norte, também próximo à divisa com o Estado de Minas Gerais. Outras localidades do estado permanecem inexploradas. Essas áreas representam lacunas em nosso conhecimento sobre a distribuição e diversidade desses insetos aquáticos no Estado de São Paulo. Estudos futuros nessas regiões inexploradas podem fornecer informações adicionais sobre a presença de espécies de Perlidae e contribuir para um melhor entendimento da sua ecologia e conservação.

Tabela 1. Lista de perlídeos do Estado de São Paulo destacando estágios de vida descritos e ocorrência. A distribuição informa a ocorrência, destacando outros estados do Brasil (BA, ES, GO, MG, PR, RJ, RS, RO, SC, SE, SP, TO) e países vizinhos (ARG – Argentina e PY – Paraguai).

Espécies	Estágios de vida		Distribuição
	Ninfa	Fêmea	
<i>A. boraceiensis</i>	-	X	MG, SP.
<i>A. debilis</i>	X	X	BA, ES, GO, MG, PR, RJ, RS, RO, SC, SE, SP, TO. ARG, PY.
<i>A. fiorentini</i>	-	X	RS, SC, SP.
<i>A. flintorum</i>	X	X	ES, MG, RJ, RS, SC, SP.
<i>A. iporanga</i>	X	-	SP.
<i>A. itajaimirim</i>	-	X	SP.
<i>A. mantiqueirae</i>	-	X	SP.
<i>A. paulina</i>	-	X	SP.
<i>A. petersi</i>	-	X	PR, RJ, SP.
<i>A. polita</i>	-	X	MG, PR, SC, SP. ARG.
<i>A. simulans</i>	-	X	RJ, SP.
<i>A. singularis</i>	X	X	MA, MG, MS, PA, SP, RO, TO.
<i>A. stanjewetti</i>	-	X	MG, RS, SC, SP. ARG.
<i>A. subcostalis</i>	-	X	ES, RJ, SP. ARG.
<i>A. tabatae</i>	-	X	SP.
<i>A. toriba</i>	-	X	ES, SP.
<i>A. tupi</i>	X	X	SP.
<i>A. uyara</i>	-	X	PR, RS, SC, SP. ARG.
<i>A. vanini</i>	-	X	MG, SP.
<i>K. auberti</i>	-	-	PR, SP.
<i>K. colossica</i>	X	X	MG, PR, RJ, SC, SP.
<i>K. flava</i>	-	X	ES, RJ, SP.
<i>K. gracilentata</i>	X	X	BA, ES, MG, RJ, SP.
<i>K. jatim</i>	-	X	BA, ES, RJ, SP.
<i>K. mirim</i>	-	X	SC, SP.
<i>K. neotropica</i>	X	X	BA, ES, GO, MG, PR, RJ, RS, SC, SP.
<i>K. obtusa</i>	X	X	ES, MG, RJ, SP.
<i>K. pirata</i>	-	X	SP.
<i>K. reichardti</i>	-	X	MG, SP.
<i>K. serrana</i>	-	-	ES, RJ, SP.
<i>K. tamoya</i>	-	X	SP.
<i>K. tupinamba</i>	-	X	SP.
<i>K. umbrina</i>	-	X	MG, RJ, SP.
<i>K. vanini</i>	-	X	GO, MG, SP.
<i>M. veneranda</i>	X	X	ES, SP.

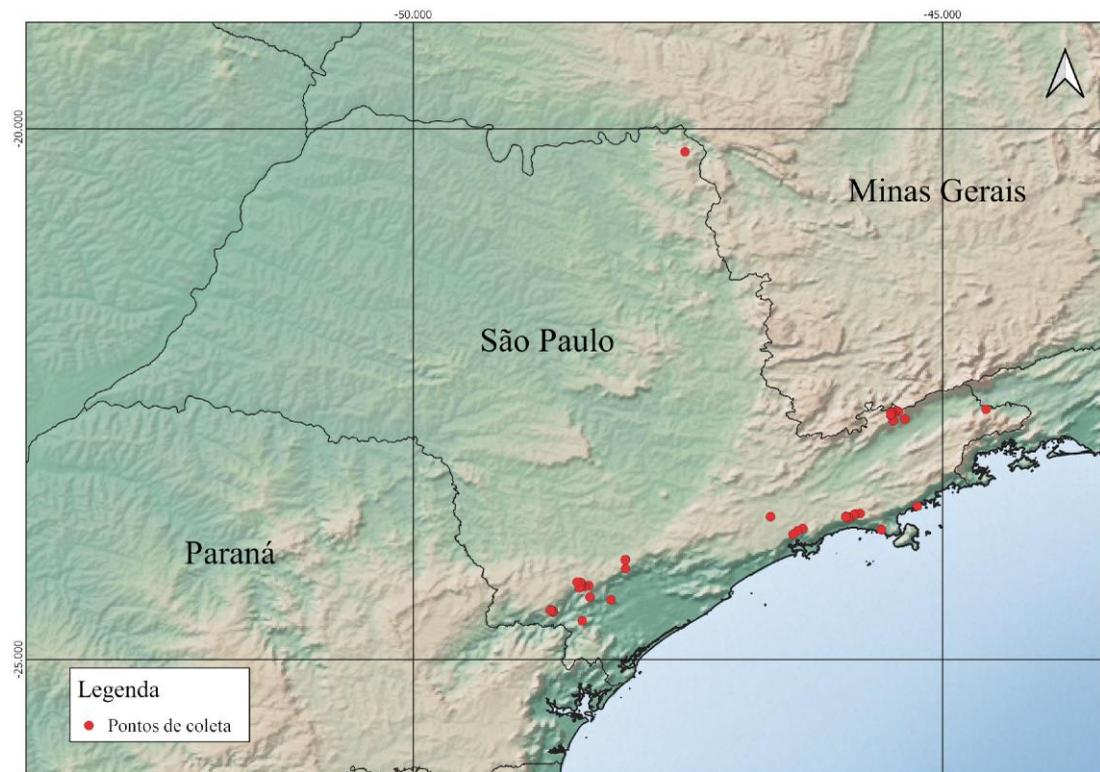


Figura 1. Pontos de amostragem de Perlidae no Estado de São Paulo.

Apenas 10 das espécies possuem descrições detalhadas de suas ninfas, o que indica uma falta de estudos abrangentes sobre essas fases imaturas desses insetos aquáticos. As ninfas desempenham um papel crucial no ciclo de vida das espécies e têm características distintas das formas adultas, portanto, a ausência de descrições pode limitar nosso entendimento sobre a biologia e a ecologia dessas espécies. Por outro lado, é encorajador constatar que nenhuma das espécies descritas apresenta ruídos taxonômicos. Isso indica que as descrições existentes são consistentes e confiáveis, fornecendo uma base sólida para a identificação correta das espécies com base na literatura disponível. Esses resultados são valiosos para estudos futuros de monitoramento e conservação dessas espécies de Perlidae. No entanto, é importante destacar que a ausência de ruídos taxonômicos não significa que todas as informações sobre as espécies sejam abrangentes ou que não haja lacunas em nosso conhecimento. Ainda existem espécies que não possuem descrições de suas fêmeas (i.e., três espécies), o que representa uma limitação para uma compreensão

completa da variação morfológica e da distribuição dessas espécies. Portanto, futuras pesquisas devem ser focadas na descrição das ninfas e na obtenção de informações sobre as espécies que ainda não possuem descrições de suas fêmeas.

CONCLUSÕES

O presente estudo forneceu uma atualização significativa sobre as espécies de Perlidae no Estado de São Paulo. A lista de espécies foi expandida para 35, com a inclusão de seis novas espécies e a identificação de duas sinônimas. A maioria das espécies descritas foi registrada no Parque Estadual Campos do Jordão, na Serra da Mantiqueira, evidenciando a importância dessa região para a diversidade de Perlidae. No entanto, o estudo também revelou lacunas em nosso conhecimento, como a falta de descrições de ninfas e de fêmeas para algumas espécies e áreas geográficas subamostradas. Isso limita nossa compreensão da biologia, ecologia e distribuição dessas espécies. Diante desses resultados, pesquisas futuras devem se concentrar na obtenção de informações complementares aos gaps apontados. Além disso, a aplicação de abordagens complementares, como análises moleculares e estudos comportamentais, pode fornecer informações adicionais sobre a diversidade e a taxonomia de Perlidae. Essas técnicas podem ajudar a confirmar e refinar a identificação das espécies, bem como explorar relações evolutivas e padrões de dispersão.

REFERÊNCIAS

- (1) South, EJ, Skinner, RK, DeWalt, RE, Davis, MA, Johnson, KP, Teslenko, VA, Myers, LW. 2021. A new family of stoneflies (Insecta: Plecoptera), Kathroperlidae, fam. n., with a phylogenomic analysis of the Paraperlinae (Plecoptera: Chloroperlidae). *Insect Systematics and Diversity*, 5(4), 1.
- (2) Dewalt, RR, Maehr, MD, Hopkins, H, Neu-Becker, U, Stueber, G. 2023. Plecoptera Species File Online Version 5.0/5.0 [Maio 2023]. <<http://Plecoptera.SpeciesFile.org>> 2023.

- (3) Zwick, P. 2000. Phylogenetic system and zoogeography of the Plecoptera. *Annual review of entomology*, 45(1), 709-746.
- (4) Béthoux, O., Gu, J. J., & Ren, D. 2012. A new Upper Carboniferous stem-orthopteran (Insecta) from Ningxia (China). *Insect Science*, 19(2), 153-158.
- (5) Pessacq, P, Zúñiga, MC, Duarte, T. 2019. An updated checklist of Neotropical Plecoptera. *Zoosymposia*, 16, 182–209.
- (6) Klapálek, F. 1909. Vorläufige Bericht über exotische Plecopteren. *Wiener Entomologische Zeitung*, 28, 215–232, 1909.
- (7) Jewett, SGJ. 1960. Notes and descriptions concerning Brazilian stoneflies. *Arquivos do Museu Nacional*, 1, 167–183.
- (8) Klapálek, F. 1914. Analytická tabulka fam Perlidae a její dvou subfam., Perlinae a Acroneuriinae (Plecoptera). *Časopis České Společnosti Entomologické*, 11, 53–69.
- (9) Enderlein, G. 1909. Klassifikation der Plecopteropteren, sowie Diagnosen neuer Gattungen und Arten. *Zoologischer Anzeiger*, 34, 385–419.
- (10) Froehlich, CG. 2011. Checklist dos Plecoptera (Insecta) do Estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica*, 11, 601-606.
- (11) Almeida, LHD, & Bispo, PDC. 2020. Perlidae (Plecoptera) from the Paranapiacaba Mountains, Atlantic Forest, Brazil: Diversity and implications of the integrative approach and teneral specimens on taxonomy. *Plos one*, 15(12), e0243393.
- (12) Hortal, J, de Bello, F, Diniz-Filho, JAF, Lewinsohn, TM, Lobo, JM, Ladle, RJ. 2015. Seven shortfalls that beset large-scale knowledge of biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 46, 523-549.
- (13) Faria, LRR, Pie, MR, Salles, FF, Soares, EDG. 2021. The Haeckelian shortfall or the tale of the missing semaphoronts. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 59(2), 359-369. Froehlich, C. G. (2010). *Anacroneuria* (Plecoptera, Perlidae) from the Mantiqueira Mountains, São Paulo State, Brazil. *Zootaxa*, 2365(1), 55-68.
- (14) Righi-Cavallaro, KO, Lecci, LS. 2010. Three new species of *Anacroneuria* (Plecoptera: Perlidae) from Centre-West and Southeast Brazil. *Zootaxa*, 2683(1), 35-44.

(15) Froehlich, CG. 2011. *Kempnyia* (Plecoptera) from the Mantiqueira Mountains of Brazil. *Zootaxa*, 2999(1), 20-32.

(16) De Ribeiro, VR, Froehlich, CG. 2007. Two new species of *Anacroneuria* (Plecoptera: Perlidae) from southern Brazil. *Zootaxa*, 1624(1), 53-57.

(17) Bispo, PC, Froehlich, CG. 2004. Perlidae (Plecoptera) from intervalles State Park, São Paulo State, southeastern Brazil, with descriptions of new species. *Aquatic Insects*, 26(2), 97-113.