

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE E TECNOLOGIAS
SUSTENTÁVEIS

TIELI CLÁUDIA MENZEL

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DE SIMULIIDAE (DIPTERA:
CULICOMORPHA) EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA DO BIOMA PAMPA, NO
SUL DO BRASIL**

CERRO LARGO
2019

TIELI CLÁUDIA MENZEL

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DE SIMULIIDAE (DIPTERA:
CULICOMORPHA) EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA DO BIOMA PAMPA, NO
SUL DO BRASIL**

Dissertação de Mestrado, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis.

Linha de Pesquisa: Qualidade Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Milton Norberto Strieder.
Co-orientador: Prof. Dr. David Augusto Reynalte Tataje.

CERRO LARGO

2019

Menzel, Tieli Cláudia

Distribuição espacial e temporal de Simuliidae (Diptera: Culicomorpha) em uma bacia hidrográfica do bioma Pampa, no Sul do Brasil / Tieli Cláudia Menzel. -- 2019.

76 f.

Orientador: Dr. Milton Norberto Strieder.

Co-orientador: Dr. David Augusto Reynalte Tataje.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis-PPGATS, Cerro Largo, RS , 2019.

1. Borrachudos. 2. Padrões de distribuição. 3. Distribuição local. 4. Bioma Pampa. I. Strieder, Milton Norberto, orient. II. Tataje, David Augusto Reynalte, co-orient. III. Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

TIELI CLÁUDIA MENZEL

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DE SIMULIIDAE (DIPTERA:
CULICOMORPHA) EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA DO BIOMA PAMPA, NO
SUL DO BRASIL**

Dissertação de Mestrado, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis.

Área de Concentração: Monitoramento, Controle e Gestão Ambiental.

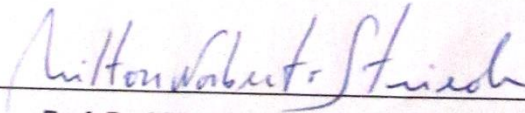
Linha de Pesquisa: Qualidade Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Milton Norberto Strieder.

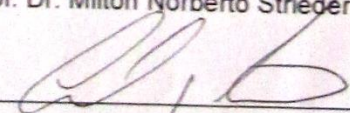
Co-orientador: Prof. Dr. David Augusto Reynalte Tataje.

Esta Dissertação foi defendida e aprovada pela banca em: 26, 02, 2019

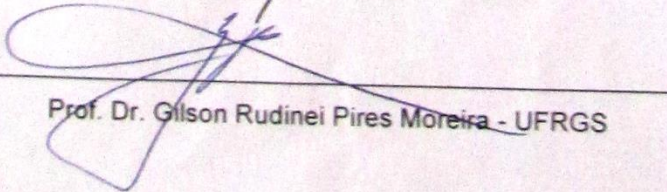
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Milton Norberto Strieder - UFFS



Prof. Dr. Daniel Joner Daroit - UFFS



Prof. Dr. Gilson Rudinei Pires Moreira - UFRGS

Dedico esse trabalho a todos os professores
que lutam pela educação, principalmente àqueles
com quem tive a oportunidade de aprender, e, assim,
me apaixonar pela ciência e suas possibilidades...
Em especial, Prof. Dr. Milton Norberto Strieder.

AGRADECIMENTOS

Chegando ao final desses dois anos intensos, repletos de estudos, dedicação, aprendizados, discussões, troca de experiências, e, principalmente, construção de conhecimentos, restam muitos motivos para agradecer.

Primeiramente, à Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), pela oportunidade de uma formação tão qualificada. Iniciei minha trajetória através do curso de graduação em Ciências Biológicas, e, hoje, findo no Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis (PPGATS). Me faltam palavras para expressar o quanto cresci, tanto profissionalmente como pessoalmente nesses seis anos.

Ainda, a todo corpo docente do programa. Obrigada, professores, por fazerem parte de minha formação e me oportunizarem tantos aprendizados. Com certeza, carrego comigo o exemplo de profissionais excelentes, dedicados e dispostos a contribuir com a educação de muitas pessoas... Vocês fazem a diferença nesse mundo!

Em especial, ao meu orientador, professor Dr. Milton Norberto Strieder. Não só pelo auxílio nesse estudo, mas em todo decorrer de minha caminhada na UFFS, desde os projetos de monitoria, iniciação científica, TCC, até a dissertação. Agradeço por todas as oportunidades e ensinamentos, pela motivação e ajuda (inclusive nas saídas a campo) assim como os momentos de descontração e amizade.

Também, ao meu co-orientador, professor Dr. David Augusto Reynalte Tataje, que, prontamente, aceitou auxiliar nesse trabalho. Por estar sempre disposto e preocupado em ensinar, sem medir esforços para repassar todo seu conhecimento, principalmente, em relação às análises estatísticas.

À Sirlei, com que compartilhei grande parte das experiências vividas na UFFS... Obrigada por tornar tudo mais divertido e amigável. Por todos os momentos de estudos compartilhados, assim como estresse e preocupação. Pelas situações vividas em campo, que incluíram muitos tombos, risadas, cansaço e até um certo desespero quando pensamos estar perdidas. Pela companhia no laboratório e as inúmeras conversas com teor científico, sugestões, auxílios... Minha sincera gratidão por essa amizade durante todos esses anos!

À Cristiane e Samuel, pela disponibilidade em participar das saídas de campo, que renderam várias observações, aprendizados e risadas. Ao Nivaldo, que, sempre

com disposição, auxiliou na escolha dos melhores trajetos até os locais de estudo. A todos os colegas e amigos do Laboratório de Zoologia, pelas conversas, companhia, chitas e amizade.

A toda minha família, por ser meu principal alicerce. Pelos exemplos de vida, caráter e dignidade. Pela preocupação, cuidado e carinho de sempre. De modo especial, à minha mãe, que me ensinou a ler e escrever e fez com que eu admirasse ainda mais os professores. Obrigada por estar presente em toda minha trajetória de estudos, fornecendo todo o amparo, incentivo e auxílio que precisei.

Do fundo do coração, agradeço também ao Juliano. De modo inicial, por tornar essa caminhada mais leve, com amor, carinho e descontração. Também, pelas conversas agradáveis de sempre, que, na maior parte das vezes, terminam em discussões científicas. Mas principalmente, por toda ajuda ao longo do mestrado, o que inclui muitos estudos compartilhados, companhia no laboratório em finais de semana, aulas de inglês, preocupação com as saídas de campo no inverno e até mesmo auxílio com a obtenção de vidros para as coletas. Obrigada por todo o suporte e apoio emocional!

A todos os meus amigos, também expesso a minha sincera gratidão, seja pela torcida, preocupação, ou até mesmo as piadinhas relacionadas com meu desespero (talvez em excesso) de cumprir as atividades acadêmicas. Especialmente, Joice e Dinalva, por estarem sempre comigo e me incentivarem em tantos momentos...

Desde já, agradeço também aos professores da banca examinadora, por aceitarem de prontidão o convite para avaliar e contribuir com este estudo...

RESUMO

As formas imaturas (ovos, larvas e pupas) de Simuliidae (Diptera) desenvolvem-se nas águas correntes e as fêmeas adultas de determinadas espécies apresentam hábito hematófago, com importância médico-veterinária. Para a região neotropical, as informações sobre a bioecologia desse grupo de dípteros ainda são insuficientes. No Brasil, as principais pesquisas estão restritas à Amazônia central e a Mata Atlântica. Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi conhecer a diversidade e os padrões de distribuição dos simulídeos na bacia hidrográfica do rio Piratinim, situada predominantemente no bioma Pampa, no Rio Grande do Sul, Brasil. Foram coletadas formas imaturas de simulídeos em seis riachos, com três trechos de amostragem em cada um, totalizando 18 pontos amostrais. Também foram obtidas variáveis abióticas nos locais de amostragem, sendo consideradas duas estações do ano (primavera, conforme indicações de literatura e outono para fins de comparação) e diferentes escalas espaciais: as regiões da bacia (alta, média e baixa) e trechos dos riachos (nascente, médio e foz). A análise de dados incluiu principalmente técnicas da estatística multivariada, como análise de correspondência e análise de correspondência canônica. Os resultados mostraram a ocorrência de nove espécies de simulídeos para a região do estudo: *Simulium pertinax*, *S. orbitale*, *S. incrustatum*, *S. jujuyense*, *S. subpallidum*, *S. inaequale*, *S. perflavum*, *S. lutzianum* e *S. travassosi*, sendo as três primeiras as mais abundantes (45,62%, 22,61% e 18,17%, respectivamente). A média de espécies por riacho foi de 4,78 ($\pm 1,31$). Foi possível verificar que a estruturação da assembleia foi influenciada, principalmente, pelos fatores locais (trechos dos arroios), mas também por aqueles em maior escala (regiões da bacia), embora de maneira menos significativa. A maior parte das espécies apresentaram distribuição homogênea nos ambientes, com exceção de *S. orbitale* e *S. jujuyense* que foram registradas principalmente em trechos de foz e *S. pertinax* nos trechos de nascente. Quanto as regiões, *S. pertinax* esteve menos presente no trecho baixo da bacia. Com relação às variáveis ambientais, foi observado um aumento da largura e da temperatura da água em direção da foz. Assim, tais dados apresentam informações importantes e inéditas sobre a estruturação da assembleia desses insetos no bioma Pampa, fundamentando o bom estado de conservação e preservação da bacia e podendo ser úteis para o programa estadual de controle dos Simulídeos do Rio Grande do Sul. No entanto, é importante que sejam realizados mais estudos, abrangendo outros biomas e um grande número de localidades, possibilitando a comparação de resultados.

Palavras-chave: Bioma Pampa. Borrachudos. Distribuição local. Padrões de distribuição.

ABSTRACT

The immature stages (eggs, larvae and pupae) of the Simuliidae (Diptera) develop in the water streams and the adult females of certain species have hematophagous habit, with many species of veterinary and medical importance. The information on the bioecology of this group of flies is still insufficient for the Neotropical region. In Brazil, the main researches are basically restricted to the Central Amazonia and the Atlantic Forest. In this context, the aim of the present study was to know the diversity and distribution patterns of the simuliids in basin of the Piratinim river, located mostly in the Pampa biome, in the Rio Grande do Sul, Brazil. Immature stages of Simuliidae were collected in six streams, with three sampling sections in each, totalizing 18 sampling points. Furthermore, abiotic variables were obtained at the sampling sites, considering two seasons of the year (Spring, according to literature and Autumn, for comparison) and different spatial scales: basin regions (source/spring, intermediate and mouth) and stretches sections of streams (nascent, medium and estuary). Data analysis mainly included techniques of multivariate statistics, such as correspondence analysis and canonical correspondence analysis. The results showed the occurrence of nine simuliids species for the region: *Simulium pertinax*, *S. orbitale*, *S. incrustatum*, *S. jujuyense*, *S. subpallidum*, *S. inaequale*, *S. perflavum*, *S. lutzianum* e *S. travassosi*, with the first three being the most abundant (45.62%, 22.61%, and 18.17%, respectively). The mean species number per stream was 4.78 ($\pm 1,31$). It was possible to verify that the community structure was mainly influenced by the local factors (streams stretches), but also by those in a larger scale (basin regions), although in a less significant way. The majority of the species displayed homogeneous distribution in environments, with exception to the *S. orbitale* and *S. jujuyense* that were recorded mainly in stretches of the estuary and *S. pertinax* in stretches of nascent. As regarding the region, *S. pertinax* was less present in the mouth region. In relation to the environmental variables, an increase in water width and temperature towards the estuary was observed. Hence, the data has important and unpublished information about the community of these insects in the Pampa biome, founding the good state of the basin conservation and preservation and may be useful for the state program of control of Simulídeos of Rio Grande do Sul. However, it is important to execute more studies, covering other biomes and many locations, allowing the results comparison.

Keywords: Pampa biome. Black flies. Spatial distribution. Distribution patterns.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Total de espécies coletadas nos 18 pontos de amostragem, na bacia hidrográfica do rio Piratinim, RS, nos períodos da primavera de 2017 e outono de 2018.	42
Tabela 2- Número de exemplares, Proporção de Captura (PC), Ocorrência nos Riachos (OR), região e estação de coleta, para a bacia hidrográfica do rio Piratinim, RS, nos períodos da primavera de 2017 e outono de 2018.	43
Tabela 3- Constância das espécies nas regiões alta, média e baixa da bacia hidrográfica do rio Piratinim, RS, nos períodos da primavera de 2017 e outono de 2018.	44
Tabela 4- Resultado da MRPP aplicada a abundância de simúlideos no período 2017/2018 nas comparações pareadas dos pontos de amostragem nos rios tributários e considerando a agrupação por trecho da bacia do Piratinim. Valores em negrito foram estatisticamente significativos ($P < 0,05$).	47
Tabela 5- Resultado da análise de correspondência canônica (CCA) associando as espécies de simúlideos e as variáveis ambientais mesuradas nos diferentes pontos de coleta na bacia do rio Piratinim (RS), no período 2017/2018. Teste de Monte Carlo para a significância do primeiro eixo da ordenação $P < 0,05$ ($n = 999$ permutações). Valores em negrito foram estatisticamente significativos ($P < 0,05$).	48
Tabela 6- Coordenadas geográficas e características de paisagem associadas com os córregos, nos 18 pontos de amostragem, na bacia hidrográfica do rio Piratinim, RS, Brasil.	63
Tabela 7- Variáveis físico-químicas associadas com os 18 pontos de amostragem, na bacia hidrográfica do rio Piratinim, RS, nos períodos da primavera de 2017 e outono de 2018.	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Ciclo de vida geral dos representantes de Simuliidae.....	17
Figura 2- Localização dos dezoito pontos de amostragem de simúlídeos na bacia hidrográfica do rio Piratinim, RS, Brasil.....	36
Figura 3- Curva de acumulação de espécies das coletas realizadas na bacia hidrográfica do rio Piratinim, RS, nos períodos da primavera de 2017 e outono de 2018.	41
Figura 4- Abundância das diferentes espécies em relação a região da bacia hidrográfica do rio Piratinim, RS e trechos dos riachos, nos períodos da primavera de 2017 e outono de 2018.	45
Figura 5- Resultado da Análise de Correspondência aplicada a matriz de dados de simúlídeos amostrados na bacia do rio Piratinim nos períodos da primavera de 2017 e outono de 2018.	46
Figura 6- Resultado da Análise de Correspondência Canônica aplicada a matriz de dados de simúlídeos e parâmetros abióticos amostrados na bacia do rio Piratinim nos períodos da primavera de 2017 e outono de 2018.....	49

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 GENERALIDADES DE SIMULIIDAE	14
2.2 ASPECTOS BIOLÓGICOS DE SIMULIIDAE	16
2.2.1 Características morfológicas das formas imaturas (larvas e pupas) importantes para a identificação das espécies de Simuliidae	20
2.3 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E MÉDICA DE SIMULIIDAE	21
2.3.1 Impactos Ambientais e Agravos	22
2.3.2 Controle Integrado de Simuliidae	23
2.4 DISTRIBUIÇÃO DE SIMULIIDAE	23
2.4.1 Distribuição espacial	24
2.4.2 Distribuição temporal	27
2.4.3 Padrões de distribuição de Simuliidae em bacias hidrográficas	28
2.4.3.1 Bacia Hidrográfica do Rio Piratinim	29
3 RESULTADOS	31
3.1 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DE BORRACHUDOS (DIPTERA: SIMULIIDAE) EM CÓRREGOS DO BIOMA PAMPA, BRASIL	32
3.1.1 Introdução	33
3.1.2 Material e Métodos	34
3.1.2.1 Área de estudo	34
3.1.2.2 Amostragem	36
3.1.2.3 Triagem e identificação do material biológico	37
3.1.2.4 Análise de dados	38
3.1.3 Resultados	39
3.1.3.1 Composição taxonômica e abundância	39
3.1.3.2 Estrutura da assembleia de simulídeos	45

3.1.3.3 Relação da abundância de simúlídeos com as variáveis ambientais	47
3.1.4 Discussão	49
3.1.4.1 Composição taxonômica e abundância	49
3.1.4.2 Estrutura da assembleia de simúlídeos	53
3.1.4.3 Relação da abundância de simúlídeos com as variáveis ambientais	54
Referências	55
Material Suplementar	62
REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

Simuliidae (Diptera: Culicomorpha) é considerado um dos grupos de insetos mais abundantes dentre a fauna de ecossistemas lóticos (SRISUKA et al., 2015), com 2.351 espécies válidas (ADLER; CROSSKEY, 2018). A distribuição das espécies é limitada localmente, uma vez que os três primeiros estágios de desenvolvimento (ovo, larva e pupa) estão confinados a águas correntes (EYMANN, 1993), fixando-se nos substratos disponíveis, como superfícies rochosas, vegetação pendente, gramíneas, raízes e lama (SRISUKA et al., 2015; VIJAYAN; ANBALAGAN, 2018). As larvas são importantes nesses ambientes, uma vez que apresentam comportamento filtrador não seletivo, ingerindo partículas em suspensão na água, além de servirem como fonte de alimento para demais invertebrados e vertebrados (COSCARÓN, 1991).

Os simulídeos são classificados como um grupo de importância médico-veterinária, visto que as fêmeas adultas de determinadas espécies necessitam de sangue para o desenvolvimento completo de seus oócitos (CROSSKEY, 1990; HERNÁNDEZ-TRIANA et al., 2017). As picadas desses dípteros podem ocasionar uma série de problemas a seus hospedeiros (aves, mamíferos e seres humanos), como incômodos, reações imunológicas e transmissão de doenças (ADLER et al., 2004). Dentre os agentes etiológicos que esses insetos podem transportar, na condição de vetores, é importante considerar *Onchocerca volvulus*, responsável pela oncocercose, e *Mansonella ozzardi*, ao qual se atribui a mansonelose (SHELLEY et al., 2010).

Apesar das abordagens morfo e citotaxonômicas desse grupo de insetos serem bem desenvolvidas (ADLER et al., 2004), a ecologia ainda é pouco estudada, principalmente para as espécies da região neotropical (HAMADA et al., 2002). No Brasil, a maior parte dos estudos estão limitados à Amazônia Central e Mata Atlântica (SANTOS, 2008). Begon et al. (2006) reiteram a importância de compreender a dinâmica de distribuição das espécies, com o intuito de reconhecer os mecanismos que regulam a estrutura das comunidades. Strieder et al. (2006) indicam que estudos nesse sentido podem auxiliar na diferenciação entre os padrões de perturbação ocasionados a partir de fenômenos naturais daqueles de origem antrópica, considerando o grau de conservação da integridade ambiental dos ecossistemas.

O Rio Grande do Sul apresenta uma grande heterogeneidade ambiental, compreendendo dois biomas e oito regiões fitoecológicas (CORDEIRO; HASENACK, 2009). O bioma Pampa integra 63% do território do estado (ROESCH et al., 2009) e apresenta uma série de ecossistemas naturais com alta diversidade de espécies, tanto animais como vegetais (PILLAR et al., 2009). O processo responsável pela identificação de áreas prioritárias para conservação da biodiversidade (MINISTRY OF THE ENVIRONMENT, 2007) indicou que o grupo invertebrados ainda é pouco conhecido para esse bioma.

A área do presente estudo corresponde à bacia hidrográfica do rio Piratinim, que se encontra, de maneira predominante, no bioma Pampa, incluindo algumas áreas de tensão ecológica. A principal região fitoecológica consiste na savana estépica, mas também podem ser observados determinados trechos de floresta estacional decidual (CORDEIRO; HASENACK, 2009). Diversos autores (SMITH; PETREIRE JR., 2001; SCHIAVETTI; CAMARGO, 2002; SIQUEIRA, HENRY-SILVA, 2011) indicam que as bacias hidrográficas são regiões de drenagem importantes para o entendimento de ecossistemas aquáticos, uma vez que envolvem aspectos geológicos, climatológicos, de vegetação e usos do solo, bem como são constituídas por um conjunto de processos bióticos e abióticos.

Nesse sentido, o presente trabalho visou estudar os Simuliidae ocorrentes na bacia hidrográfica do rio Piratinim, com o objetivo de contribuir com conhecimento da fauna do bioma Pampa e os aspectos que determinam a distribuição das espécies. Para tanto, foram coletados exemplares das formas imaturas (larvas e pupas) em diferentes escalas espaciais e temporais, incluindo importantes contribuintes das principais regiões da bacia (alta, média e baixa) e três trechos dos seis riachos estudados (nascentes, médios e de foz), além de duas estações do ano (primavera e outono). Também foi realizado o registro de variáveis abióticas da água e caracterização das áreas limítrofes.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O referencial teórico a seguir reúne as principais informações disponíveis sobre Simuliidae, com base em estudos clássicos e atuais, visando abranger aspectos sobre o número de espécies conhecidas, assim como a biologia e ecologia desses insetos. Também, foram incluídos dados sobre o local de estudo, ou seja, a bacia hidrográfica do rio Piratinim, destacando características geográficas e principais usos das áreas limítrofes.

2.1 GENERALIDADES DE SIMULIIDAE

Os insetos de Simuliidae pertencem à ordem Diptera e subordem Nematocera. Apresentam uma distribuição cosmopolita, ocorrem em quase todas as regiões faunísticas do planeta (com apenas exceção da antártica) e são amplamente reconhecidos, sendo designados como “black flies” na língua inglesa, “jejene” nos países latino-americanos e “borrachudos”, “piuns” ou “casaquinhos-de-couro” no Brasil (CROSSKEY, 1990; HAMADA et al., 2002; AMARAL-CALVÃO; MAIA-HERZOG, 2003; MCCREADIE et al., 2005; CURRIE; ADLER, 2008).

De acordo com Adler e Crosskey (2018) são consideradas válidas 2.351 espécies, sendo 2.335 vivas e 16 fósseis. Ainda, são indicadas as respectivas porcentagens das diferentes espécies de acordo com a região zoogeográfica, sendo 11% para a Afro-tropical, 12% para a Australiana, 11% para a Neártica, 16% para a Neotropical, 17% para Oriental e os demais 33% para a Paleártica. No entanto, estes autores apontam que tais dados podem não representar a biodiversidade real, uma vez que o número de estudos, ou seja, o esforço amostral e taxonômico nas diferentes localidades apresenta variação. Ainda, não são consideradas as espécies compartilhadas entre duas regiões.

Para o Brasil, são listadas 93 espécies, pertencentes a três gêneros, conforme segue: *Araucnephia* Wygodzinsky & Coscarón, 1973 (uma espécie); *Lutzsimulium* d'Andretta & d'Andretta, 1947 (quatro espécies); *Simulium* Latreille, 1802, (88 espécies). O último compreende ainda outra subdivisão, incluindo seis subgêneros: *Aspathia* Enderlein, 1935; *Chirostilbia* Enderlein, 1921; *Notolepria* Enderlein, 1930; *Psaroniocompsa* Enderlein, 1934; *Psilopelmia* Enderlein, 1934; *Trichodagmia* Enderlein, 1934 (ADLER; CROSSKEY, 2018).

No que se refere ao estado do Rio Grande do Sul, Adler e Crosskey (2018) reconhecem 29 espécies, dos gêneros *Lutzsimulium* e *Simulium*, sendo o último gênero apenas não representado por *Aspathia* e *Notolepria* dentre os subgêneros encontrados no Brasil. No entanto, um estudo realizado por Strieder et al. (2006) na bacia hidrográfica do rio Caí, registra a presença de *Simulium dinellii* Joan, 1912, totalizando, dessa forma, 30 espécies ocorrentes para o estado.

Simuliidae é bastante reconhecida no meio científico, principalmente na taxonomia, integrando aspectos morfo e citotaxonômicos (ADLER et al., 2004; COSCARÓN; ARIAS, 2007; ADLER et al., 2010). Contudo, mesmo com um alto número de pesquisas taxonômicas disponíveis, ainda existem problemas quanto a classificação das espécies. Alguns estudos (PEPINELLI, 2011; ANBALAGAN et al., 2017; ZAMPIVA; PEPINELLI, 2017) apontam a necessidade de uma melhor compreensão sobre a história evolutiva dos táxons.

Entretanto, os estudos taxonômicos sobre este grupo de insetos são mais avançados que os ecológicos. A bioecologia dos simulídeos ainda é compreendida de maneira insuficiente, particularmente para a região neotropical (HAMADA et al., 2002). Figueiró e Gil-Azevedo (2010) apontam que a literatura existente está restrita a poucas áreas geográficas. No caso do Brasil, as principais pesquisas são limitadas aos biomas da Amazônia Central e Mata Atlântica (com ênfase aos estados de São Paulo e Rio Grande do Sul) (SANTOS, 2008). Coscarón et al. (2011) salientam a existência de lacunas no conhecimento dessa família para Santa Catarina, por exemplo.

Adicionalmente, grande parte dos estudos voltados à ecologia dos simulídeos estão restritos a espécies individuais (HAMADA et al., 2002). No entanto, é muito importante reconhecer as comunidades locais em geral, identificando os padrões de distribuição, composição ou abundância, assim como a interação entre os fatores bióticos e abióticos que as determinam (LEGENDRE, 1993; AGRAVAL et al., 2007). Begon et al. (2006) reiteram que pesquisas neste âmbito podem fornecer subsídios para a compreensão dos fatores que modificam a diversidade biológica regional.

Nesse sentido, nas últimas décadas, alguns autores têm se dedicado a estudar a comunidade de simulídeos em diferentes regiões do Brasil, considerando os fatores ecológicos. As principais pesquisas nesta linha foram realizadas por Hamada et al. (2002), Strieder et al. (2002), McCreadie et al. (2005), Figueiró et al. (2006), Strieder et al. (2006), Figueiró et al. (2008), Landeiro et al. (2009), Bertazo et al. (2010),

Figueiró et al. (2012), Viviani et al. (2012), Couceiro et al. (2014), Pinto et al. (2014) e Docile et al. (2015).

Outro aspecto que justifica os estudos sobre as espécies de Simuliidae são as perturbações que podem ser ocasionadas, principalmente em função do hábito hematófago das fêmeas na fase adulta (CROSSKEY; HOWARD, 1997). De acordo com Watts (1975), esses insetos são capazes de acarretar uma série de problemas em escala global e local, tanto na área ambiental e ecológica, como também em esferas sociais, médicas e econômicas. São classificados, portanto, entre os três ou quatro táxons de maior importância dentre os artrópodes vetores (ADLER et al., 2010).

Por outro lado, cabe ressaltar a importância ecológica dos simulídeos, uma vez que estão entre os componentes mais abundantes dos sistemas lóticos, contribuindo com a estabilidade do ecossistema (ADLER et al., 2004). Esses organismos participam ativamente do elo trófico, servindo de recurso para predadores, além de disponibilizarem matéria orgânica para demais organismos, pelo fato de o estágio de desenvolvimento larval apresentar hábito coletor-filtrador (WOTTON et al., 1998).

De acordo com alguns estudos desenvolvidos no estado do Rio Grande do Sul (STRIEDER et al., 2002; STRIEDER, 2005; STRIEDER et al., 2006), informações referentes a distribuição e diversidade das espécies são fundamentais para diferenciar os padrões de ocorrência natural daqueles que são determinados pela influência antrópica.

2.2 ASPECTOS BIOLÓGICOS DE SIMULIIDAE

Noções referentes à biologia dos diferentes grupos de indivíduos são de extrema importância, uma vez que permitem um maior entendimento sobre os padrões e processos da evolução (WAKE, 1984). De acordo com Watts (1975), o conhecimento sobre a estrutura geral, assim como aspectos comportamentais dos simulídeos merece atenção, uma vez que estudos nesse sentido podem configurar avanços no campo da taxonomia, determinando até mesmo características diagnósticas para os grupos naturais.

É importante considerar que, embora a literatura sobre Simuliidae seja bastante ampla, os estudos relacionados aos diferentes estágios do ciclo biológico ainda são insuficientes. Nesse sentido, é imprescindível reunir informações, visando a elaboração de métodos de controle associados às formas imaturas desses insetos,

prevenindo, por exemplo, o uso indiscriminado de inseticidas e auxiliando na conservação da integridade ambiental dos ecossistemas aquáticos (STRIEDER, 2005; PETRY et al., 2006).

Assim como as demais espécies pertencentes a Diptera, os simúlideos são insetos com desenvolvimento holometábolo, ou seja, apresentam uma metamorfose completa. Para completar seu ciclo de vida, esses organismos necessitam de ambientes diferenciados. As formas imaturas, que incluem as fases de ovo, larva e pupa, têm como criadouros os ecossistemas aquáticos lóticos, com presença de corredeiras, enquanto os indivíduos adultos apresentam vida aérea no meio terrestre (CURRIE; ADLER, 2008).

Apesar de o ciclo de vida apresentar determinada variabilidade, conforme a espécie ou as condições ambientais (PETRY et al., 2006), de modo geral, certo padrão se mantém (Figura 1). As fêmeas depositam os ovos no ambiente aquático, dos quais surgem as larvas. Estas, passam por uma série de estádios, possibilitando seu crescimento, até evoluírem para a fase de pupa. Por fim, emergem os indivíduos adultos (ADLER; MCCREADIE, 1997).

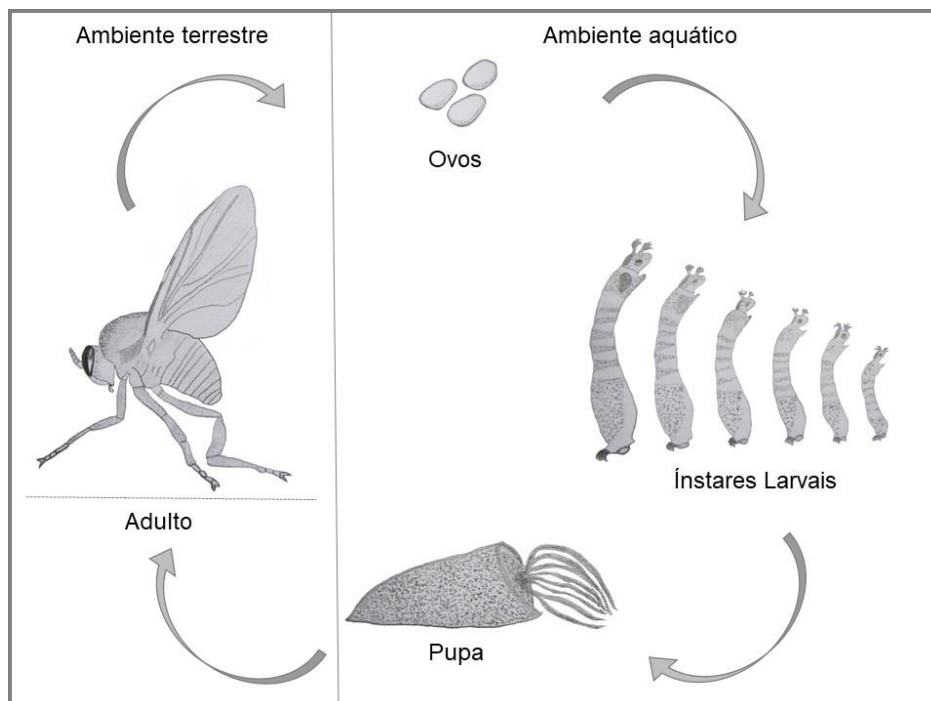


Figura 1- Ciclo de vida geral dos representantes de Simuliidae.

No que se refere à oviposição, cada fêmea coloca, em média, 200 a 300 ovos por postura, e o amadurecimento leva cerca de 5 a 6 dias (COUTINHO, 1993). A deposição é realizada em diferentes substratos, conforme as preferências das espécies. No geral, galhos, folhas e seixos rochosos localizados em ambientes com presença de corredeiras estão entre os principais espaços selecionados para desova (CROSSKEY, 1990; CURRIE; ADLER, 2008). Para não serem transportados pelo fluxo da água, os ovos são revestidos por uma substância gelatinosa e aderente (PETRY et al., 2006).

A morfologia dos ovos consiste em um formato ovoide a quase triangular (quando vistos lateralmente), e apresentam uma superfície lisa. O tamanho é pequeno, com medidas de 100 a 400 μm . A coloração varia, sendo, em geral, branca inicialmente e escurecendo no período da embriogênese. A oviposição pode ocorrer em massa, formando um agregado de vários ovos (comumente entre 200 a 500) (WATTS, 1975; CAMPOS; ANDRADE, 1999; CAMPOS; ANDRADE, 2002).

Logo após a eclosão dos ovos, inicia-se a etapa de desenvolvimento larval. Nessa fase ocorrem uma série de mudas (ecdises) responsáveis pelo crescimento das larvas. Cada uma dessas trocas representa um ínstar (CROSSKEY, 1990). As diferentes espécies apresentam um número variável de instares, que também pode diferir dentro de uma mesma espécie, sob influência de determinadas condições físico-químicas e ambientais. Comumente, ocorrem de seis a sete instares, no entanto, existem relatos de quatro até nove (ROSS; MERRITT, 1978).

Tendo em vista esse modo de desenvolvimento, além da potencial capacidade de colonização, as larvas dos simúlideos estão entre os componentes mais abundantes dos sistemas lóticos (CROSSKEY, 1990). Como são filtradoras não seletivas, alimentando-se principalmente de partículas orgânicas dissolvidas na água, elas apresentam uma funcionalidade muito importante para o ecossistema, além de servirem de alimento para demais predadores, contribuindo com o elo trófico (MALMQVIST et al., 2004; SRISUKA et al., 2015).

No estágio larval, existem uma série de caracteres morfológicos importantes para a sobrevivência. A ventosa de fixação, situada na parte posterior do abdômen, apresenta a função de impedir que a correnteza transporte os indivíduos dos substratos em que se encontram aderidos (BENCHIMOL; SÁ, 2006). Para alimentação, apresentam um par de leques cefálicos, capazes de direcionar as partículas para a abertura da boca (FRY; CRAIG, 1995). Outra característica é a

capacidade de locomoção, possibilitada pela produção de um fio de secreção de seda, que permite que os indivíduos fiquem ancorados no local onde estavam, e, assim que chegam na nova base, voltam a se fixar (KIEL, RÖDER, 2002).

Depois de completamente desenvolvidas, no último ínstar, as larvas sintetizam uma substância sedosa, da qual é tecido o casulo, que dará proteção ao próximo estágio de desenvolvimento, a pupa. Nessa fase, os indivíduos permanecem fixos em substratos no ambiente aquático, através de um arranjo de ganchos abdominais, na base de um estojo cônico. As pupas apresentam a porção anterior do corpo saliente, com presença de um par de brânquias torácicas (responsáveis pelas trocas gasosas) que podem ocorrer de muitas formas diferentes, dependendo da espécie em questão (WOOD, 1985; HAMADA et al., 2014).

As pupas permanecem imóveis e não se alimentam. Elas vão se tornando gradativamente mais escuras (faradas) conforme ocorre o desenvolvimento do adulto dentro delas. Por fim, no momento da emergência, o casulo acaba se dividindo, pressionada pelo tórax da forma adulta, que flutua até a superfície por uma bolha de ar, e o imago (forma adulta) imediatamente levanta voo (HANNAY; BOND, 1971; CROSSKEY, 1990).

Os adultos de Simuliidae, como os demais integrantes da classe dos insetos, apresentam o corpo dividido em cabeça, tórax e abdômen. São indivíduos pequenos, variando suas medidas entre 1,5 e 6 mm e com coloração geralmente escura; no entanto, dependendo da espécie, também podem existir tons amarelados ou alaranjados. As antenas são curtas, constituídas por 11 segmentos (raramente 10 ou nove) e as asas bastante largas e caracterizadas pelas veias conspícuas. Os machos são facilmente distinguidos das fêmeas por apresentarem os olhos compostos unidos (holópticos) (GAONA; ANDRADE, 1999; TAKAOKA, 2016).

Um dos primeiros comportamentos dos adultos é o acasalamento, seguido pela alimentação. Como fonte de hidratos de carbono, em geral, é realizado o consumo de néctar de flores ou até seiva das plantas, que são responsáveis pela nutrição. Algumas fêmeas, adicionalmente, apresentam hábito hematófago (em aves e também mamíferos), importante para desenvolvimento dos oócitos. No entanto, também existem as espécies autógenas, ou seja, não necessitam de sangue para completar seu ciclo gonotrófico (CUNHA, 2001). Antes da oviposição, a fêmea retorna ao ambiente aquático (TAKAOKA, 2016).

2.2.1 Características morfológicas das formas imaturas (larvas e pupas) importantes para a identificação das espécies de Simuliidae

Como os simulídeos representam importância ambiental significativa e apresentam impactos sociais, médicos e econômicos, o conhecimento relativo à identificação das espécies é fundamental. Informações associadas à distribuição e comportamento auxiliam na aplicação de medidas de controle pertinentes e eficazes (RUIZ-ARRONDO et al., 2018). De acordo com Crosskey (1981), uma das principais funções práticas da taxonomia atual é caracterizar e diferenciar as espécies de modo confiável.

Para a diferenciação dos simulídeos ainda em estágio larval, é necessário classificar os organismos conforme o morfotipo, considerando para identificação somente aqueles com o histoblasto branquial bem formado, ou seja, nos estádios finais de desenvolvimento. Desta forma, é possível ter mais segurança quanto às espécies, devido à ausência de caracteres morfológicos específicos nas formas larvais mais jovens (STRIEDER; PY-DANIEL, 1999).

Analisando chaves para identificação de larvas (HAMADA; ADLER, 2001; HAMADA; GRILLET, 2001) é possível definir algumas características principais que devem ser observadas para diferenciação de espécies neotropicais. O tamanho (tanto da larva como também do histoblasto branquial) deve ser considerado, assim como a coloração, presença ou ausência de papilas ventrais posteriores, aspecto da cápsula cefálica (presença de determinada pigmentação definida), e o formato da fenda gular.

A identificação de simulídeos neotropicais em fase de pupa requer a observação de uma série de características. De modo geral, aspectos como o formato do casulo (definido, indefinido, simétrico, assimétrico, “chineliforme”, “sapatiforme”, com ou sem projeção ântero-dorsal), bem como sua textura (de feltro ou sem feltro) são amplamente utilizados no campo da taxonomia. A verificação dos filamentos branquiais também é imprescindível, principalmente quanto ao seu número, forma, ramificações, arqueamento e distância das inserções na base. Ainda, são levados em consideração o tipo e distribuição de tubérculos no cefalotórax (COSCARÓN, 1991; STRIEDER et al., 1992; HAMADA; ADLER, 2001).

Gil-Azevedo et al. (2005), em um estudo com elaboração de chaves dicotômicas, apontam que existem outros caracteres morfológicos, menos usuais,

mas que também podem ser considerados para identificação das diferentes espécies na fase de pupas. Dentre eles, vale ressaltar a comparação entre as dimensões do comprimento da brânquia e do casulo, a largura e disposição espacial dos filamentos branquiais, bem como a presença e posição do assoalho do casulo.

2.3 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E MÉDICA DE SIMULIIDAE

Várias espécies de simulídeos são conhecidas mundialmente por ocasionarem diversos impactos, na esfera econômica e médica, tendo em vista o incômodo das picadas e possível veiculação de agentes patogênicos (CROSSKEY, 1990; ADLER et al., 2004; PETRY et al., 2006; CURRIE; ADLER, 2008). Para Adler et al. (2004), essa família pode ser classificada, dentre os insetos que afetam a saúde e bem-estar financeiro dos seres humanos, como o segundo grupo mais danoso.

As perdas econômicas ocasionadas pelas atividades desses insetos são difíceis de serem calculadas (GRAY et al., 1996), principalmente devido à amplitude de setores que podem ser afetados e a respectiva sucessão de consequências. Fatores como os ataques a animais domésticos (podendo ocasionar perda de peso e/ou redução na produtividade), problemas em comércio e turismo (como indústrias de lavagem de carros ou de recreação), interferência nas atividades da agricultura, com redução na eficiência dos trabalhadores, e até os próprios custos médicos e aplicação de medidas de controle são alguns dos prejuízos que podem ser considerados (SARIÖZKAN et al., 2014).

Quanto as questões de saúde pública, uma série de estudos (COLEBUNDERS et al., 2014; NASCIMENTO-CARVALHO; MAIA-HERZOG, 2017; SÁNCHEZ-LÓPEZ et al., 2018) têm mostrado o problema que os simulídeos representam. Esses insetos podem servir como hospedeiros intermediários de determinados parasitas, sendo vetores de patologias, como a oncocercose e também a mansoniase (SHELLEY et al., 2010). No entanto, mesmo nas áreas em que as doenças não ocorrem, o impacto ainda é evidente, tendo em vista as graves reações imunológicas que podem ser ocasionadas (PETRY et al., 2006).

Segundo Figueiró e Gil-Azevedo (2010), a oncocercose pode ser considerada a principal patologia transmitida pelos simulídeos. Esta doença é apontada como a segunda principal responsável pela cegueira infecciosa em seres humanos (PETRY et al., 2006). O agente etiológico é uma microfilária pertencente à família

Onchocercidae, a *Onchocerca volvulus*. Apesar de ser mais prevalente na África, essa doença está presente em determinadas áreas endêmicas da América Latina (FIGUEIRÓ; GIL-AZEVEDO, 2010). No Brasil, algumas comunidades indígenas, principalmente da tribo Yanomami, estão afetadas (SHELLEY, 2002).

2.3.1 Impactos Ambientais e Agravos

O aumento das atividades antrópicas afeta diretamente a diversidade da vida na Terra (BAILLIE et al., 2004). Nos ecossistemas aquáticos, as principais alterações são ocasionadas pela modificação das áreas limítrofes, impermeabilização do solo e aspectos de poluição em geral (VANNOTE, 1980). Tais modificações no ambiente abiótico exercem consequências à integridade biológica, sejam elas diretas, como a perda de hábitat, ou indiretas, como transformações na dinâmica da comunidade no ambiente aquático (TOWNSEND et al., 2003).

Diversos estudos (FELD et al., 2002; ADLER et al., 2010; PACHÓN; WALTON, 2011; DOCILE et al., 2015; CIADAMIDARO et al., 2016) demonstram que a diversidade e abundância dos simúlideos pode ser influenciada por muitos aspectos ambientais, diretamente relacionados com as pressões antrópicas. De acordo com Strieder et al. (2002) e Figueiró et al. (2014), condições desproporcionais de uso dos recursos naturais em bacias hidrográficas são capazes de favorecer determinadas espécies, e, conseqüentemente, ocasionar um desequilíbrio no ecossistema, gerando padrões de maior perturbação.

Simulium (Chirostilbia) pertinax parece ser amplamente favorecida com o constante despejo de matéria orgânica e dejetos de animais, nos cursos d'água de áreas rurais, sem o devido tratamento (apesar de também estar presente em ambientes naturais sem poluição, conforme Branco Jr. e Andrade, 1992). Resultados obtidos por Strieder et al. (2006) indicam uma maior abundância dessa espécie em riachos impactados, com altas concentrações de nitrito e nitrato. Nesse sentido, principalmente no sul do Brasil, desequilíbrios populacionais favorecem padrões de perturbações causadas pelos adultos, uma vez que essa espécie é considerada antropofílica, com reações alérgicas capazes de influenciar o bem-estar da população humana e de outros animais (COSCARÓN, 1991; STRIEDER; CORSEUIL, 1992).

2.3.2 Controle Integrado de Simuliidae

Com o objetivo de reduzir perdas econômicas e problemas relacionados à saúde pública, o controle de simuliídeos tem sido empregado globalmente, incluindo áreas rurais e também urbanas (PETRY et al., 2004). No entanto, para obtenção de resultados eficientes, com conservação da biodiversidade aquática, são necessários conhecimentos taxonômicos e ecológicos, para identificação de vetores e reconhecimento dos padrões de distribuição (SHELLEY, 2002).

Atualmente, existem diferentes formas de controlar as populações de simuliídeos, integrando métodos químicos, físicos e biológicos. O primeiro, consiste na aplicação, de modo controlado, de larvicidas sintéticos. O processo mecânico (ou físico) engloba uma série de medidas visando a remoção das formas imaturas do ambiente aquático, para impedir a emergência de adultos. Já o último, tem como base a utilização de inimigos naturais ou metabólicos proteicos (COSCARÓN, 1999).

Inicialmente, a implementação do controle de simuliídeos ocorreu com a utilização (de certa forma indiscriminada) dos inseticidas químicos organoclorados DDT (dicloro-difenil-tricloroetano) e BHC (hexaclorobenzeno). Contudo, devido à pressão seletiva sobre espécies, observou-se o desenvolvimento de resistência, e pela toxicidade no ambiente, esse recurso deixou de ser empregado (CAMPOS; ANDRADE, 2002). Atualmente, em diversos países, o método que parece apresentar os melhores resultados é o controle biológico, com a aplicação do larvicida *Bacillus thuringiensis* (MONTAGNA et al., 2012).

De acordo com Maia et al. (2014), já foram implantados três programas de controle de simuliídeos no Brasil, sendo o pioneiro no estado do Rio Grande do Sul, seguido pelo do litoral norte de São Paulo e, o último, no Paraná. Nesse sentido, cabe ressaltar a importância do estabelecimento de técnicas de manejo integrado, com ações eficazes, baseadas no conhecimento científico existente, como também atividades educacionais, conscientizando a comunidade, com o intuito de obter maior participação social (NASCIMENTO-CARVALHO; MAIA HERZOG, 2017).

2.4 DISTRIBUIÇÃO DE SIMULIIDAE

Um dos principais objetivos da ecologia é reconhecer os fatores e processos responsáveis pelo tamanho da população, estrutura das comunidades e manutenção

da diversidade (SCHAFFNER, 1990; CHESSON, 2000; GILBERT; LECHWICZ, 2004). Em geral, as espécies apresentam respostas diferentes em relação às mudanças ambientais, que dependem de uma série de relações complexas com as condições ecológicas. Dentre elas, é importante considerar as tolerâncias abióticas e interações bióticas, assim como a capacidade de dispersão, sendo que ambas variam no tempo e espaço (ALGAR et al., 2009).

Nessa perspectiva, é fundamental reconhecer as características ecológicas que influenciam na distribuição dos simulídeos, tendo em vista sua importância sanitária. De acordo com Coscarón (1991), Strieder (2005) e Figueiró et al. (2008), uma das justificativas para levantar informações acerca da biologia dessa família está relacionada com a necessidade de controle, que deve ser realizada de maneira pertinente, levando em conta a importância de tais indivíduos nos fluxos d'água e prezando pela integridade do ambiente.

Os simulídeos apresentam um potencial de distribuição limitado, principalmente quanto ao hábitat, uma vez que as formas imaturas necessitam de ambientes apropriados para o seu desenvolvimento (LAKE; BURGER, 1983). No entanto, além do local de reprodução, outros aspectos contribuem para determinar o conjunto de espécies de cada localidade. Nesse sentido, é importante considerar que tais insetos podem variar sua comunidade, tanto no espaço como também no tempo (SANTOS et al., 2010; FIGUEIRÓ et al., 2014; SRISUKA et al., 2015).

2.4.1 Distribuição espacial

Uma série de variáveis ambientais são consideradas preditoras das espécies de simulídeos (HAMADA et al., 2002; MCCREADIE et al., 2005; MCCREADIE; ADLER, 2006; ILLÉSOVÁ et al., 2008; LANDEIRO et al., 2009; SRISUKA et al., 2015; YA'COB et al., 2016a). Adicionalmente, vários autores indicam que outros fatores, como interações biológicas (HART, 1986; BASCOMPTE, 2009), hábitat (CIBOROWSKI; ADLER, 1990; HALGOS et al., 2001) e a disponibilidade de alimentos (COLBO; PORTER, 1979), também exercem determinada influência sobre esses insetos.

A temperatura da água é reconhecida como um fator primário que atua sobre a dinâmica populacional dos simulídeos (ROSS; MERRITT, 1987). Hamada et al. (2002) verificaram uma relação positiva entre a abundância de espécies e temperaturas mais

frias. Hauer e Benke (1987) confirmaram a correlação entre maior crescimento larval e maior temperatura, especialmente acima de 20 °C. Resultados similares foram obtidos por Bernotiene e Bartkeviciene (2013). No entanto, esse aspecto é extremamente variável, especialmente sob as condições do meio e preferências das espécies (HAUER; BENKE, 1987).

Outra condição ambiental considerada importante para definir a distribuição dos Simulídeos é o pH (HAMADA et al., 2002; LANDEIRO et al., 2009). McCreadie e Adler (2006) apontam esse fator como um dos principais responsáveis para formação de ecorregiões, levando em conta a simuliofauna. Em seu estudo em um Parque Nacional do norte da Tailândia, Srisuka et al. (2015) reconhecem pHs um pouco menores (sendo que o pH mais alto encontrado foi 5,56 e o menor 6,26) como um dos princípios centrais que exercem influência sobre a riqueza de espécies. Resultados semelhantes foram observados por Tongjura et al. (2015) na Nigéria.

A variação na velocidade da água também contribui para diversificar a comunidade de simulídeos, uma vez que gera diferenças no hábitat (FIGUEIRÓ et al., 2008). McCreadie e Colbo (1993) indicaram que a macrodistribuição desses insetos pode sofrer influência desse fator, assim como Figueiró et al. (2008), que observaram *Simulium pertinax* associada a altos fluxos de água, enquanto *Simulium subpallidum* pareceu apresentar preferência por velocidades mais baixas. Malmqvist e Sackmann (1996) apontam que correntes mais rápidas favorecem esses insetos, uma vez que a predação diminui. Santos Jr. et al. (2007) obtiveram resultados semelhantes, indicando que a abundância de *Simulium pertinax* estava associada a velocidades maiores, onde o número de macroinvertebrados predadores é reduzido.

A concentração de oxigênio na água também é identificada como um parâmetro capaz de influenciar a densidade e distribuição de Simuliidae (TONGJURA et al., 2015). Certos estudos têm mostrado que esse fator está relacionado com outras condições ambientais, também reconhecidas como importantes para esses insetos. Os sedimentos, assim como o material provindo da cobertura vegetal podem reduzir o nível de oxigênio dissolvido, afetando assim a abundância e diversidade de espécies (OPOKU, 2006). Bernotiene (2015) destaca que o aumento na temperatura da água pode levar a diminuição dessa variável. Hamid et al. (2017) indica uma relação significativa entre o oxigênio dissolvido e a abundância de Simulídeos, Feld et al. (2002) relataram ausência de simulídeos em demandas biológicas de oxigênio

superiores a 12 mg L⁻¹, e Opoku (2006) apontam a necessidade de pelo menos 60% de saturação de oxigênio dissolvido para reprodução das espécies.

Vale salientar ainda que o tamanho do córrego é considerado por diversos autores como um preditor da distribuição da comunidade de simúldeos (ADLER; MCCREADIE, 1997; HAMADA et al., 2002; MCCREADIE et al., 2004; FIGUEIRÓ et al., 2006, YA'COB et al., 2016a). Malmqvist et al. (1999) e Palmer e Craig (2000) também contribuem para esse conhecimento, indicando uma associação significativa entre a dimensão do leque cefálico das espécies com a largura do riacho.

A condutividade elétrica nos fluxos d'água é outro fator que desempenha um papel importante na distribuição desses insetos (HAMID et al., 2017). A maior parte dos autores (GRILLET; BARRERA, 1997; PRAMUAL; WONGPAKAM, 2010; YA'COB et al., 2016a; YA'COB et al., 2016b) têm reconhecido que valores mais baixos dessa variável favorecem a ocorrência de um número maior de espécies de simúldeos, gerando maior diversidade. No entanto, Srisuka et al. (2015) apontam a alta condutividade como uma condição capaz de gerar maior variância inter-local.

A disponibilidade e tipo de substratos para fixação das formas de desenvolvimento imaturas também são caracterizadas como significativos na variação da comunidade de simúldeos (CIBOROWSKI; ADLER, 1990; HALGOS et al., 2001). Figueiró et al. (2012) observaram que as folhas mortas presas nas corredeiras parecem ser o local de fixação mais frequente para grande parte das espécies. No entanto, algumas delas apresentam preferências diferentes, como por rochas ou vegetação ripária.

Outra variável bastante considerada nos estudos com simúldeos é a altitude. Ya'cob et al. (2016a) reconhecem que pesquisas nesse sentido podem auxiliar na compreensão da biodiversidade local e distribuição geográfica das espécies. Em uma pesquisa realizado na Malásia, estes autores revelaram que a riqueza de espécies foi associada de forma significativa com altitudes mais baixas. Petrozhitskaya e Rodkina (2009) e Ya'cob et al. (2016a) sugerem que tais associações são explicadas pelo fato de que a localização geográfica pode determinar uma série de outras condições abióticas, como temperatura e tamanho do córrego. Ainda, Carvalho et al. (2006) encontram uma relação entre o gradiente de altitude e o tamanho corporal das larvas, indicando que os locais de amostragem em altitudes mais elevadas apresentavam indivíduos com corpo maior em relação aqueles coletados em baixas altitudes.

Apesar de as variáveis abióticas serem reconhecidas como dominantes na definição dos padrões de distribuição dos simulídeos, os fatores bióticos também influenciam a estrutura dessa comunidade (ALLAN, 1995). Hart (1986) indicou uma territorialidade larval associada à defesa de suprimentos, quando há limitação de alimentos e Kiel et al. (1998) constataram que as espécies de simulídeos são afetadas de maneiras diferentes pelos colonizadores anteriores (ou seja, algumas se beneficiam com isso e outras evitam tais locais). A interação parasita-hospedeiro (MCCREADIE et al., 2011), dispersão (que pode estar correlacionada com as condições do fluxo) (MCCREADIE; ADLER, 2012) e a disponibilidade de alimento (sendo que em determinadas espécies a redução de alimentos pode prolongar o desenvolvimento e também diminuir a sobrevivência, tamanho e fecundidade) (COLBO; PORTER, 1979;) também são algumas das condições que contribuem com a variação local das espécies.

Muitos estudos têm mostrado ainda que a diversidade dos simulídeos, assim como as distribuições locais, podem mudar devido a diferentes perturbações no hábitat, especialmente impactos de origem antrópica (FELD et al., 2002; ADLER et al., 2004; MCCREADIE et al., 2006; ILLÉSOVÁ et al., 2008; LANDEIRO et al., 2009; RABHA et al., 2013; COUCEIRO et al., 2014). Segundo Adler et al. (2004) e Strieder et al. (2006), as atividades relacionadas à agricultura, bem como a urbanização, podem acarretar efeitos sobre os representantes de Simuliidae.

2.4.2 Distribuição temporal

A flutuação temporal é uma característica que pode exercer influência sobre as diferentes comunidades de organismos, auxiliando no equilíbrio e também manutenção da diversidade biológica. Os sistemas aquáticos podem não refletir essa sazonalidade de forma clara; no entanto, de modo indireto podem, uma vez que esse fator está relacionado com aspectos de precipitação, temperatura e disponibilidade de alimentos (SHIMADZU et al., 2014).

Em dois estudos (OKU et al., 2011; AKPAN et al., 2012) realizados no estado de Cross River, na Nigéria, o número médio de simulídeos pareceu diferir entre as estações seca e chuvosa, sendo mais alto na chuvosa. Para Srisuka et al. (2017) as diferenças significativas ocorreram apenas entre a estação quente e as demais,

enquanto na pesquisa de Ciadamidaro et al. (2016), a quantidade de indivíduos é maior a medida que a primavera avança.

Quanto à riqueza de espécies, Pramual e Wongpakam (2010) registram diferenças marcantes entre as estações, indicando maior diversidade no período mais chuvoso, onde a velocidade e profundidade dos fluxos de água tende a ser maior. Resultados semelhantes foram obtidos por Figueiró et al. (2014) e Vijayan e Anbalagan (2018). Diferentemente, Srisuka et al. (2015) apontam um maior número de espécies em temperaturas do ar frias.

Ainda, McCreadie et al. (2004) não observaram diferenças significativas de diversidade entre as estações seca e chuvosa. Santos et al. (2010) também não encontraram uma associação entre as variáveis sazonais analisadas (fotoperíodo, temperatura atmosférica e precipitação) com a composição das espécies. Nesse sentido, estes autores sugerem que outras condições, particularmente as relacionadas de forma direta com os criadouros, foram as principais responsáveis pela variação da comunidade.

Strieder e Corseuil (1992) realizaram um estudo com indivíduos adultos no estado do Rio Grande do Sul, com coletas procedidas em todos os meses do ano. Os resultados indicaram que, durante o período de agosto a dezembro, existe um maior índice de ocorrência das diferentes espécies, bem como os níveis populacionais encontram-se mais elevados.

2.4.3 Padrões de distribuição de Simuliidae em bacias hidrográficas

Bacias hidrográficas são unidades ecológicas com fronteiras claras, sendo compostas por um rio principal e seus respectivos afluentes (HUGUENY; LEVEQUE, 1994). Como envolvem uma série de aspectos, como geologia, vegetação, usos e ocupação do solo, clima, além de processos bióticos e abióticos, essas unidades fisiográficas têm sido usadas para auxiliar na compreensão do funcionamento dos ecossistemas aquáticos (SMITH; PETRERE JUNIOR, 2001).

A distribuição das espécies de simúlídeos em bacias hidrográficas pode ser afetada de diferentes maneiras. Determinados estudos vêm mostrando que muitos fatores são relevantes nesses ambientes, como a dimensão e velocidade dos cursos d'água, disponibilidade hábitat para a fixação das formas imaturas, diferenças

altitudinais, disponibilidade de alimentos, vegetação das áreas limítrofes, assim como possíveis perturbações nos córregos (SANTOS et al., 2010).

Strieder et al. (2006) investigaram os padrões de distribuição das espécies de Simuliidae em duas áreas com diferentes estados de conservação ambiental, na bacia hidrográfica do rio Caí – RS. Os resultados indicaram uma correlação significativa entre a concentração de nitrato e *Simulium pertinax* e *Simulium itaunese*, assim como de nitrito com *Simulium riograndense*. Nesse sentido, os autores concluem que as espécies são influenciadas de modos diferentes pelos impactos ambientais, que incluem alterações no hábitat e contaminação orgânica na água.

Um estudo semelhante foi realizado em uma bacia hidrográfica situada no município de Teresópolis - Rio de Janeiro (DOCILE et al., 2015). As amostragens compreenderam locais preservados e urbanizados. Os resultados mostraram que os locais com índices de perturbação intermediários apresentaram uma maior abundância de indivíduos. Assim, os pesquisadores discutem a hipótese de que tais ambientes não são poluídos o suficiente para gerar uma alta mortalidade, mas suficiente para limitar o crescimento de determinadas espécies.

Outra pesquisa referente à distribuição de imaturos de simúlídeos foi conduzido na bacia do rio do Sema – Altai (Rússia) (PETROZHISKAYA; RODKINA, 2009). Foram identificados os principais elementos que estruturam essa comunidade, sendo as diferenças altitudinais o mais significativo. Os autores enfatizam que essa variável é integrativa, determinando outros fatores que também são considerados importantes na variação das espécies dessa comunidade.

2.4.3.1 Bacia Hidrográfica do Rio Piratinim

Localizado na mesorregião noroeste do estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas geográficas 28° 00' a 29° 05' de latitude sul e 54° 05' a 56° 00' de longitude oeste, o rio Piratinim é um afluente do trecho médio da bacia Hidrográfica do Rio Uruguai, em sua margem esquerda (SECRETÁRIA DO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, s/d). A região é constituída predominantemente pela vegetação tropical savana estépica, mas também possui fragmentos com floresta estacional decidual e outros de tensão ecológica (HASENACK, 2007; CORDEIRO; HASENACK, 2009).

A extensão da superfície é de aproximadamente 7.596,07 km². De modo geral, tem como característica a transição entre planalto campanha (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2006; SECRETARIA DO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, s/d). Ainda, conforme Scheeren (2008), o rio apresenta um formado alongado no sentido Leste-Oeste, sendo a dimensão aproximada de 155 km. No sentido Norte-Sul, o comprimento fica em torno de 40 km.

A população constituinte dos 15 municípios onde a bacia hidrográfica está inserida (total ou parcialmente) é de cerca de 74.894 habitantes. Estima-se que a maioria (66%) reside em áreas urbanas. Ainda, a bacia apresenta baixa cobertura vegetal, sendo que as áreas mais preservadas estão nas margens dos córregos e nas nascentes, assim como em locais de acesso limitado e pouca capacidade produtiva (SCHEEREN, 2008).

Os principais usos de terra nas áreas limítrofes do rio consistem em agrícola e urbano, com poucos trechos de campo e florestas nativas (TRINDADE et al., 2018). Ainda, admite-se que os principais usos da água estão relacionados com aspectos de irrigação e abastecimento, tanto humano como animal (SECRETARIA DO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, s/d).

De acordo com Righi e Basso (2016), na região da bacia do Piratinim existem alguns problemas associados à poluição ambiental. Dentre os principais, vale considerar a descarga inadequada de esgotos nos cursos de água sem o tratamento necessário, o desmatamento das matas ciliares ao longo dos corpos hídricos, o uso constante de agrotóxicos, bem como, atividades agrícolas sem considerar práticas de conservação do solo.

3 RESULTADOS

Os resultados da presente dissertação serão apresentados na seção 3.1, sob forma de um artigo científico intitulado “Distribuição espacial e temporal de Borrachudos (Diptera: Simuliidae) em córregos do Pampa, Brasil”. Tal estudo, que será submetido à revista “Neotropical Entomology” para avaliação, aborda a influência de fatores abióticos sobre a comunidade de simúlídeos em diferentes escalas espaciais e temporais, na bacia hidrográfica do rio Piratinim.

3.1 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DE BORRACHUDOS (DIPTERA: SIMULIIDAE) EM CÓRREGOS DO BIOMA PAMPA, BRASIL

SPATIAL AND TEMPORAL DISTRIBUTION OF BLACK FLIES (DIPTERA: SIMULIIDAE) IN THE PAMPA BIOME STREAMS, BRAZIL

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo identificar a diversidade e distribuição de Simuliidae na bacia hidrográfica do rio Piratinim, situada no bioma Pampa, no sul do Brasil. Para tanto, foram avaliadas variáveis abióticas, em duas estações do ano (primavera e outono) e duas escalas espaciais: principais regiões da bacia (alta, média e baixa) e três trechos dos riachos tributários (nascentes, médios e de foz). Foram coletadas formas imaturas (larvas e pupas) em seis diferentes riachos, compreendendo dezoito pontos amostrais. A análise de dados incluiu principalmente técnicas da estatística multivariada, como análise de correspondência e análise de correspondência canônica. Os resultados indicaram a ocorrência de nove espécies: *Simulium pertinax*, *S. orbitale*, *S. incrustatum*, *S. jujuyense*, *S. subpallidum*, *S. inaequale*, *S. perflavum*, *S. lutzianum* e *S. travassosi*, sendo as três primeiras as mais abundantes (45,62%, 22,61% e 18,17%, respectivamente). Foi possível verificar que a estruturação da assembleia é influenciada, principalmente, pelos fatores locais (trechos dos arroios), mas também por aqueles em maior escala (regiões da bacia), embora de maneira menos significativa. Algumas espécies mostraram padrões espaciais de distribuição: *S. orbitale* e *S. jujuyense* foram características de trechos de foz e *S. pertinax* de nascentes. Quanto às regiões, *S. pertinax* esteve menos presente na baixa. Variáveis ambientais como temperatura e tamanho do arroio também se mostram importantes. Assim, os dados apresentam informações relevantes e inéditas sobre estruturação da assembleia desses insetos no bioma Pampa. No entanto, ainda são necessários mais estudos, principalmente abrangendo novas localidades para comparação de resultados.

Palavras-chave: Diversidade de Simulídeos; Escala local; Padrões de distribuição.

Abstract: The present study aimed to identify the diversity and the spatial distribution of Simuliidae in the basin of the Piratinim river, located in the Pampa biome, southern Brazil. Therefore, the abiotic variables were evaluated for two seasons of the year (spring and autumn) and two spatial scales: main basin regions (source/spring, intermediate and mouth) and three stretches of the tributary streams (nascent, medium, and estuary). Immature stages (larvae and pupae) were collected from six different streams, covering eighteen sampling points. Data analysis mainly included techniques of multivariate statistics, such as correspondence analysis and canonical correspondence analysis. The results showed the existence of nine species: *Simulium pertinax*, *S. orbitale*, *S. incrustatum*, *S. jujuyense*, *S. subpallidum*, *S. inaequale*, *S. perflavum*, *S. lutzianum* e *S. travassosi*, with the first three being the most abundant (45.62 %, 22.61%, and 18.17%, respectively). It was possible to verify that structure of the community was influenced, mainly, by the local factors (stream stretches), but also by those on a larger scale (basin regions), although less significantly. Some species exhibited spatial patterns of distribution: *S. orbitale* and *S. jujuyense* were characteristics of estuary streams and *S. pertinax* nascent stretches. As regarding the

region, *S. pertinax* was less present in the mouth region. The environmental variables such as temperature and stream size were also important. Hence, the data has important and unpublished information about the community structure of these insects in the Pampa biome. Nevertheless, further studies are still needed, mainly covering new sites for result comparisons.

Keywords: Simuliids diversity; Local scale; Distribution pattern.

3.1.1 Introdução

Um dos principais propósitos da ecologia é compreender a organização das comunidades, observando se existem padrões gerais de distribuição (CHAVE, 2004; VERBERL, 2011). Como as espécies apresentam respostas diferentes ao ambiente, é necessário entender a influência dos fatores abióticos em escalas regionais e locais, ou seja, tanto nas regiões do rio como nas próprias microbacias, obtendo assim uma perspectiva da dinâmica geral da comunidade (WALLA et al., 2004; BAPTISTA et al., 2014). Conforme Begon et al. (2006), estudos nesse sentido podem ajudar na identificação de fatores que afetam a biodiversidade, sendo úteis no planejamento da conservação ambiental.

Simuliidae (Diptera: Culimorpha) é uma família com distribuição cosmopolita, que apresenta 2.351 espécies reconhecidas como válidas atualmente (HAMADA et al., 2002.; MCCREADIE et al. 2005; ADLER; CROSSKEY, 2018). São insetos classificados como de importância médico-veterinária, pois, além de reações alérgicas, podem ocasionar doenças, sendo vetores de parasitos como *Onchocerca volvulus* Leuckart, 1893 e *Mansonella ozzardi* Manson, 1897 (SHELLEY et al., 2010). Os estágios imaturos desse grupo de dípteros se desenvolvem em águas correntes e são considerados importantes componentes dos ecossistemas aquáticos em todo o mundo (HAMADA et al., 2002; MCCREADIE et al., 2005; SRISUKA et al., 2015), podendo ocupar tanto riachos temporários como grandes rios como hábitat (MCCREADIE; ADLER, 2012).

Nos últimos anos, diversos estudos procuraram compreender melhor a ecologia dos simulídeos (FELD et al., 2002; HAMADA et al., 2002; MCCREADIE et al., 2004; MCCREADIE et al., 2006; FIGUEIRÓ et al., 2006; LANDEIRO et al., 2009; PACHÓN; WALTON, 2011; FIGUEIRÓ et al., 2012; RABHA et al., 2013; SRISUKA et al., 2015; YA'COB et al., 2016). No entanto, para a região neotropical, as informações ainda são insuficientes. Figueiró e Gil-Azevedo (2010) apontam uma restrição da

literatura a determinadas áreas geográficas. No Brasil, as principais pesquisas são limitadas aos biomas da Amazônia Central e Mata Atlântica (SANTOS, 2008). No Rio Grande do Sul, existem problemas relacionados com perturbações, pelos índices elevados de espécies com hábitos antropofílicos (COSCARÓN, 1991). Strieder e Corseuil (1992) indicam que a maior diversidade de espécies, assim como os níveis populacionais mais elevados ocorrem entre os meses de agosto e dezembro nesse estado.

O pampa brasileiro é um bioma localizado na zona temperada do sul do Brasil e caracterizado por climas subtropicais e temperados, com as quatro estações bem definidas (ROESCH et al., 2009). A vegetação dominante é formada por pastagens, arbustos esparsos e árvores (BERRETA, 2001). Em geral, as florestas ciliares limitam-se às margens dos cursos d'água (CHOMENKO, BENCKE, 2016). Overbeck et al. (2007) consideram esta uma unidade ecológica negligenciada, já que sua biodiversidade ainda é pouco conhecida. Desta forma, o principal objetivo desse trabalho foi conhecer a diversidade de Simuliidae, assim como as variáveis abióticas que afetam sua distribuição, na bacia hidrográfica do rio Piratinim, considerando as estações do ano (primavera e outono) e duas escalas espaciais: as principais regiões da bacia (alta, média e baixa) e três trechos de riachos tributários do rio (nascentes, médios e foz).

3.1.2 Material e Métodos

3.1.2.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Piratinim está localizada no estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas geográficas 28° 00' a 29° 05' da latitude sul e 54° 05' a 56° 00' da longitude oeste, cobrindo uma área de aproximadamente 7.689,77 Km² (SCHEEREN, 2008). O Piratinim é um importante afluente da margem esquerda do rio Uruguai (RIGHI; BASSO, 2016).

Conforme Cordeiro e Hasenack (2009), a bacia está situada, predominantemente, no bioma Pampa, com algumas áreas de tensão ecológica. A principal região fitoecológica é a savana estépica, mas determinados trechos são caracterizados pela floresta estacional decidual. Os principais usos são agrícolas e urbanos, com graus elevados de pressão antrópica sobre os domínios fisionômicos campestres e também florestais (HASEANACK, 2007; TRINDADE et al., 2018).

O perfil populacional é, em sua maioria, urbano (66%). A densidade demográfica da bacia é de 4,4 habitantes por quilômetro quadrado (SCHEEREN, 2008). Righi e Basso (2016) indicam que as principais aplicações da água estão voltadas à irrigação, abastecimento humano e consumo animal. Também, relatam a existência de diferentes problemas ambientais, voltados a práticas de agricultura e agropecuárias sem os devidos cuidados.

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é denominado temperado subtropical, ou seja, Cfa. Os registros de temperatura média indicam uma amplitude anual de 10,1°C, com variação entre 14,1 °C (julho) e 23,2 °C (para o mês de janeiro). A precipitação média por ano é de 1.800 a 1.900 mm (WOLLMANN; GALVANI, 2012). Ainda, o relevo é caracterizado pela presença de áreas elevadas, denominadas coxilhas, formadas sobre a rocha basáltica (LEINZ, 1949).

Para o levantamento da riqueza e da distribuição das espécies de simúlideos na Bacia Hidrográfica do Rio Piratinim, foram selecionados 18 pontos, conforme a acessibilidade, presença de corredeiras, altitude e trecho do riacho. O desenho amostral compreendeu seis diferentes riachos (1 - Chuni, 2 - Itú, 3 - Ximbocú, 4 - Santana, 5 - Ivaí e 6 - Guaracapa), com três "trechos" de coleta em cada um deles: Nascente (N), Intermediário (I), e Foz (F), sendo dois localizados na região do Alto Piratinim, dois no Médio Piratinim e dois no Baixo Piratinim, conforme a Figura 2.

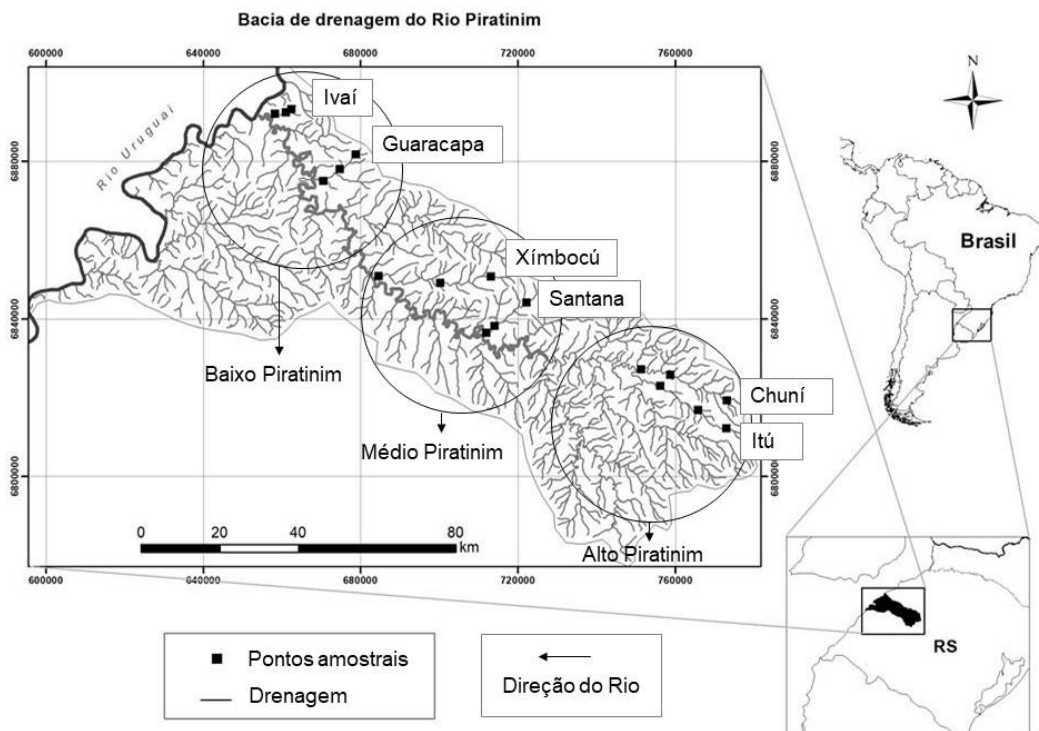


Figura 2- Localização dos dezoito pontos de amostragem de simuliídeos na bacia hidrográfica do rio Piratinim, RS, Brasil.

Para facilitar a compreensão referente aos pontos de coleta, foram definidas categorias. Assim, para os riachos foram utilizadas as duas primeiras letras do nome. As diferentes regiões da Bacia foram classificadas como A (alto Piratinim), M (médio Piratinim) e B (Baixo Piratinim). Para os trechos dos respectivos arroios foram atribuídos números, sendo: 1 (Nascente), 2 (Intermediário) e 3 (Foz). Desta forma, os 18 locais de amostragem foram designados como: ChA1, ChA2, ChA3, ItA1, ItA2, ItA3, XiM1, XiM2, XiM3, SaM1, SaM2, SaM3, IvB1, IvB2, IvB3, GuB1, GuB2 e GuB3.

3.1.2.2 Amostragem

Strieder e Corseuil (1992) indicam que a primavera é a estação que apresenta maior diversidade de espécies, assim como níveis populacionais mais elevados de Simuliidae no sul do Brasil. Fleming et al. (1986) reconhecem a importância dos climas de transição entre o verão e o inverno por suas características distintas. Nesse sentido, optou-se por realizar as amostragens em duas estações do ano: primavera e outono, possibilitando uma comparação entre ambas. As primeiras coletas ocorreram

entre 28 de setembro a 23 de novembro de 2017, e a repetição no período de 09 de maio até 20 de junho de 2018.

A amostragem compreendeu apenas imaturos, sendo realizada de jusante a montante nos córregos, em trechos de aproximadamente 60 metros, pelo tempo de 40 minutos. As coletas foram feitas por duas pessoas de maneiras distintas de acordo com o substrato. Na vegetação (folhas caídas ou pendentes no fluxo d'água, galhos, gramíneas) foram seguidos os procedimentos de McCreadie e Colbo (1991), onde parte dos materiais, com os indivíduos, foram cortados e alocados em frascos com álcool 70%. Os seixos rochosos foram analisados quanto à presença dos espécimes, e, quando possível, depositados em um recipiente com álcool 70%, visando o desprendimento de todos os exemplares, que, depois de coados, foram depositados em outro frasco com álcool 70%. Nas rochas fixadas no solo, ou de tamanho muito grande, utilizou-se o método de coleta manual, com pinças finas.

Os fatores físico-químicos e de paisagem foram obtidos em todos os pontos de coleta, logo após a amostragem das formas imaturas (larvas e pupas) de simuliídeos. Foi utilizado um medidor multiparâmetros portátil, permitindo a medida dos parâmetros ambientais: temperatura (°C), pH, condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), oxigênio dissolvido (%), pressão atmosférica (mm Hg) e salinidade (ppt). Foi estimada também a largura dos riachos, com uma fita métrica. Através do navegador Google Earth Pro, foram registradas as coordenadas geográficas e respectivas altitudes dos locais. Tais procedimentos seguem os preditos de McCreadie et al (2006). Medições classificatórias quanto à cobertura do dossel (A-Ausente e P-Presente) também foram realizadas.

3.1.2.3 Triagem e identificação do material biológico

Como o método de coleta em campo não foi seletivo de apenas exemplares de Simuliidae, foi estabelecido um processo de triagem. Assim, além da remoção de restos vegetais e impurezas, foi realizada a separação dos demais macroinvertebrados não pertencentes à família em estudo.

Ainda, todas as larvas de simuliídeos foram classificadas de acordo com o morfotipo, sendo que apenas as mais desenvolvidas (com o histoblasto branquial bem formado) foram consideradas para identificação. Strieder e Py-Daniel (1999)

destacam que formas larvais mais jovens não apresentam as características morfológicas específicas para se obter segurança quanto à identificação das espécies.

A identificação dos exemplares (larvas de último estágio de desenvolvimento e pupas) foi baseada nas características morfológicas externas, com a utilização de chaves taxonômicas, principalmente de Coscarón (1991) e Strieder et al. (1992). O inventário taxonômico mundial mais atualizado (ADLER; CROSSKEY, 2018) foi verificado para conferir as espécies sinonimizadas. Os indivíduos foram contabilizados e depositados na coleção biológica do laboratório de Zoologia da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS, *campus* Cerro Largo.

3.1.2.4 Análise de dados

Assim como em outros estudos já realizados envolvendo a região Neotropical (HAMADA et al. 2002; MCCREADIE et al. 2005; LANDEIRO et al. 2009), assumimos que o número de espécies coletadas representa a diversidade biológica de Simuliidae existente no local (ou seja, nenhuma espécie foi negligenciada), durante o período das amostragens (primavera de 2017 e outono de 2018).

A partir do método estabelecido por Colwell et al. (2004), foi construída uma curva de acumulação de espécies, incluindo todos os pontos de coleta, assim como as estações, visando verificar o número de espécies acumulado em função do esforço amostral. Tais análises foram conduzidas utilizando o programa RStudio (versão 3.5.1) com o pacote *vegan* (OKSANEN et al., 2016).

Para determinar a abundância das espécies nas diferentes regiões da bacia (Alta, Média e Baixa), foram calculadas as respectivas porcentagens de sua presença em determinado local em relação a todos os pontos de coleta, em ambas as estações amostradas. Quando o resultado ultrapassou 50%, a espécie foi considerada comum, quando esteve acima de 25% até 50%, intermediária, e nos casos em que o valor obtido foi 25% ou menor, raras (MAGURRAN, 2004).

A proporção de captura (PC) foi calculada para avaliar a proporção dos indivíduos de cada espécie em relação ao número total coletado (HAMADA et al., 2002). Ainda, foi apresentada a ocorrência nos riachos (OC), também através de valores percentuais, sendo determinada a partir do número de pontos onde cada espécie foi coletada em relação aos 18 locais amostrados e suas respectivas repetições (n=36) (YA'COB et al., 2016).

Para avaliar a distribuição temporal e espacial das espécies, as abundâncias dos organismos foram transformadas em logaritmos ($\log(x+1)$), o padrão de normalidade dos dados foi testado através do Kolmogorov-Smirnov, assim como, a homogeneidade de variâncias com o teste de Levene.

Com o objetivo de estabilizar e normalizar as variâncias, os valores observados, exceto o pH, também foram logaritmizados ($\log(x+1)$). Os eixos com autovalores superiores a 1.0 foram aceitos para a interpretação, de acordo com o critério de Kaiser-Guttman. No entanto, somente as variáveis com “loads” maiores que 0.4 foram consideradas como formadoras dos eixos (Jackson, 1993), visando incluir as variáveis que melhor explicam a variação dos dados.

A estrutura da assembleia de simúlideos foi avaliada através de uma análise de correspondência (*Correspondence analysis – CA*). Nesse sentido, foi possível visualizar as relações mais importantes entre todas as variáveis. O mesmo conjunto de dados foi submetido ao teste de permutação MRPP (*Multiple Response Permutation Procedure*), para comparar as diferenças entre as distintas regiões e também trechos dos riachos. As análises foram realizadas através do programa PC-ORD (versão 5.0).

Com o objetivo verificar as variáveis ambientais que melhor explicam a estruturação da comunidade de espécies de simúlideos, foi realizada uma análise de correspondência canônica (*Canonical correspondence analysis- CCA*) (ILLÉSOVÁ et al., 2010). Em seguida, objetivando testar a significância estatística da relação espécie-ambiente foi utilizado o teste de Monte Carlo, a partir de 1000 randomizações, também com auxílio do PC-ORD (versão 5.0).

3.1.3 Resultados

3.1.3.1 Composição taxonômica e abundância

Foram contabilizadas 9.698 formas imaturas (larvas e pupas) de simúlideos, que resultaram na identificação de nove espécies, conforme segue: *Simulium inaequale* (Paterson & Shannon 1927); *Simulium travassosi* (d’Andretta & d’Andretta 1947); *Simulium incrustatum* (Lutz 1910); *Simulium jujuyense* (Paterson & Shannon 1927); *Simulium pertinax* (Kollar 1832); *Simulium subpallidum* (Lutz 1910); *Simulium*

perflavum (Roubaud 1906); *Simulium lutzianum* (Pinto 1932); *Simulium orbitale* (Lutz 1910).

As nove espécies encontradas para a bacia hidrográfica pertencem a quatro subgêneros distintos: *Psaroniocompsa* (Enderlein 1934), com quatro espécies (*S. inaequale*, *S. travassosi*, *S. incrustatum* e *S. jujuyense*), *Chirostilbia* (Enderlein 1921), incluindo duas espécies (*S. pertinax* e *S. subpallidum*), *Psilopelmia* (Enderlein 1934), também com duas espécies (*S. perflavum* e *S. lutzianum*) e *Trichodagmia* (Enderlein, 1934), com apenas uma espécie (*S. orbitale*).

A riqueza máxima registrada foi de sete espécies, em ambas as estações do ano. Já o número mais baixo de espécies evidenciadas em um ponto de coleta foi de quatro (na primavera) e dois (outono). A média de espécies por riacho foi de 4,78 ($\pm 1,31$) quando analisadas as duas estações, 5,44 ($\pm 0,78$) somente para a primavera e 4,11 ($\pm 1,37$) para o outono.

Adicionalmente, a curva de acumulação de espécies para ambas as estações (Figura 3) demonstra que, com o aumento das coletas, o número cumulativo das espécies tendeu à estabilização. Informações complementares sobre o número de espécies coletadas em cada ponto de amostragem podem ser observadas na Tabela 1.

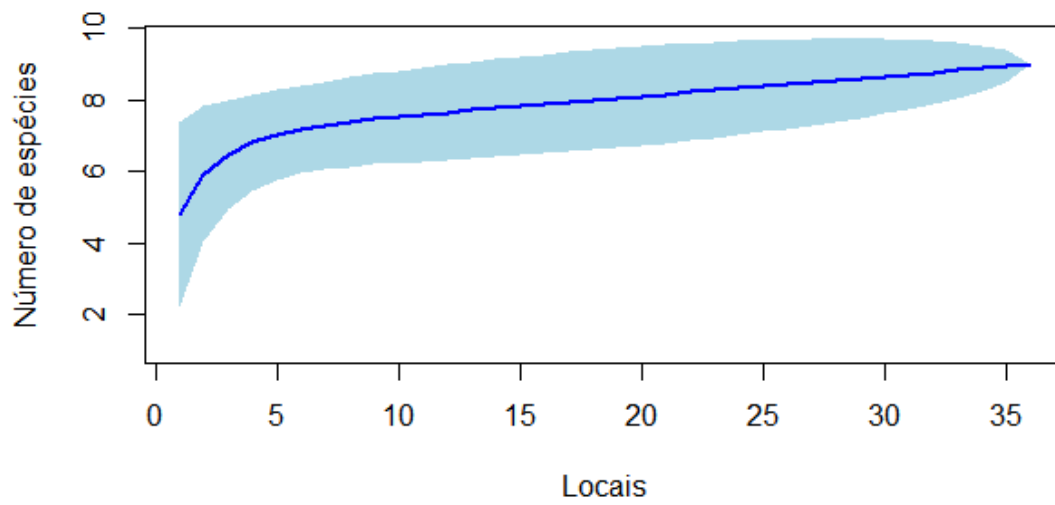


Figura 3- Curva de acumulação de espécies das coletas realizadas na bacia hidrográfica do rio Piratinim, RS, nos períodos da primavera de 2017 e outono de 2018.

Tabela 1- Total de espécies coletadas nos 18 pontos de amostragem, na bacia hidrográfica do rio Piratinim, RS, nos períodos da primavera de 2017 e outono de 2018.

Ponto	Espécies									Total de espécies acumuladas	
	<i>S. pertinax</i>	<i>S. orbitale</i>	<i>S. incrustatum</i>	<i>S. jujuyense</i>	<i>S. subpallidum</i>	<i>S. inaequale</i>	<i>S. perflavum</i>	<i>S. lutzianum</i>	<i>S. travassosi</i>		
ChA1	P ^a	- ^b	P	P	P	-	-	-	-	4	4
ChA2	P	P	P	P	P	-	-	-	-	5	5
ChA3	P	P	P	P	P	P	-	-	-	6	6
ItA1	P	P	P	P	P	P	-	-	-	6	6
ItA2	P	P	P	P	P	P	-	-	-	6	6
ItA3	P	P	P	P	P	P	-	-	-	6	6
XiM1	P	-	P	P	P	-	P	-	-	5	7
XiM2	P	P	P	P	P	-	P	-	P	7	8
XiM3	P	P	P	P	P	-	-	-	-	5	8
SaM1	P	-	P	P	P	-	P	-	-	5	8
SaM2	P	P	P	P	P	-	P	-	-	6	8
SaM3	P	P	P	P	P	P	-	-	-	6	8
IvB1	P	-	P	P	P	P	-	-	-	5	8
IvB2	P	-	P	P	P	-	P	-	-	5	8
IvB3	P	-	P	P	P	-	P	-	-	5	8
GuB1	P	-	P	-	P	P	-	-	-	4	8
GuB2	P	P	P	P	P	P	-	-	-	6	8
GuB3	P	P	P	P	P	P	-	-	-	6	8
ChA1	P	P	P	-	P	-	P	-	-	5	8
ChA2	P	P	P	P	P	P	P	-	-	7	8
ChA3	-	-	P	P	P	P	-	-	-	4	8
ItA1	P	-	P	-	P	-	-	-	-	3	8
ItA2	P	P	P	P	P	P	-	-	-	6	8
ItA3	P	P	P	-	P	-	-	-	-	4	8
XiM1	P	-	P	-	P	-	P	-	-	4	8
XiM2	P	-	P	P	P	-	-	-	-	4	8
XiM3	P	P	P	P	P	P	-	-	-	6	8
SaM1	P	-	P	-	P	-	P	-	-	4	8
SaM2	P	-	P	P	P	-	-	-	-	4	8
SaM3	P	-	P	-	P	-	-	-	-	3	8
IvB1	-	-	-	-	P	-	-	P	-	2	9
IvB2	-	-	-	-	P	P	-	-	-	2	9
IvB3	P	-	P	P	P	P	-	-	-	5	9
GuB1	-	-	P	-	P	-	-	-	-	2	9
GuB2	P	P	P	-	P	-	-	-	-	4	9
GuB3	P	P	P	P	P	-	-	-	-	5	9

^a P= Presente; ^b -= Ausente.

S. pertinax, *S. orbitale* e *S. incrustatum* foram as espécies com maior abundância, representando 86,4% do total capturado. As demais seis espécies foram coletadas com proporções inferiores a 10%. Quanto a ocorrência nos riachos (OR), *S. subpallidum* foi a única espécie encontrada em todos os locais, seguida por *S. incrustatum* (94,44%) e *S. pertinax* (88,89%), como pode ser observado na Tabela 3.

A maioria das espécies foram coletadas em ambas as estações, com exceção de *S. lutzianum* e *S. travassosi*, que foram encontradas apenas no outono e primavera, respectivamente (Tabela 2). A abundância dos simúlideos foi menor no período do outono, com apenas 24,71% do total de espécimes.

Tabela 2- Número de exemplares, Proporção de Captura (PC), Ocorrência nos Riachos (OR), região e estação de coleta, para a bacia hidrográfica do rio Piratinim, RS, nos períodos da primavera de 2017 e outono de 2018.

Espécie	Número de				
	exemplares	% PC	% OR	Regiões	Estação
<i>Simulium pertinax</i>	4424	45,62	88,89	A ^a , M ^b , B ^c	P ^d , O ^e
<i>Simulium orbitale</i>	2193	22,61	50	A, M, B	P, O
<i>Simulium incrustatum</i>	1762	18,17	94,44	A, M, B	P, O
<i>Simulium jujuyense</i>	665	6,86	30,55	A, M, B	P, O
<i>Simulium subpallidum</i>	566	5,83	100	A, M, B	P, O
<i>Simulium inaequale</i>	59	0,61	41,67	A, M, B	P, O
<i>Simulium perflavum</i>	26	0,27	27,78	A, M, B	P, O
<i>Simulium lutzianum</i>	2	0,02	2,78	B	O
<i>Simulium travassosi</i>	1	0,01	2,78	M	P

^aA= Alta; ^bM= Média; ^cB= Baixa; ^dP= Primavera; ^eO= Outono.

Quanto à abundância das espécies por região da bacia, *S. pertinax*, *S. incrustatum*, *S. jujuyense* e *S. subpallidum* foram consideradas comuns em todas as regiões da bacia. *S. orbitale* foi comum apenas na região alta, e intermediária nas regiões média e baixa. *S. inaequale* foi comum para a região alta, rara na média e intermediária na baixa. *S. perflavum* se mostrou intermediária no baixo Piratinim e rara nas demais regiões. *S. lutzianum* e *S. travassosi* foram raras nas áreas em que foram encontradas, como mostrado pela Tabela 3.

Tabela 3- Constância das espécies nas regiões alta, média e baixa da bacia hidrográfica do rio Piratinim, RS, nos períodos da primavera de 2017 e outono de 2018.

Espécie	Região		
	Alta	Média	Baixa
<i>Simulium pertinax</i>	C ^a	C	C
<i>Simulium orbitale</i>	C	I ^b	I
<i>Simulium incrustatum</i>	C	C	C
<i>Simulium jujuyense</i>	C	C	C
<i>Simulium subpallidum</i>	C	C	C
<i>Simulium inaequale</i>	C	R	I
<i>Simulium perflavum</i>	R ^c	I	R
<i>Simulium lutzianum</i>	- ^d	-	R
<i>Simulium travassosi</i>	-	R	-

^a C= Comum; ^b I= Intermediária; ^c R= Rara; ^d - = Não encontrado.

O maior número de simúlídeos foi obtido em microbacias da região alta do rio Piratinim (44,49%), seguida pela região média (34,18%) e baixa (20,93%). Com relação aos trechos dos riachos, foi coletada a maior abundância nas áreas de nascentes (35,53%), seguida pelas de foz (33,86%) e médias (30,61%) (Figura 4).

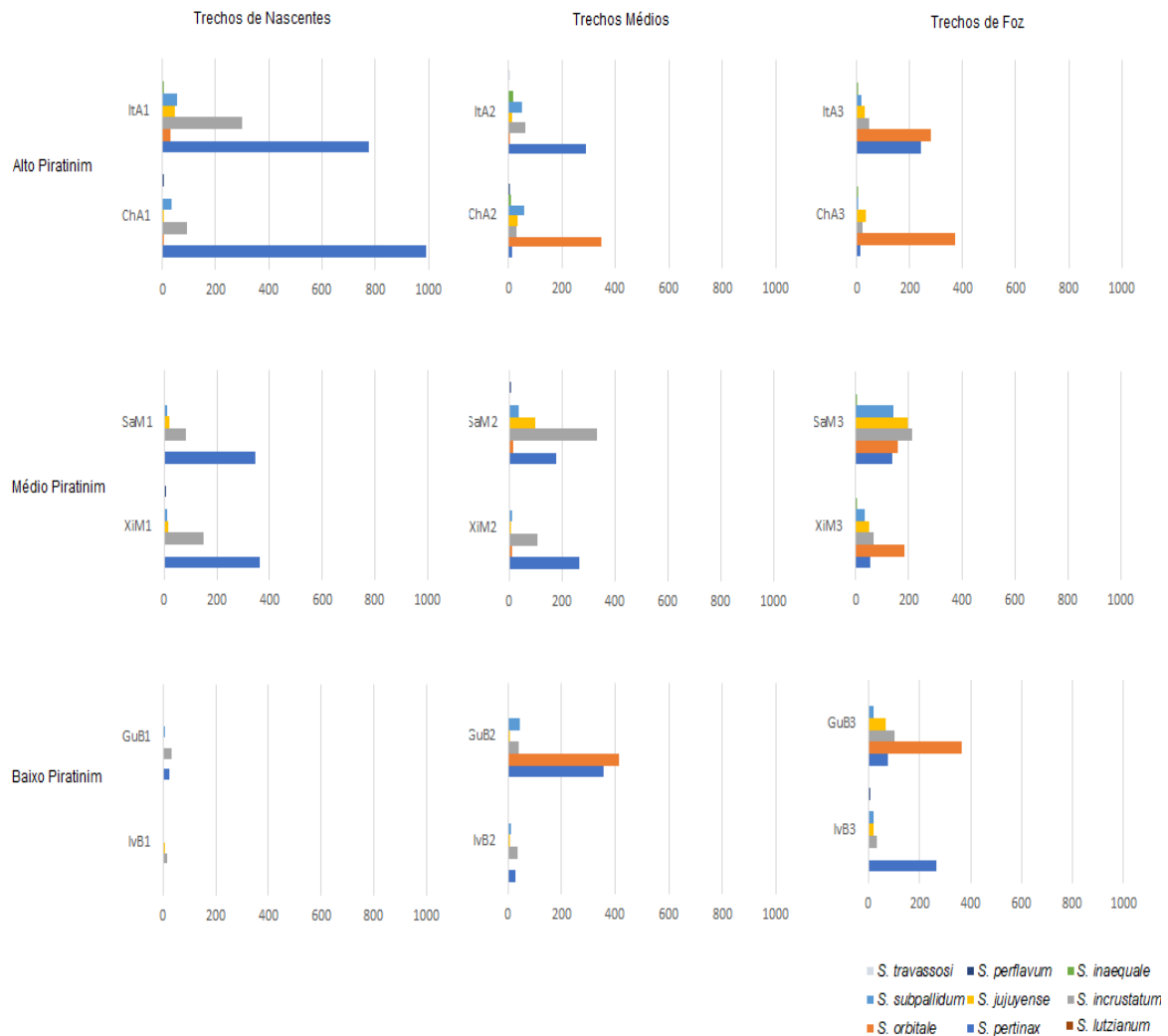


Figura 4- Abundância das diferentes espécies em relação a região da bacia hidrográfica do rio Piratinim, RS e trechos dos riachos, nos períodos da primavera de 2017 e outono de 2018.

3.1.3.2 Estrutura da assembleia de simuliídeos

A CA aplicada aos dados de abundância dos simuliídeos distribuídos nos diferentes pontos de amostragem produziu dois eixos, que foram retidos para interpretação. O eixo 1 (CA1) representou 56,8%, enquanto o eixo 2 (CA2) descreveu 26,1% do total de variação espacial de Simuliidae (Figura 5 A,B).

Em relação à CA1, foi possível observar uma segregação espacial dos trechos dos arroios, principalmente entre os de foz e os localizados em áreas de nascentes, resultado que também foi verificado no MRPP ($T=-1,13$; $A=0,03$; $P<0,05$) (Tabela 5). O trecho mais à jusante dos riachos (foz) se caracterizou pela presença das espécies *S. orbitale* ($r= 0,48$; $P<0,05$) e *S. jujuyense* ($r= 0,42$; $P<0,05$). Já os trechos localizados nas áreas de nascentes dos arroios se diferenciaram pela presença e abundância da espécie *S. pertinax* ($r= -0,60$; $P<0,05$).

A CA2 apresentou uma segregação espacial dos pontos localizados na região baixa com os pontos localizados nas regiões média e alta da bacia do Piratinim, o que também foi verificado no MRPP ($T=-3,00$; $A=0,06$; $P<0,05$). A região baixa da bacia se caracterizou por uma menor presença da espécie *S. pertinax* ($r= -0,55$; $P<0,05$). Os resultados da MRPP podem ser verificados na Tabela 4.

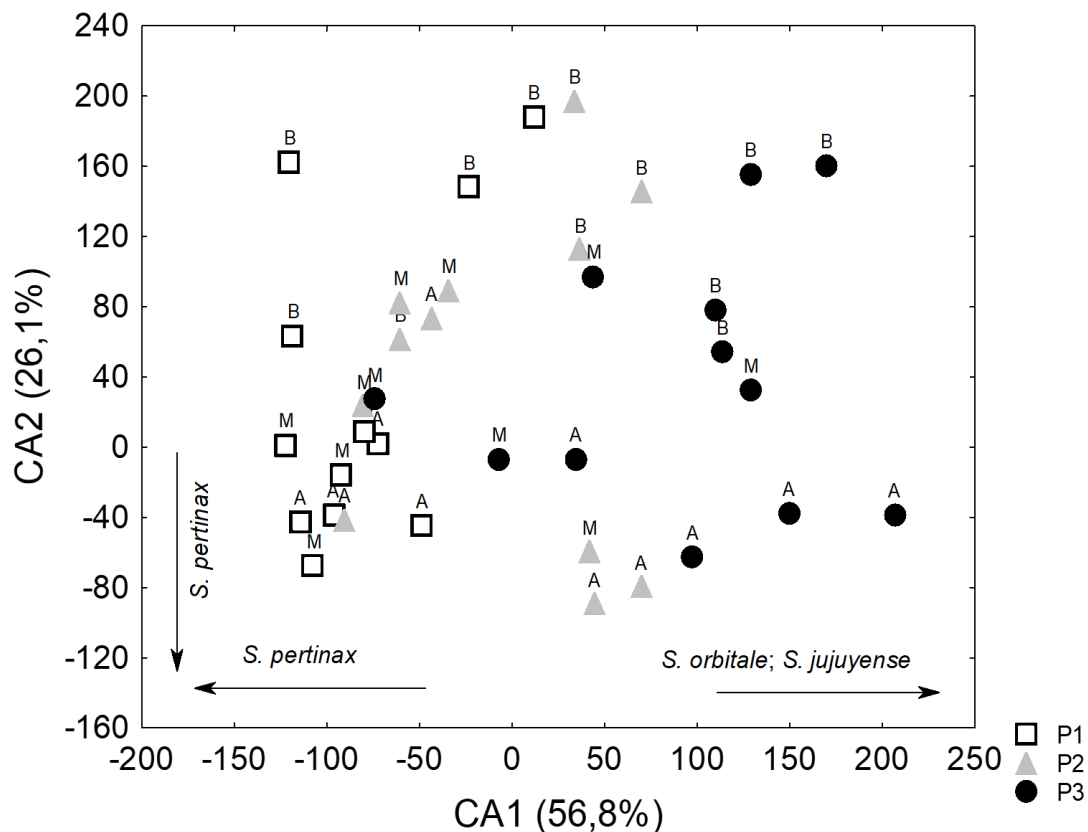


Figura 5- Resultado da Análise de Correspondência aplicada a matriz de dados de simúldeos amostrados na bacia do rio Piratinim nos períodos da primavera de 2017 e outono de 2018.

A= Região alta da bacia; B= Região Média da bacia; B= Região Baixa da bacia; P1= Área Nascente no riacho; P2= Área média no riacho e P3= Área de foz no riacho.

Tabela 4- Resultado da MRPP aplicada a abundância de simúldeos no período 2017/2018 nas comparações pareadas dos pontos de amostragem nos rios tributários e considerando a agrupação por trecho da bacia do Piratinim. Valores em negrito foram estatisticamente significativos ($P < 0,05$).

Comparação entre os trechos dos arroios	T	A
P1 ^a x P2 ^b	-0,57	0,01
P1 x P3 ^c	-2,71	0,06
P2 x P3	0,33	-0,00

Comparação entre as regiões da bacia	T	A
A ^d x M ^e	-1,41	0,02
A x B ^f	-1,81	0,04
B x M	-3,47	0,07

^a P1= Área Nascente no riacho; ^b P2= Área média no riacho; ^c P3= Área de foz no riacho; ^d A= Região alta da bacia; ^e M= Região média da bacia; ^f B= Região baixa da bacia.

3.1.3.3 Relação da abundância de simúldeos com as variáveis ambientais

Das variáveis ambientais analisadas, é importante destacar o oxigênio dissolvido, cujo valor mais baixo foi de 7,3 mg/L, com uma média de 9,27 mg/L ($\pm 1,22$), incluído todos os pontos amostrais em ambas as estações do ano estudadas. Ainda, quanto ao pH, o mínimo encontrado foi de 6,3, com média de 7,67 ($\pm 0,59$). Mais detalhes sobre os todos parâmetros coletados podem ser observados em material suplementar, nas tabelas 6 e 7.

A CCA explicou 51,9% da variação dos dados e mostra relação significativa entre as variáveis abióticas e bióticas ($P < 0,05$; Tabela 5). O primeiro eixo da CCA foi o único que mostrou significância ($P < 0,05$) e revelou um conspícuo gradiente horizontal dos pontos de amostragem localizados nos riachos. Assim, os pontos localizados mais à foz se caracterizam por apresentar maior temperatura da água e serem mais largos, com maior presença de *S. orbitale* ($r = -0,60$; $p < 0,05$). Já os pontos

localizados mais a montante são mais estreitos e frios, com maior abundância de *S. pertinax* ($r= 0,40$; $p<0,05$) (Figura 6; Tabela 5).

Tabela 5- Resultado da análise de correspondência canônica (CCA) associando as espécies de simúlídeos e as variáveis ambientais medidas nos diferentes pontos de coleta na bacia do rio Piratinim (RS), no período 2017/2018. Teste de Monte Carlo para a significância do primeiro eixo da ordenação $P < 0,05$ ($n =999$ permutações). Valores em negrito foram estatisticamente significativos ($P <0,05$).

Total da variância		0,88	
Características do ambiente	CCA1	CCA2	r^2
pH	0,14	0,68	0,21
Condutividade elétrica	-0,08	0,11	0,07
Temperatura da água	-0,40	-0,22	0,32
Altitude	0,11	0,04	0,04
Oxigênio dissolvido	-0,16	-0,38	0,22
Mata nas bordas	-0,17	0,14	0,24
Largura do arroio	-0,95	0,07	0,82
% de explicação		43,3	8,6
Correlação de Pearson Espécie-Ambiente		0,88	0,57

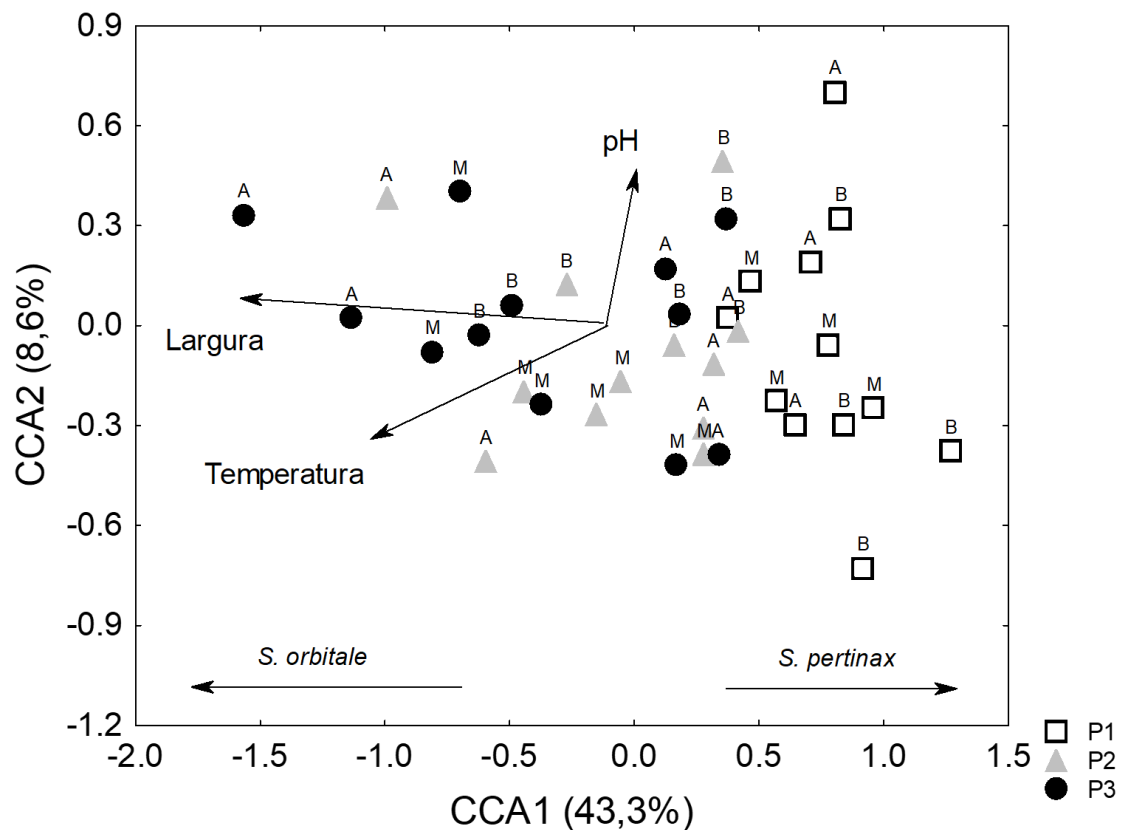


Figura 6- Resultado da Análise de Correspondência Canônica aplicada a matriz de dados de simúlidos e parâmetros abióticos amostrados na bacia do rio Piratinim nos períodos da primavera de 2017 e outono de 2018.

A= Região alta da bacia; B= Região Média da bacia; B= Região Baixa da bacia; P1= Área Nascente no riacho; P2= Área média no riacho e P3= Área de foz no riacho.

3.1.4 Discussão

3.1.4.1 Composição taxonômica e abundância

O presente estudo, referente aos padrões de distribuição da comunidade de simúlidos no gradiente altitudinal da bacia hidrográfica do rio Piratinim, apresenta dados inéditos para o bioma Pampa. A diversidade observada representa 30% do total de espécies registradas para o estado do Rio Grande do Sul (ADLER; CROSSKEY, 2018; STRIEDER, 2004). Como o estudo abrangeu apenas a bacia hidrográfica do rio Piratinim, possivelmente as características do local não serão capazes de incluir a diversidade listada para o estado.

Estes resultados podem ser explicados a partir de diferentes postulados. Primeiro, o estado do Rio Grande do Sul apresenta uma maior heterogeneidade

ambiental, compreendendo dois biomas (Mata Atlântica e Pampa) e oito regiões fitoecológicas (CORDEIRO; HASENACK, 2009). Conforme Vinson e Hawkins (1996), as comunidades de macroinvertebrados podem sofrer influência em escala regional. Cornell (1999) também defende que os processos biogeográficos são importantes na determinação de riqueza local de espécies. E segundo, pelo fato que, em escalas espaciais maiores, as diferenças entre bacias hidrográficas podem influenciar comunidades aquáticas (WAINFAS, 2015; TANAKA et al. 2016).

Os resultados da riqueza média de espécies por riacho (5,44 para a primavera, 4,11 para o outono, e 4,78 considerando ambas as estações) foram similares aos encontrados por Couceiro et al. (2014), com um número médio de 4,25, em um estudo também realizado no Rio Grande do Sul. No entanto, para demais regiões do Brasil, alguns autores têm relado médias ligeiramente mais baixas, como Hamada et al. (2002), com 2,3 no Amazonas, e Landeiro et al. (2009), com 3,0 na Bahia.

McCreadie et al. (2005) indicam que a riqueza média de espécies de Simuliidae nos riachos da região Neártica é maior em comparação com a região tropical. Contudo, os padrões referentes à diversidade das espécies de insetos aquáticos ainda são pouco compreendidos (VINSON; HAWKINS, 1998). A heterogeneidade de habitats é um fator que pode afetar riqueza de espécies (CONNOR; MCCOY, 1979). Ainda, segundo Hortal et al. (2009), a maioria das espécies, mesmo as que possuem especializações, podem sobreviver em diferentes habitats.

Couceiro et al. (2014), que analisaram fatores como pH, condutividade elétrica, temperatura, altitude, largura dos riachos e cobertura florestal e não obtiveram relações significativas com o simuliídeos, sugerem que essa média do número de espécies por riacho mais alta pode estar relacionada com uma distribuição sem influência de uma gama de fatores (ou seja, não determinística). Ainda, apontam para o fato que em outros estudos (HAMADA et al., 2002; MCCREADIE et al., 2004; LANDEIRO et al., 2009; FIGUEIRÓ et al., 2012) raramente foram considerados aspectos de distância geográfica entre os pontos de coleta.

A curva de acumulação de espécies para ambas as estações, apesar de não ter alcançado assíntota, permite evidenciar um padrão de levantamento suficiente, já que o número cumulativo de espécies tende à estabilização. McCreadie e Adler (2006) afirmam que, nesses casos, poucas espécies adicionais teriam sido encontradas com o aumento do número de coletas. Ou seja, provavelmente, a representação taxonômica de Simuliidae para a bacia hidrográfica do rio Piratinim está adequada.

O fato de apenas três espécies representarem 86,4% do total de espécimes coletados está de acordo com um dos poucos padrões considerados universais para a ecologia. McGill et al. (2007) afirmam que, nas comunidades biológicas, grande parte das espécies apresentam poucos indivíduos, enquanto um baixo número de espécies são representadas por altas abundâncias.

S. pertinax e *S. incrustatum* apresentaram índices elevados, tanto de proporção de captura como de ocorrência nos riachos amostrados. Esse padrão também foi verificado em outros estudos (GASTON; LAWTON, 1998; YA'COB et al., 2016) onde, geralmente, espécies mais abundantes também apresentavam ampla distribuição. Ainda, as altas frequências de ocorrências para essas espécies seguem a tendência observada em geral nos levantamentos realizados no sul do Brasil (STRIEDER; COURSEUIL, 1992; STRIEDER et al., 2006, COUCEIRO et al., 2014).

Conforme Coscarón (1991) *S. pertinax* e *S. incrustatum* são espécies incômodas no Sul e também Sudeste do Brasil, uma vez que possuem hábito antropofílico. Strieder e Courseuil (1992) indicam que, apesar de essas duas espécies possuírem antropofagia intensa, elas apresentam hábito alimentar diversificado, atacando preferencialmente bovinos.

Strieder et al. (2006) verificaram uma maior ocorrência de *S. pertinax* em riachos impactados com altas concentrações de nitrito e nitrato, indicando uma possível tolerância da espécie à contaminação orgânica nos ambientes aquáticos. Viviani et al. (2012) verificaram que esta espécie apresenta preferência por águas mais limpas, apesar de poder sobreviver também em ambientes poluídos. Já *S. incrustatum* esteve correlacionada com níveis intermediários de poluição (VIVIANI et al., 2012).

Considerando a resolução do CONAMA (357/2005), os valores obtidos, tanto para oxigênio dissolvido quanto de pH enquadram os riachos analisados na classe 1 de qualidade de águas doces. Nesse sentido, a maior ocorrência de *S. pertinax* possivelmente esteja relacionada com a qualidade das águas

S. orbilata, apesar de apresentar a segunda maior proporção de captura, se mostrou presente em apenas metade dos riachos. Coscarón (1991) e Santos et al. (2010) descrevem alguns dados de bionomia para esta espécie, como preferências a maiores correntes de água. Nesse sentido, sua distribuição pode estar limitada a determinadas condições dos riachos, sendo classificada como especialista (BELL, 2000). A teoria de nicho (HUTCHINSON, 1957) pode corroborar com essa hipótese,

já que postula que as diferentes tolerâncias das espécies (tanto a fatores bióticos como abióticos) determinam seu espaço multidimensional.

De acordo com Strieder e Corseuil (1992), *S. orbitale* também apresenta importância com relação à incômodos, uma vez que as fêmeas podem atacar humanos, assim como bovinos e até mesmo caninos

S. subpallidum não apresentou abundância elevada (menos de 10%), mas esteve presente em todos os riachos amostrados. Conforme dados de Adler e Crosskey (2018) essa espécie possui uma ampla distribuição no Brasil, sendo encontrada em 16 estados. Em um estudo conduzido no Cerrado, Figueiró et al. (2012) observaram que *S. subpallidum* se mostrou restrita a determinadas velocidades de água na presença de *S. nigrimanum*, enquanto na ausência, ocorreu nas mesmas e até acima da velocidade onde *S. nigrimanum* foi comum. Ainda, Figueiró et al. (2015) constataram que *S. subpallidum* apresenta uma plasticidade fenotípica, devido ao deslocamento de caracteres, permitindo assim, a coexistência com demais espécies em sobreposição parcial de nicho.

Em relação às estações de coleta, a única diferença, em termos de diversidade, foi a presença exclusiva de *S. travassosi* na primavera, enquanto que *S. lutzianum* foi observada apenas no outono; ambas foram espécies raras. McCreadie et al. (2004) verificaram que a maior parte das espécies presentes na estação chuvosa também estavam presentes na estação seca, em um estudo realizado em riachos neotropicais do Brasil e da Venezuela. Quanto à abundância, os dados de um maior número de indivíduos na primavera vão de acordo com Strieder e Corseuil (1992), que indicam que, no Sul do Brasil, durante o período de agosto a dezembro, os níveis populacionais dos simúlideos encontram-se mais elevados. Pramual e Wongpakan (2010) sugerem que não existe uma tendência geral das mudanças sazonais nessas comunidades.

A maioria das espécies que apresentaram distribuição ampla na bacia, ocorreram em todas as regiões (alta, média e baixa), apenas com diferenças na abundância. Duas hipóteses podem explicar esse padrão observado. Talvez tais espécies, apesar de possuírem preferências, conseguem se adaptar a uma ampla gama de fatores, ocorrendo, dessa forma, em diferentes locais (YA'COB et al., 2016). Ou ainda, os riachos estudados podem apresentar diferentes micro-habitats, permitindo a coexistência das mesmas (FIGUEIRÓ et al., 2012).

3.1.4.2 Estrutura da assembleia de simúldeos

Vários estudos têm demonstrado diferenças consideráveis na distribuição dos macroinvertebrados nos diferentes trechos do rio, observações que também têm sido verificadas em simúldeos (MAIOLINI; LENCIONI, 2001; FÜREDER et al., 2005; PETROZHITSKAYA; RODKINA, 2009; CIADAMIDARO et al., 2016).

Tanto o eixo 1 como o eixo 2 da CA (Figura 5) descreveram a variação espacial dos simúldeos, embora de maneiras diferentes. O CA1 (que explicou a maior parte dos dados) demonstrou aspectos mais locais, ou seja, entre os trechos dos arroios tributários, demonstrando diferenças significativas entre as áreas de nascente e de foz. Já o CA2 esteve relacionado com as regiões da bacia, indicando que as principais diferenças ocorrem entre as regiões alta e baixa, assim como média e baixa.

Os sistemas fluviais apresentam alterações longitudinais em relação a vários aspectos físicos. No entanto, os padrões de mudanças são dependentes das escalas espaciais, que podem ser variadas (FRISSEL et al., 1986; RICE et al., 2001). Nas maiores escalas das bacias hidrográficas (como as regiões deste estudo), geralmente é utilizada a abordagem do conceito de rio contínuo (*river continuum concept* - RCC), de Vannote et al. (1980), para descrição dos dados. Entretanto, em menores escalas (neste caso, os trechos dos arroios) a variação ocorre de maneira estocástica, sendo que os padrões locais dificilmente são reproduzidos de formas idênticas em outros fluxos (VINSON; HAWKINS, 1998).

Nesse sentido, a maior abundância de *S. pertinax* nos trechos característicos de nascentes, e de *S. orbilata* e *S. jujuyense* nos de foz pode ser um padrão da bacia hidrográfica do rio Piratinim. Céréghino et al. (2003) afirmam que, no caso de macroinvertebrados, modelos que se referem à fauna regional específica, possivelmente, só sejam aplicados à área.

Enquanto que em escala maior, a menor presença de *S. pertinax* na região baixa pode estar relacionada com a preferência da espécie por riachos com águas mais limpas (COSCARÓN, 1991) e velocidades maiores, onde o número de macroinvertebrados predadores é reduzido (SANTOS JR. et al, 2007).

3.1.4.3 Relação da abundância de simúlídeos com as variáveis ambientais

A temperatura da água e a largura dos riachos são fatores que desempenham um papel importante na variância inter-local do simúlídeos para a bacia hidrográfica do rio Piratinim.

Ross e Merritt (1987) reconhecem a temperatura da água como um fator primário que atua sobre a dinâmica populacional dos simúlídeos. Outros autores têm observado que essa condição pode influenciar as espécies (GRILLET; BARRERA, 1997; HAMADA et al., 2002; BERNOTIENE; BARTKEVICIENE, 2013). Hamada et al. (2002), por exemplo, verificaram uma relação positiva entre a abundância de espécies e temperaturas mais frias. No entanto, Hauer e Benke (1987) alertam que esse aspecto pode ser extremamente variável, dependendo, principalmente, da espécie em estudo e condições do meio.

O tamanho do riacho também é relatado como variável preditora da distribuição das espécies de simúlídeos em diversos estudos, demonstrando preferências de determinadas espécies a tamanhos maiores e outras a menores (HAMADA et al., 2002; MCCREADIE et al., 2004; FIGUEIRÓ et al., 2006, YA'COB et al., 2016). Como alguns autores têm verificado uma associação significativa entre a dimensão do leque cefálico das espécies com a largura do riacho (MALMQVIST et al., 1999; PALMER; CRAIG, 2000), Hamada et al. (2002) sugerem que esse padrão pode ser influenciado pela própria morfologia dos indivíduos.

S. orbitale mostrou associação com riachos de maior temperatura e também com maior largura. Não são conhecidos muitos dados em relação às preferências de hábitat dessa espécie. Coscarón (1991) sugere que as formas imaturas se desenvolvem em arroios de intenso fluxo d'água, fixadas, principalmente, em galhos com até 50 cm de profundidade.

S. pertinax esteve relacionada com riachos de menor tamanho, bem como temperaturas mais baixas. Coscarón (1991) indica a preferência dessa espécie por águas mais limpas, enquanto Castello Branco Jr. e Andrade (1992) sugerem que ela possa estar relacionada com águas poluídas e de locais modificados. Uma série de autores têm relatado altas frequências desta espécie em seus estudos (LOZOVEI et al., 2004; STRIEDER et al., 2006; COPPO; LOPES, 2010; VIVIANI et al., 2012;

COUCEIRO et al., 2014), e Campos et al. (2001) apontam para uma possível capacidade de adaptação a diferentes ambientes.

Grande parte dos estudos sobre a bioecologia dos simulídeos no Brasil foram realizados na Amazônia Central e Mata Atlântica (SANTOS, 2008). Assim, os dados apresentam informações importantes sobre estruturação da assembleia desses insetos no bioma Pampa. Ainda, os fatores que exerceram maior influência na distribuição espacial foram os locais (trechos dos arroios), o que fundamenta o bom estado de conservação e preservação da bacia. Como observado, a riqueza média de espécies por riacho foi relativamente alta (4,78) e a distribuição foi homogênea para grande parte das espécies (com exceção de *S. orbitale* e *S. jujuyense* e *S. pertinax*), sugerindo que distribuições não determinísticas podem gerar maior riqueza de espécies por riacho (COUCEIRO et al., 2014).

Ainda, como na região de estudo existem problemas de perturbação pelos índices elevados de espécies antropofílicas (COSCARÓN, 1991), tais informações podem ser úteis, colaborando com o programa controle do Simulídeos no Rio Grande do Sul. *S. pertinax*, considerada a espécie que mais exerce influência negativa na qualidade de vida das pessoas dessa localidade (STRIEDER; CORSEUIL, 1992), se mostrou associada à trechos de nascentes, o que indica que as medidas mais urgentes podem ser aplicadas nesses ambientes.

Como os estudos no viés da ecologia desses insetos ainda são insuficientes para o Brasil, não é possível traçar padrões gerais consistentes. Nesse sentido, são necessários mais estudos abrangendo também outros biomas e um grande número de localidades para comparação de resultados.

Referências

- ADLER, P. H.; MCCREADIE, J. W. The hidden ecology of black flies: sibling species and ecological scale. **American Entomologist**, v. 43, p. 153-161, 1997.
- ADLER, P.H.; CURRIE, D.C.; WOOD, D.M. **The black flies (Simuliidae) of North America**. New York: Cornell University Press, 2004. 941p..
- ADLER, P.; CROSSKEY, R. 2018. **World blackflies (Diptera: Simuliidae): a comprehensive revision of the taxonomic and geographical inventory**. South Carolina: Inventory Revision, 2018. Disponível em: <<https://biomia.sites.clemson.edu/pdfs/blackflyinventory.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

BAPTISTA, V.A.; ANTUNES, M.B.; MARTELLO, A.R.; FIGUEIREDO, N.S.B.; AMARAL, AM.B.; SECRETTI, E.; BRAUN, B. Influence of environmental factors on the distribution of families of aquatic insects in rivers in southern Brazil. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, n. 3, p. 153-174, 2014.

BEGON, M.; TOWNSEND, C.R.; HARPER, J.H. **Ecology: from individuals to ecosystems**. 4. ed. Malden: Blackwell Pub, 2006. 737 p..

BELL, G. The distribution of abundance in neutral communities. **American Naturalist**, v. 155, n. 5, p. 606-617, 2000.

BERNOTIENE, R.; BARTKEVICIENE, G. The relationship between water temperature and the development cycle beginning and duration in three black fly species. **Journal of Insect Science**, v. 13, n. 1, p. 1-15, 2013.

BERRETA, E. Ecophysiology and management response of the subtropical grasslands of Southern America. In: GOMIDE, J.A.; MATTOS, W.R.S.; SILVA, S.C.(Eds). **Proceedings of the XIX International Grassland Congress**. Piracicaba: São Pedro, 2001. p. 939-946.

BRASIL, Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. **Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional**. Publicado no D.O.U. Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf. Acesso em: 01 fev. 2019.

CAMPOS, J.; ANDRADE, C. F. S.; RECCO-PIMENTEL, S. M. Chromosomal comparison among and within populations of *Simulium (Chirostilbia) pertinax* (Diptera, Simuliidae). **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 96, n.3, p. 365-369, 2001.

CASTELLO BRANCO JR, A.; ANDRADE, C.F.S. Susceptibility of *Simulium (Chirostilbia) pertinax* Kollard, 1832 (Culicomorpha, Simuliidae) to *Bacillus thuringiensis* var. israelensis in an atypical breeding habitat. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 87, p. 317-318, 1992.

CÉRÉGHINO, R.; PARK, Y.-S.; COMPIN, A.; LEK, S. Predicting the species richness of aquatic insects in streams using a limited number of environmental variables. *Journal of the North American Benthological Society*, v. 22, n. 3, p. 442–456, 2003.

CHAVE, J. Neutral theory and community ecology. **Ecology Letters**, v. 7, n. 3, p. 241-253, 2004.

CHOMENKO, L.; BENCKE, G.A (Org). **Nosso Pampa desconhecido**. Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 2016. 208 p..

CIADAMIDARO, S.; MANCINI, L.; RIVOSECCHI, L. Black flies (Diptera, Simuliidae) as ecological indicators of stream ecosystem health in an urbanizing area (Rome, Italy). **Ann Ist Super Sanità**, v. 52, n. 2, p. 269-276, 2016.

COLWELL, R.K.; MAO, C.X.; CHANG, J. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. **Ecology**, v. 85, n. 10, p. 2717-2727, 2004.

CONNOR, E.F.; MCCOY, E.D. The Statistics and Biology of the species-area relationship. **The American Naturalist**, v. 113, n. 6, p. 791-833, 1979.

COPPO, T.L.; LOPES, J. Diversidade de Simuliidae (Diptera: Nematocera) de três cursos d' água no parque ecológico da Klabin S.A. – Telêmaco Borba, Estado do Paraná. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 31, n. 1, p. 03-14, 2010.

CORDEIRO, J.L.P.; HASENACK, H. Cobertura vegetal atual do Rio Grande do Sul. In: PILLAR, V.P.; MULLER, S.C.; CASTILHOS, Z.M.S.; JACQUES, A.V.A (eds). **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, 2009. cap. 23, p. 285- 299.

CORNELL, H. V. Unsaturation and regional influences on species richness in ecological communities: a review of the evidence. **Ecoscience**, v. 6, n.3, p. 303-315, 1999.

COSCARÓN, S. **Insecta, Diptera, Simuliidae: Fauna agua dulce de la República Argentina**. 2 ed. Buenos Aires: Fecic, 1991. 304p..

FELD, C.K.; KIEL, E.; LAUTENSCHLAGER, M. The indication of morphological degradation of streams and rivers using Simuliidae. **Limnologica**, v. 32, n. 3, p. 273-288, 2002.

FIGUEIRÓ, R.; ARAÚJO-COUTINHO, C.J.P.C.; GIL-AZEVEDO, L.H.; NASCIMENTO, E.S.; MONTEIRO, R.F. Spatial and temporal distribution of blackflies (Diptera: Simuliidae) in the Itatiaia National Park, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 135, n. 4, p. 542-550, 2006.

FIGUEIRÓ, R.; GIL-AZEVEDO, L.H. The role of the Neotropical blackflies (Diptera: Simuliidae) as vectors of the onchocerciasis: a short overview of the ecology behind the disease. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 3, p. 745-755, 2010.

FIGUEIRÓ, R.; GIL-AZEVEDO, L.H.; MAIA-HERZOG, M.; MONTEIRO, R.F. Diversity and microdistribution of black fly (Diptera: Simuliidae) assemblages in the tropical savanna streams of the Brazilian cerrado. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 107, n. 3, p. 362-369, 2012.

FIGUEIRÓ, R.; CALVET, A.; GIL-AZEVEDO, L.H.; DOCILE, T.N.; MONTEIRO, R.F.; MAIA-HERZOG, M. Evidence of phenotypic plasticity of larvae of *Simulium subpallidum* Lutz in different streams from the Brazilian Cerrado. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 59, n.1, p. 28-31, 2015.

FLEMING, E.L.; LIM, G.; WALLACE, J.M. Differences between the Spring and Autumn Circulation of the Northern Hemisphere. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 44, n. 9, p. 1266-1286, 1986.

FRISSELL, C. A.; LISS, W. J.; WARREN, C. E.; HURLEY, M. D. A hierarchical framework for stream habitat classification: viewing streams in a watershed context. **Environmental Management**, v. 10, n. 2, p. 199-214, 1986.

FÜREDER, L.; WALLINGER, M.; BURGER, R. Longitudinal and seasonal pattern of insect emergence in alpine streams. **Aquatic Ecology**, v. 39, p. 67-78, 2005.

GASTON, K.J.; LAWTON, J.H. Patterns in the distribution and abundance of insect populations. **Nature**, v. 331, n. 6158, p. 709–12, 1998.

GRILLET, M.E.; BARRERA, R. Spatial and temporal abundance, substrate partitioning and species co-occurrence in a guild of Neotropical blackflies (Diptera: Simuliidae). **Hydrobiologia**, v. 345, n. 2-3, p. 197-208, 1997.

HAMADA, N.; MCCREADIE, J.W.; ADLER, P.H. Species richness and spatial distribution of blackflies (Diptera: Simuliidae) in streams of Central Amazonia, Brazil. **Freshwater Biology**, v. 47, p. 31-40, 2002.

HASEANACK, H. **Remanescentes de vegetação dos Campos Sulinos (do Pampa)**. Porto Alegre: Fundação de Apoio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007. 30 p..

HAUER, F.R., BENKE, A.C. Influence of temperature and river hydrograph on black fly growth rates in a subtropical blackwater river. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 6, n. 4, p. 251–261, 1987.

HORTAL, J.; TRIANTIS, K.A.; MEIRI, S.; THÉBAULT, E.; STENTHOURAKIS, S. Island Species Richness Increases with Habitat Diversity. **The American Naturalist**, v. 174, n. 6, p. 206-217, 2009.

HUTCHINSON, G.W. Concluding remarks. **Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology**, v. 22, p. 415-427, 1957.

ILLÉSOVÁ D.; HALGOS, J.; KRNO, I. Blackfly assemblages (Diptera, Simuliidae) of the Carpathian river: habitat characteristics, longitudinal zonation and eutrophication. **Hydrobiologia**, v. 598, n. 1, p. 163-174, 2008.

ILLÉSOVÁ, D.; BERACKO, P.; KRNO, I.; HALGOS, J. Effects of land use on black fly assemblages (Diptera: Simuliidae) in submontane rivers (West Carpathians, Slovakia). **Biologia**, v. 65, n.1, p. 892–898, 2010.

JACKSON, D.A. Stopping rules in principal components analysis: a comparison of heuristical and statistical approaches. **Ecology**, v. 74, n.8, p. 2204–2214, 1993.

LANDEIRO, V.L.; PEPINELLI, M.; HAMADA, N. Species richness and distribution of blackflies (Diptera: Simuliidae) in the Chapada Diamantina region, Bahia, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 38, n. 3, p. 332-339, 2009.

LEINZ, V. **Contribuição à geologia dos derrames basálticos do sul do Brasil**. São Paulo: Boletim CIII - Universidade de São Paulo, 1949. Disponível em:

<<http://www.revistas.usp.br/bffcluspgeologia/article/view/121703/118596>>. Acesso em: 15 out. 2018.

LOZOVEI, A.L.; PETRY, F.; SANTOS NETO, L.G.; FERRAZ, M.E. Levantamento das espécies de Simulium (Diptera, Simuliidae), Riacho dos Padres, município de Almirante Tamandaré, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 48, n. 1, p. 91-94, 2004.

MAGURRAN, A.E. **Measuring Biological Diversity**. Malden: Blackwell Publishing, 2004. 256p..

MAIOLINI, B.; LEBCIONI, V. Longitudinal distribution of macroinvertebrate assemblages in a glacially influenced stream system in the Italian Alps. **Freshwater Biology**, v. 46, p. 1625-1639, 2001.

MALMQVIST, B.; ZHANG, Y.; ADLER, P.H. Diversity, distribution and larval habitats of North Swedish blackflies (Diptera: Simuliidae). **Freshwater Biology**, v. 42, n. 2, p. 301-314, 1999.

MCCREADIE, J.W.; COLBO, M.H. Spatial distribution patterns of larval cytotypes of the Simuliumvenustum/verecundum complex (Diptera: Simuliidae) on the Avalon Peninsula, Newfoundland: factors associated with occurrence. **Canadian Journal of Zoology**, v. 69, n. 10, p. 2651-2659, 1991.

MCCREADIE, J.W.; HAMADA, N.; GRILLET, M.E. Spatial-temporal distribution of preimaginal blackflies in Neotropical streams. **Hydrobiologia**, v. 513, n. 183-196, 2004.

MCCREADIE, J.W.; ADLER, P.H.; HAMADA, N. Patterns of species richness for blackflies (Diptera: Simuliidae) in the Nearctic and Neotropical regions. **Ecological Entomology**, v. 30, n. 2, p.201-209, 2005.

MCCREADIE, J.W.; ADLER, P.H. Ecoregions as predictors of lotic assemblages of blackflies (diptera: Simuliidae). **Ecography**, v. 29, n.4, p. 603-613, 2006.

MCCREADIE, J.W., ADLER, P.H., GRILLET, M.E., HAMADA, N. Sampling statistics in understanding distributions of black fly larvae (Diptera: Simuliidae). **Acta entomologicaserbica**, v. 11, p. 89–96, 2006.

MCCREADIE, J.W.; ADLER, PH. The roles of abiotic factors, dispersal, and species interactions in structuring stream assemblages of black flies (Diptera: Simuliidae). **Aquatic Biosystems**, v. 8, n. 14, p. 1-12, 2012.

MCGILL, B.J.; ETIENNE, R.S.; GRAY, J.S.; ALONSO, D.; ANDERSON, M.J.; BENECHA, H.K.; DORNELAS, M.; ENQUIST, B.J.; GREEN, J.L.; HE, F.; HURBERT, A.H.; MAGURRAN, A.E.; MARQUET, P.A.; MAURER, B.A.; OSTLING, A.; SOYKAN, C.U.; UGLANF, K.I.; WHITE, E.P. Species abundance distributions: moving beyond single prediction theories to integration within an ecological framework. **Ecology Letters**, v. 10, n. 10, p. 995-1015, 2007.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F.G.; FRIENDLY, M.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MCGLINN, D.; MINCHIN, P.R.; O'HARA, R.B.; SIMPSON, G.L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M.H.H.; SZOEC, E. & WAGNER, H. *Vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.3-3. 2016. Disponível em: <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>. Acesso em: 10 dez. 2016.

OVERBECK, G.E.; MÜLLER, S.C.; FIDELIS, A.; PFADENHAUER, J.; PILLAR, V.D.; BLANCO, C.C.; BOLDRINI, I.I.; BOTH, R.; FORNECK, E.D. Brazil's neglected biome: The South Brazilian Campos. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 9, p. 101-116, 2007.

PACHÓN, R.T.; WALTON, W.E. Seasonal occurrence of black flies (Diptera: Simuliidae) in a desert stream receiving trout farm effluente. **Journal of Vector Ecology**, v. 36, n. 1, p. 187-196, 2011.

PALMER, R.W.; CRAIG, D.A. An ecological classification of primary labral fans of filter-feeding black fly (Diptera: Simuliidae) larvae. **Canadian Journal of Zoology**, v. 78, n. 2, p. 199–218, 2000.

PETROZHITSKAYA, L.V.; RODKINA, V.I. The spatial distribution of black flies (Diptera: Simuliidae) in the basin of the Sema mountain river in the North Altai mountain region. **Inland Water Biology**, v. 2, n. 1, p. 33-41, 2009.

PRAMUAL, P.; WONGPAKAM, K. Seasonal variation of black fly (Diptera: Simuliidae) species diversity and community structure in tropical streams of Thailand. **Entomological Science**, v. 13, n. 1, p. 17–28, 2010.

RABHA, R., DHIMAN, S., YADAV, K., HAZARIKA, S., BHOLA, R.K., VEER, V. Influence of water physicochemical characteristics on Simuliidae (Diptera) prevalence in some streams of Meghalaya, India. **Journal of Vector Borne Diseases**, v. 50, n. 1, p. 18–23, 2013.

RICE, S.P.; GREENWOOD, M.T.; JOYCE, C.B. Tributaries, sediment sources, and the longitudinal organisation of macroinvertebrate fauna along river systems. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 58, p. 824–840, 2001.

RIGHI, E.; BASSO, L.A. Aplicação e análise de técnicas de interpolação para espacialização de chuvas. **Ambiência Guarapuava (PR)**, v. 12 n. 1 p. 101-117, 2016.

ROSS, D.H.; MERRITT, R.W. 1987. Factors affecting larval black fly distributions and population dynamics. In: KIM, K.C.; MERRITT, R.W. (Eds.). **Black flies: Ecology, population management and annotated world list**. Pennsylvania: University Park, 1987. p. 90-108.

SANTOS JR., J. E.; STRIEDER, M. N.; FIORENTIN, G. L.; NEISS, U. G. Velocidade da água e a distribuição de larvas e pupas de *Chirostilbia pertinax* (Kollar) (Diptera, Simuliidae) e macroinvertebrados associados. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 51, n. 1, p. 62-67, 2007.

SANTOS, R.C. **Fauna de Simulídeos (Diptera: Simuliidae) do Ribeirão Guaravera e Afluentes, Distrito de Guaravera, Londrina, Paraná.** 2008. 69 f. Dissertação (Ciências Biológicas). Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

SANTOS, R.B.; LOPES, J.; SANTOS, K.B. Distribuição espacial e variação temporal da composição de espécies de borrachudos (Diptera: Simuliidae) em uma microbacia situada no norte do Paraná. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 2, p. 289-298, 2010.

SCHEEREN, L. W. **Parecer: Documento DAT-MA Nº 2543/2008.** Unidade de Assessoramento Ambiental Geoprocessamento – Bacias Hidrográficas. Porto Alegre: Ministério Público do Rio Grande do Sul, 2008. 11 p.

SHELLEY, A. J.; L. M. HERNÁNDEZ; M. MAIA-HERZOG; A. P. A. LUNA DIAS & P. R. GARRITANO. The Blackflies (Diptera: Simuliidae) of Brazil. In: J.R. ARIAS; S. GOLOVATCH; K.M. WANTZEN & E. DOMINGUEZ (Eds). **Aquatic Biodiversity in Latin America.** Sofia: Pensoft, 2010. vol. 1, 821p..

SIQUEIRA, R.M.B.; HENRY-SILVA, G.G. A bacia hidrográfica como unidade de estudo e o funcionamento dos ecossistemas fluviais. **Boletim da Associação Brasileira de Limnologia**, v. 39, n. 2, p. 1-15, 2011.

SRISUKA, W.; TAKAOKA, H.; OTSUKA, Y.; FUKUDA, M.; THONGSAHUAN, S.; TAAI, K. Seasonal biodiversity of black flies (Diptera: Simuliidae) and elevation of ecological factors influencing species distribution at Doi PhaHomPoh National Park, Thailand. **Acta tropica**, v. 149, p. 212-219, 2015.

STRIEDER, M. N.; CORSEUIL, E. Atividades de hematofagia em Simuliidae (Diptera, Nematocera) na Picada Verão, Sapiranga, RS - Brasil. **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 14, n. 2, p. 75-98, 1992.

STRIEDER, M.N., CORSEUIL, E. & PY-DANIEL, V. Espécies do gênero Simulium (Diptera, Simuliidae) ocorrentes no Rio Grande do Sul - Brasil, com chaves para sua identificação. **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 14, n. 2, p. 53-74, 1992.

STRIEDER, M.N.; PY-DANIEL, V. Espécies de Inaequalium (Diptera, Simuliidae): dados bionômicos e chaves para sua identificação. **Biociências**, v. 7, n. 2, p. 43–72, 1999.

STRIEDER, M.N. Espécies de simulídeos (Diptera, Nematocera, Simuliidae) no Rio Grande do Sul, Brasil: distribuição geográfica. **Entomología y Vectores**, v. 11, n. 1, p. 117–121, 2004.

STRIEDER, M.N.; SANTOS, J.E.; VIEIRA, E.M. Distribuição, abundância e diversidade de Simuliidae (Diptera) em uma bacia hidrográfica impactada no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 50, n. 1, p. 119–124, 2006.

TANAKA, M.O.; SOUZA, A.L.T.; MOSCHINI, L.E.; OLIVEIRA, A.K. Influence of watershed land use and riparian characteristics on biological indicators of stream water quality in southeastern Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 216, p. 333-339, 2016.

TRINDADE, J.P.; ROCHA, D.S.; VOLK, L.B.S. **Uso da terra no Rio Grande do Sul:** ano de 2017. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2018. 18p..

VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDDELL, J. R.; CUSHING, C. E. The River Continuum Concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 37, n. 1, p. 130-137, 1980.

VERBERL, W. Explaining General Patterns in Species Abundance and Distributions. **Nature Education Knowledge**, v. 3, n. 10, p. 1-11, 2011.

VINSON, M. R.; HAWKINS, C. P. Biodiversity of stream insects: variation at local, basin and regional scales. **Annual Review of Entomology**, v. 43, p. 271-93, 1998.

VIVIANI, A.B.P.; ARAÚJO-COUTINHO, C.J.P.C.; MORAES, R.B.; GIL, H.B.; LEUNG, R.; CAMARGO, A.F.M. Distribuição e abundância de larvas de *Simulium* spp. em córregos do estado de São Paulo nos diferentes níveis de qualidade da água. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 7, n. 1, p. 48-56, 2012.

WAINFAS, R.L. **Distribuição espacial e temporal de Simuliidae (Diptera) em córregos sob a influência de fatores abióticos e antrópicos da área da UHE peixe angical, Tocantins, Brasil.** 2015. 67 f. Dissertação (Biodiversidade e Saúde), Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2015.

WALLA, T.R.; ENGEN, S.; DEVRIES, P.J.; LANDE, R. Modeling vertical beta-diversity in tropical butterfly communities. **Oikos**, v. 107, n. 3, p. 610–618, 2004.

WOLLMANN, C.A.; GALVANI, E. Caracterização climática regional do Rio Grande do Sul: Dos estudos estáticos ao entendimento da gênese. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 11, p. 87–103, 2012.

YA'COB, Z.; TAKAOKA, H.; PRAMUAL, P.; LOW, V.L.; SOFIAN-AZIRUN, M. Distribution pattern of black fly (Diptera: Simuliidae) assemblages along na altitudinal gradient in Peninsular Malaysia. **Parasites & Vectors**, v. 9, n. 219, p. 1-16, 2016.

Material Suplementar

Tabela 6- Coordenadas geográficas e características de paisagem associadas com os córregos, nos 18 pontos de amostragem, na bacia hidrográfica do rio Piratinim, RS, Brasil.

Ponto de Coleta	GPS	Altitude (m)	Largura			Cobertura do Dossel
			do córrego (m)	Mata Ciliar (m)		
ChA1	28°43'29.74"S 54°12'15.06"O	313	4,5	75,35	Pa	
ChA2	28°40'09.91"S 54°21'09.35"O	240	17	25,46	Ab	
ChA3	28°39'31.62"S 54°25'26.82"O	203	22	95,85	A	
ItA1	28°47'18.59"S 54°12'08.88"O	332	6,5	22,78	P	
ItA2	28°44'52.66"S 54°16'37.43"O	280	9	153,98	A	
ItA3	28°41'41.90"S 54°22'40.34"O	239	9	57,17	P	
XiM1	28°27'07.57"S 54°49'22.89"O	194	5	46,71	P	
XiM2	28°28'08.42"S 54°57'12.66"O	154	13	24,89	A	
XiM3	28°27'19.42"S 55°06'53.49"O	122	15	42,93	P	
SaM1	28°30'37.22"S 54°43'47.74"O	186	5	33,87	P	
SaM2	28°33'58.90"S 54°48'41.88"O	152	11	50,29	A	
SaM3	28°34'49.93"S 54°49'03.20"O	151	13	59,46	P	
IvB1	28°04'34.74"S 55°20'59.49"O	106	3	17,82	P	
IvB2	28°05'03.08"S 55°21'37.35"O	89	5	81,24	P	
IvB3	28°05'19.72"S 55°22'45.23"O	82	7	46,9	P	
GuB1	28°10'38.22"S 55°10'43.88"O	145	3	36,63	A	
GuB2	28°12'43.44"S 55°13'07.74"O	112	10	36,43	P	
GuB3	28°14'19.50"S 55°15'46.38"O	99	15	78,53	A	

Tabela 7- Variáveis físico-químicas associadas com os 18 pontos de amostragem, na bacia hidrográfica do rio Piratinim, RS, nos períodos da primavera de 2017 e outono de 2018.

Estação	Ponto de Coleta	Temperatura (°C)	pH	Condutividade (mS/cm)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Pressão Atmosférica (mmHg)	Salinidade (ppt)
Primavera	ChA1	18,5	7,51	144,8	8,3	737,7	0,08
	ChA2	20,9	7,54	155,3	8,4	742,9	0,08
	ChA3	22,2	7,4	154,1	8,4	455,8	0,08
	ItA1	18,8	7,63	117,8	8,5	736,1	0,1
	ItA2	20,1	7,3	97,4	8,8	734,1	0,05
	ItA3	20,2	7,38	165,4	8,3	743,1	0,09
	XiM1	20,5	7,4	131,6	7,3	742,4	0,07
	XiM2	22	7,08	128,8	8	743,8	0,06
	XiM3	19,3	7,3	106,4	8,8	749,4	0,06
	SaM1	20,3	7,18	127,5	7,9	743,4	0,07
	SaM2	21,3	7,11	123,4	8,2	745,7	0,07
	SaM3	21,9	7,26	122,3	8,5	745,9	0,06
	IvB1	20,4	6,39	129	7,7	751	0,07
	IvB2	18	7,38	121,4	8,3	752,2	0,07
	IvB3	19,2	7,4	128,4	8,3	755,1	0,07
	GuB1	18,9	7,43	107,6	8,7	748,3	0,06
	GuB2	18,8	7,8	96,9	8,8	751,5	0,05
	GuB3	21,8	7,03	131,5	8,5	750,4	0,07
Outono	1A1	19,7	9,97	56,8	10,5	737,3	0,03
	1A2	21	7,66	60,2	10,2	740,9	0,03
	1A3	11,9	7,92	64,7	12,2	749,8	0,04
	2A1	19,8	7,86	60,1	9,1	735,7	0,03
	2A2	20,3	7,76	60,5	8,7	739,4	0,03
	2A3	20,6	7,76	59,8	9,3	742,2	0,03
	3M1	14	8,08	62,4	9,8	752,6	0,04
	3M2	15,3	8,3	62	11,4	756,9	0,04
	3M3	15,6	8,59	61,1	10	759,6	0,03
	4M1	14,5	7,9	66,9	10,4	752,3	0,04
	4M2	15,1	7,74	64,7	11,1	755,4	0,04
	4M3	15,2	7,71	67,9	11,7	756,4	0,04
	5B1	11,1	8,59	63,1	10,2	755,8	0,04
	5B2	12,6	8,06	65	8,3	756,9	0,04
	5B3	11,6	8,24	67,2	10,2	758,2	0,04
	6B1	12,4	7,51	78,4	10,6	749,2	0,05
	6B2	13,8	7,54	78,2	10,1	752,2	0,05
	6B3	14	7,62	73,1	10,2	754,3	0,04

REFERÊNCIAS

ADLER, P. H.; MCCREADIE, J. W. The hidden ecology of black flies: sibling species and ecological scale. **American Entomologist**, v. 43, p. 153-161, 1997.

ADLER, P.H.; CURRIE, D.C.; WOOD, D.M. **The black flies (Simuliidae) of North America**. New York: Cornell University Press, 2004. 941p..

ADLER, P.H.; CHEKE, R.A.; POST, R.J. Evolution, epidemiology, and population genetics of black flies (Diptera: Simuliidae). **Infection, Genetics and Evolution**, v. 10, n. 7, p. 846-865, 2010.

ADLER, P.; CROSSKEY, R. 2018. **World blackflies (Diptera: Simuliidae): a comprehensive revision of the taxonomic and geographical inventory**. South Carolina: Inventory Revision, 2018. Disponível em: <<https://biomia.sites.clemson.edu/pdfs/blackflyinventory.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

AGRAWAL, A.A.; ACKERLY, D.D.; ADLER, F.; ARNOLD, E.; CÁCERES, C.; DOAK, D.F.; POST, E.; HUDSON, P.J.; MARON, J.; MOONEU, K.A.; POWER, M.; SCHEMSKE, D.; STACHOWICZ, J.; STRAUSS, S.; TURNER, M.G.; WERNER, E. Filling key gaps in population and community ecology. **Frontiers Ecology Environment**, v. 5, n. 3, p. 145-152, 2007.

AKPAN, S.S.; ALARIBE, A.A.A.; EJEZIE, G.C. The Distribution of Black Flies (Simulium Species) In Ugbem and Ukwepeyiere Communities of Biase Local Government Area of Cross River State, Nigeria. **Journal of Dental and Medical Sciences**, v. 1, n. 4, p. 24-28, 2012.

ALGAR, A.C.; KHAROUBA, H.M.; YOUNG, E.R.; KERR, J.T. Predicting the future of species diversity: macroecological theory, climate change, and direct tests of alternative forecasting methods. **Ecography**, v. 32, n. 1, p. 22–33, 2009.

ALLAN, J.D. **Stream ecology: structure and function of running Waters**. New York: Springer, 1995. 388p..

AMARAL-CALVÃO, A.M.R.; MAIA-HERZOG, M. Coleção de simuliídeos (Diptera - Simuliidae) de Adolpho Lutz, sua história e importância. **História, Ciência, Saúde-Manguinhos**, v. 10, n. 1, p. 259-271, 2003.

ANBALAGAN, S.; KANNAN, M.; DINAKARAN, S.; KRISHNAN, M. Species diversity of black flies (Diptera: Simuliidae) in Oriental region and molecular phylogeny of the subgenus Gomphostilbia members. **Journal of Vector Borne Diseases**, v. 54, n. 1, p. 80-86, 2017.

BAILLIE J.E.M.; HILTON-TAYLOR C.; STUART S, N. **2004 IUCN Red List of Threatened Species: A global species assessment**. Gland: IUCN, 2004. 191p..

BASCOMPTE, J. Mutualistic networks. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 7, n. 8, p. 429–436, 2009.

BEGON, M.; TOWNSEND, C.R.; HARPER, J.H. **Ecology**: from individuals to ecosystems. 4 ed. Malden: Blackwell Pub ,2006. 750p..

BENCHIMOL, J.L.; SÁ, M.L (org). **Adolpho Lutz: Entomologia = Entomology**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2006. 1056p..

BERNOTIENE, R.; BARTKEVICIENE, G. The relationship between water temperature and the development cycle beginning and duration in three black fly species. **Journal of Insect Science**, v. 13, n. 1, p. 1-15, 2013.

BERNOTIENE, R. The relationship between Blackflies (Diptera: Simuliidae) and some hydrochemical and hydrophysical parameters in large and medium-sized Lithuanian rivers. **River Research and Applications**, v. 31, p. 728-735, 2015.

BERTAZO, K.; SANNTOS, C.B.; PINTO, I.S.; FERREIRA, A.L.; FALQUETO, A.; PEPINELLI, M. Distribuição de espécies de borrachudos (Diptera: Simuliidae) do Espírito Santo, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 3, p. 129-132, 2010.

BRANCO JR., A.C.; ANDRADE, C.F. Susceptibility of *Simulium (Chirostilbia) pertinax* Kollar, 1832 (Diptera, Simuliidae) to *Bacillus thuringiensis* var. israelensis in an atypical breeding habitat. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 87, n. 2, p. 317-318, 1992.

CAMPOS, J. G.; ANDRADE, C.F.S. Aspectos da Entomologia Médica e Veterinária dos borrachudos (Díptera, Simuliidae) - Biologia, Importância e Controle. **Lecta**, v. 17, n. 1, p. 51-65, 1999.

CAMPOS, J. G.; ANDRADE, C.F.S. Considerações sobre os simulídeos (Diptera, Nematocera) e o seu controle. **Entomologia y Vectores**, v. 8, n. 1, p. 27-50, 2002.

CARVALHO, B.M.; WAINFAS, R.L.; RODRIGUES, T.; BERBERT, L.C.; FRANKLIN, T.; LIMA-DE-SOUZA, I.K.; FIGUEIRÓ, R. Black fly (Diptera:Simuliidae) larvae body size variation along an altitude gradient in the Itatiaia National Park, Brazil. **Acta Ambiental Catarinense**, v. 13, n.1, p. 1-7, n.1.

CHESSON, P. Mechanisms of maintenance of species diversity. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 31, p. 343–366, 2000.

CIADAMIDARO, S.; MANCINI, L.; RIVOSECCHI, L. Black flies (Diptera, Simuliidae) as ecological indicators of stream ecosystem health in an urbanizing area (Rome, Italy). **Ann Ist Super Sanità**, v. 52, n. 2, p. 269-276, 2016.

CIBOROWSKI, J.J.; ADLER, P.H. Ecological segregation of larval black flies (Diptera: Simuliidae) in northern Saskatchewan, Canada. **Canadian Journal of Zoology**, v. 68, n. 19, p. 2113-2122, 1990.

COLBO, M.H.; PORTER, G.N. Effects of the food supply on the life history of Simuliidae (Diptera). **Canadian Journal of Zoology**, v. 57, n. 2, p. 301-306, 1979.

COLEBUNDERS, R.; HENDY, A.; NANYUNJA, M.; WAMALA, J.F.; OIJEN, M.V. Nodding syndrome—a new hypothesis and new direction for research. **International Journal of Infectious Diseases**, v. 27, p. 74-77, 2014.

CORDEIRO, J.L.P.; HASENACK, H. Cobertura vegetal atual do Rio Grande do Sul. In: PILLAR, V.P.; MULLER, S.C.; CASTILHOS, Z.M.S.; JACQUES, A.V.A (eds). **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, 2009. cap. 23, p. 285- 299.

COSCARÓN, S. **Insecta, Diptera, Simuliidae**: Fauna agua dulce de la República Argentina. 2 ed. Buenos Aires: Fecic, 1991. 304p..

COSCARÓN, S. Los simúlidos y su control en el Valle del Río Negro y Neuquén, Argentina (Diptera: Culicoidea: Simuliidae). **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, v. 58, n. 1-2, p. 276-281, 1999.

COSCARÓN, S.; ARIAS, C.L.C. **Neotropical Simuliidae (Diptera: Insecta)**. Sofia: Pensoft publishers, 2007. 853p..

COSCARÓN, S.; MOREIRA, G.R.P.; Py-Daniel, V.; Sato, G.; Nascimento, E.S.; Maia-Herzog, M. The blackflies (Diptera: Simuliidae) from Santa Catarina, Brazil. **Zoologia (Curitiba)**, v.28, n.1, p.31-36, 2011.

COUCEIRO, S.R.M.; HAMADA, C.; SAGOT, L.B.; PEPINELLI, M. Black-fly assemblage distribution patterns in streams in disturbed areas in southern Brazil. **Acta Tropica**, v. 140, p. 26-33, 2014.

COUTINHO, C.J.P.C.A. **Abundância Sazonal da população de formas imaturas de *Simulium pertinax* Kollar, 1932 (Diptera, Simuliidae) e da entomofauna associada, no município de Paraty, RJ**. 1993. 81f. Dissertação (Biologia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1993.

CROSSKEY, R. Simuliid Taxonomy-The Contemporary Scene. In: MARSHALL, L (Org.). **Blackflies: The future for biological methods in integrated control**. São Paulo: Academic Press do Brasil LTDA, 1981. cap. 1, p. 3-18.

CROSSKEY R. W. **The Natural History of Blackflies**. Chichester: Wiley, 1990. 711 p..

CROSSKEY, R.W.; HOWARD, T.M. 1997. **A new taxonomic and geographical inventory of world blackflies (Diptera: Simuliidae)**. London: Department of Entomology, The Natural History Museum, 1997. 144 p..

CUNHA, M.C.I. 2001. Simulídeos (Borrachudos). In: MARCONDES, C.B.(Ed). **Entomologia Médica e Veterinária**. São Paulo: Ateneu, 2001. cap. 11, p. 31-47.

CURRIE, D.C.; ADLER, P.H. Global diversity of blackflies (Diptera: Simuliidae) in freshwater. **Hydrobiologia**, v. 595, p.469–475, 2008.

DOCILE, T.N.; FIGUEIRÓ, R.; GIL-AZEVEDO, L.H.; NESSIMIAN, J. Water pollution and distribution of the black fly (Diptera: Simuliidae) in the Atlantic Forest, Brazil. **Revista de Biologia Tropical**, v. 63, n. 3, p. 683-693, 2015.

EYMANN, M. Some boundary layer characteristics of microhabitats occupied by larval black flies (Diptera: Simuliidae). **Hydrobiologia**, v. 259, n. 1, p. 57-67, 1993.

FELD, C.K.; KIEL, E.; LAUTENSCHLAGER, M. The indication of morphological degradation of streams and rivers using Simuliidae. **Limnologia**, v. 32, n. 3, p. 273-288, 2002.

FIGUEIRÓ, R.; ARAÚJO-COUTINHO, C.J.P.C.; GIL-AZEVEDO, L.H.; NASCIMENTO, E.S.; MONTEIRO, R.F. Spatial and temporal distribution of blackflies (Diptera: Simuliidae) in the Itatiaia National Park, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 135, n. 4, p. 542-550, 2006.

FIGUEIRÓ, R.; NASCIMENTO, E.S.; GIL-AZEVEDO, L.H.; MAIS-HERZOG, M.; MONTEIRO, R.F. Local distribution of blackfly (Diptera, Simuliidae) larvae in two adjacent streams: the role of water current velocity in the diversity of blackfly larvae. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 52, n. 3, p. 452-454, 2008.

FIGUEIRÓ, R.; GIL-AZEVEDO, L.H. The role of the Neotropical blackflies (Diptera: Simuliidae) as vectors of the onchocerciasis: a short overview of the ecology behind the disease. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 3, p. 745-755, 2010.

FIGUEIRÓ, R.; GIL-AZEVEDO, L.H.; MAIA-HERZOG, M.; MONTEIRO, R.F. Diversity and microdistribution of black fly (Diptera: Simuliidae) assemblages in the tropical savanna streams of the Brazilian cerrado. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 107, n. 3, p. 362-369, 2012.

FIGUEIRÓ, R.; MAIA-HERZOG, M.; GIL-AZEVEDO, L.H.; MONTEIRO, R. F. Seasonal variation in blackfly (Diptera: Simuliidae) taxocenoses from the Brazilian Savannah (Tocantins, Brasil). **Journal of Vector Ecology**, v. 39, n. 2, p. 321-327, 2014.

FRY, K.M.; CRAIG, D.A. Larval black fly feeding (Diptera: Simuliidae): - use of endogenous glycoconjugates. **Canadian Journal of Zoology**, v. 73, p. 615-622, 1995.

GAONA, J. C.; ANDRADE, C. F. S. Aspectos da entomologia médica e veterinária dos borrachudos (Diptera, Simuliidae) – biologia, importância e controle. **Lecta**, v. 17, n. 1, p. 51-65, 1999.

GIL-AZEVEDO, L.H.; FERREIRA JR, N.; MAIA-HERZOG, M. Chave de identificação de pupas de Simuliidae (Diptera) do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, n. 3, p. 742-752, 2005.

GILBERT, B.; LECHOWICZ, M.J. Neutrality, niches, and dispersal in a temperate forest under story. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 101, p. 7651–7656, 2004.

GRAY, E.W.; ADLER, P.H.; NOBLET, R. Economic impact of Black Flies (Diptera: Simuliidae) in South Carolina and development of a localized suppression program. **Journal of the American Mosquito Control Association**, v. 12, n. 4, p. 676-678, 1996.

GRILLET, M.E.; BARRERA, R. Spatial and temporal abundance, substrate partitioning and species co-occurrence in a guild of Neotropical blackflies (Diptera: Simuliidae). **Hydrobiologia**, v. 345, n. 2-3, p. 197-208, 1997.

HALGOS J.; ILLÉSOVÁ, D.; KRNO, I. The effect of some ecological factors on longitudinal patterns of black fly community structure (Diptera: Simuliidae) in a foothill stream. **Biologia**, v. 56, n. 5, p. 513-523, 2001.

HAMADA, N.; ADLER, P.H. Bionomia e chave para imaturos e adultos de *Simulium* (Diptera: Simuliidae) na Amazônia central, Brasil. **Acta Amazônica**, v. 31, n. 1, p. 109-132, 2001.

HAMADA, N.; GRILLET, M.E. Black flies (Diptera: Simuliidae) of the Gran Sabana (Venezuela) and Pacaraima Region (Brazil): Distributional data and identification keys for larvae and pupae. **Entomotropica**, v.16, n.1, p.29-49, 2001.

HAMADA, N.; MCCREADIE, J.W.; ADLER, P.H. Species richness and spatial distribution of blackflies (Diptera: Simuliidae) in streams of Central Amazonia, Brazil. **Freshwater Biology**, v. 47, p. 31-40, 2002.

HAMADA, N.; SILVA, J.O.; PEPINELLI, M.; TRINDADE, L.R.R. Ordem Diptera Família Simuliidae. In: HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L.; QUERINO, R. B. **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. Manaus: Editora do INPA, 2014. cap. 29, p.683-710.

HAMID, N.A.A.; LARDIZABAL, M.L.T.; TAKAOKA, H.; STEPHEN, E.; MAHALI, M. Relationship between water quality & Black Flies (Diptera: Simuliidae) abundance in Tambunan district, Sabah. **Borneo Science**, v. 38, n. 2, p. 46-56, 2017.

HANNAY, C. L.; BOND, E. F. Blackfly wing surface. **Canadian Journal of Zoology**, v. 49, p. 543-549, 1971.

HART, D.D. The adaptive significance of territoriality in filter-feeding larval black flies (Diptera: Simuliidae). **Oikos**, v. 46, n. 1, p. 88–92, 1986.

HASEANACK, H. **Remanescentes de vegetação dos Campos Sulinos (do Pampa)**. Porto Alegre: Fundação de Apoio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007. 30 p..

HAUER, F.R., BENKE, A.C. Influence of temperature and river hydrograph on black fly growth rates in a subtropical blackwater river. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 6, n. 4, p. 251–261, 1987.

HERNÁNDEZ-TRIANA, L.M.; MONTES DE OCA, F.; PROSSER, S.W.; HEBERT, P.D.; GREGORY, R.T.; MCMURTRIE, S. DNA barcoding as an aid for species identification in austral black flies (Insecta: Diptera: Simuliidae). **Genome**, v. 60, n. 4, p. 348–357, 2017.

HUGUENY, B.; LEVEQUE, C. 1994. Freshwater fish zoogeography in west Africa: faunal similarities between river basins. **Environmental Biology of Fishes**, v. 39, n. 4, p. 365–380, 1994.

ILLÉSOVÁ D.; HALGOS, J.; KRNO, I. Blackfly assemblages (Diptera, Simuliidae) of the Carpathian river: habitat characteristics, longitudinal zonation and eutrophication. **Hydrobiologia**, v. 598, n. 1, p. 163-174, 2008.

KIEL, E.; BÖGE, F.; RÜHM, W. 1998. Sustained effects of larval blackfly settlement on further substrate colonisers. **Archiv fur Hydrobiologie**, v. 141, p. 153–166, 1998.

KIEL, E.; RÖDER, T. Geoelectrophoretic studies on labial gland secretions of immature blackflies (Simuliidae, Diptera). **Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters**, v. 32, n. 3, p. 201-205, 2002.

KUVANGKADILOK, C.; BOONKEMTONG, C.; PHAYUHASANA, S. Distribution of the larvae of blackflies (Diptera: Simuliidae) at Doi Inthanon National Park, northern Thailand. **Southeast Asian J Trop Med Public Health**, v. 30, n. 2, p. 228-237, 1999.

LAKE, D.J.; BURGER, J.F. 1983. Larvae distribution and succession of outlet-breeding blackflies (Diptera: Simuliidae) in New Hampshire. **Canadian Journal of Zoology**, v. 61, p. 2519–2533, 1983.

LANDEIRO, V.L.; PEPINELLI, M.; HAMADA, N. Species richness and distribution of blackflies (Diptera: Simuliidae) in the Chapada Diamantina region, Bahia, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 38, n. 3, p. 332-339, 2009.

LEGENDRE, P. Spatial autocorrelation: trouble or newparadigm? **Ecology**, v. 74, n. 6, p. 1659–1673, 1993.

MAIA, A.; DIREITO, I.C.N.; FIGUEIRÓ, R. Controle biológico de simúlídeos (Diptera: Simuliidae): panorama e perspectivas. **Cadernos Unifoa**, n. 25, p. 89-104, 2014.

MALMQVIST, B.; SACKMANN, G. Changing risk of predation for a filter-feeding insect along a current velocity gradient. **Oecologia**, v. 108, n. 3, p. 450–458, 1996.

MALMQVIST, B.; ZHANG, Y.; ADLER, P.H. Diversity, distribution and larval habitats of North Swedish blackflies (Diptera: Simuliidae). **Freshwater Biology**, v. 42, n. 2, p. 301-314, 1999.

MALMQVIST, B.; ADLER, P.H.; KUUSELA, K.; MERRITT, R.W.; WOTTON, R.S. Black flies in the boreal biome, key organisms in both terrestrial and aquatic environments: a review. **Écoscience**, v. 11, n. 2, p. 187-200, 2004.

MCCREADIE, J.W.; COLBO, M.H. Larval and pupal microhabitat selection by *Simulium truncatum* Lundström, *S. rostratum* Lundström and *S. verecundum* AA (Diptera: Simuliidae). **Canadian Journal of Zoology**, v. 71, n. 2, p. 358-367, 1993.

MCCREADIE, J.W.; HAMADA, N.; GRILLET, M.E. Spatial-temporal distribution of preimaginal blackflies in Neotropical streams. **Hydrobiologia**, v. 513, n. 183-196, 2004.

MCCREADIE, J.W.; ADLER, P.H.; HAMADA, N. Patterns of species richness for blackflies (Diptera: Simuliidae) in the Nearctic and Neotropical regions. **Ecological Entomology**, v. 30, n. 2, p.201-209, 2005.

MCCREADIE, J.W.; ADLER, P.H. Ecoregions as predictors of lotic assemblages of blackflies (Diptera: Simuliidae). **Ecography**, v. 29, n. 4, p. 303-313, 2006.

MCCREADIE, J.W., ADLER, P.H., GRILLET, M.E., HAMADA, N. Sampling statistics in understanding distributions of black fly larvae (Diptera: Simuliidae). **Acta entomologica serbica**, v. 11, p. 89–96, 2006.

MCCREADIE, J.W.; ADLER, P.H.; BEARD, C.E. Ecology of Symbiotes of Larval Black Flies (Diptera: Simuliidae): Distribution, Diversity, and Scale. **Environmental Entomology**, v. 40, n. 2, p. 289–302, 2011.

MCCREADIE, J.W.; ADLER, P.H. The roles of abiotic factors, dispersal, and species interactions in structuring stream assemblages of black flies (Diptera: Simuliidae). **Aquatic Biosystems**, v. 8, n. 1, p. 1-11, 2012.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Caderno da Região Hidrográfica do Uruguai. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 2006.** Brasília: MMA, 2006. Disponível em:

http://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao03032011023025.pdf. Acesso em: 10 out. 2018.

MINISTRY OF THE ENVIRONMENT. **Brazilian Biodiversity: Priority Areas for the Conservation, Sustainable Use and Benefit Sharing of Brazilian Biological Diversity.** Brasília: MMA, 2007. Disponível em:

http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/Priority_Area_Book.pdf. Acesso em: 16 jan. 2019.

MONTAGNA, C.M.; GAUNA, L.E.; G'ANGELO, A.P.; ANGUIANO, O.L. Evolution of insecticide resistance in non-target black flies (Diptera: Simuliidae) from Argentina. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 107, n. 4, p. 458-461, 2012.

NASCIMENTO-CARVALHO, E.S.; MAIA-HERZOG, M. Blackfly control from a health education perspective: the individual, the organization, and sustainability of the

process. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 50, n. 3, p. 391-395, 2017.

OKU, E.E.; UKEH, D.A.; DADA, N.E. Prevalence and Seasonal Distribution of Daytime Biting Diptera in Rhoko Forest in Akamkpa, Cross River State, Nigeria. **International Journal of Zoological Research**, v. 7, n. 3, p. 279-285, 2011.

OPOKU, A.A. The Ecology and Biting Activity of Blackflies (Simuliidae) and the Prevalence of Onchocerciasis in an Agricultural Community in Ghana. **West Africa Journal of Applied Ecology**, v. 9, p. 1-7, 2006.

PACHÓN, R.T.; WALTON, W.E. Seasonal occurrence of black flies (Diptera: Simuliidae) in a desert stream receiving trout farm effluente. **Journal of Vector Ecology**, v. 36, n. 1, p. 187-196, 2011.

PALMER, R.W.; CRAIG, D.A. An ecological classification of primary labral fans of filter-feeding black fly (Diptera: Simuliidae) larvae. **Canadian Journal of Zoology**, v. 78, n. 2, p. 199–218, 2000.

PEPINELLI, M. Checklist de Simuliidae (Insecta, Diptera) do Estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1, p. 1-8, 2011.

PETROZHITSKAYA, L.V.; RODKINA, V.I. The spatial distribution of black flies (Diptera: Simuliidae) in the basin of the Sema mountain river in the North Altai mountain region. **Inland Water Biology**, v. 2, n. 1, p. 33-41, 2009.

PETRY, F.; LOZOVEI, A.L.; FERRAZ, M.E.; NETO, L.G.S. Controle integrado de espécies de Simulium (Diptera, Simuliidae) por Bacillusthuringiensis e manejos mecânicos no riacho e nos vertedouros de tanques de piscicultura, Almirante Tamandaré, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 48, n. 1, p. 127-132, 2004.

PETRY, F.; LOZOVEI, A.L.; CHAHAD-EHLERS, S. Eggs fertility and biological aspects of the life cycle in natural populations of Simulium (Diptera, Simuliidae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 49, n. 5, p. 799-805, 2006.

PILLAR, V. P.; MÜLLER, S. C.; CASTILHOS, Z. M. S.; JACQUES, A. V. A. **Campos sulinos- conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, 2009. 403 p..

PINTO, M.J.R.; LUCENA, L.B.; MAIA, A.; DOCILE, T.N.; FIGUEIRÓ, R. A preliminary report on the microdistribution of black fly (Diptera: Simuliidae) larvae in relation to habitat quality the Serra dos Órgãos region, Brazil. **Acta Scientiae et Technicae**, v. 2, n. 2, p. 43-47, 2014.

PRAMUAL, P.; WONGPAKAM, K. Seasonal variation of black fly (Diptera: Simuliidae) species diversity and community structure in tropical streams of Thailand. **Entomological Science**, v. 13, n. 1, p. 17–28, 2010.

RABHA, R., DHIMAN, S., YADAV, K., HAZARIKA, S., BHOLA, R.K., VEER, V. Influence of water physicochemical characteristics on Simuliidae (Diptera) prevalence in some streams of Meghalaya, India. **Journal of Vector Borne Diseases**, v. 50, n. 1, p. 18–23, 2013.

RIGHI, E.; BASSO, L.A. Aplicação e análise de técnicas de interpolação para espacialização de chuvas. **Ambiência Guarapuava (PR)**, v. 12 n. 1 p. 101-117, 2016.

ROESCH, L.F.W.; VIEIRA, F.C.B.; PEREIRA, V.A.; SCHÜNEMANN, A.L.; TEIXEIRA, I.F.; SENNA, A.J.T.; STEFENON, VM. **The Brazilian Pampa: A Fragile Biome**. Diversity, v. 1, p. 182-198, 2009.

ROSS, D.H.; MERRITT, R.W. The larval instars and population dynamics of five species of black flies (Diptera: Simuliidae) and their responses to selected environmental factors. **Canadian Journal of Zoology**, v. 58, n. 9, p. 1633-1642, 1978.

ROSS, D.H.; MERRITT, R.W. 1987. Factors affecting larval black fly distributions and population dynamics. In: KIM, K.C.; MERRITT, R.W. (Eds.). **Black flies: Ecology, population management and annotated world list**. Pennsylvania: University Park, 1987. p. 90-108.

RUIZ-ARRONDO, I.; HERNÁNDEZ-TRIANA, L.M.; IGNJATOVIC-CUPINA, A.; NIKOLOVA, N.; GARZA-HERNÁNDEZ, J.A.; RODRÍGUEZ-PÉREZ, M.A.; OTEO, J.A.; FOOKS, A.R.; CURDI, J.L. DNA barcoding of blackflies (Diptera: Simuliidae) as a tool for species identification and detection of hidden diversity in the eastern regions of Spain. **Parasit Vectors**, v. 11, n. 463, p. 1-7, 2018.

SÁNCHEZ-LÓPEZ, P.F.; RUIZ-ARRONDO, I.; KOTTER, H.; MARTÍNEZ, F.P.; HERNÁNDEZ, M.S.; CAMPOYA, M.E.G. Nuevos retos em gestión de vectores en salud pública: la mosca negra en Murcia (España). **Gaceta Sanitaria**, v. 32, n. 2, p. 181-183, 2018.

SANTOS JR., J. E.; STRIEDER, M. N.; FIORENTIN, G. L.; NEISS, U. G. Velocidade da água e a distribuição de larvas e pupas de *Chirostilbia pertinax* (Kollar) (Diptera, Simuliidae) e macroinvertebrados associados. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 51, n. 1, p. 62-67, 2007.

SANTOS, R.B. **Fauna de Simulídeos (Diptera: Simuliidae) do Ribeirão Guaravera e Afluentes, Distrito de Guaravera, Londrina, Paraná**. 2008. 69 f. Dissertação (Ciências Biológicas). Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

SANTOS, R.B.; LOPES, J.; SANTOS, K.B. Distribuição espacial e variação temporal da composição de espécies de borrachudos (Diptera: Simuliidae) em uma microbacia situada no norte do Paraná. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 2, p. 289-298, 2010.

SANTOS-JR, J.E.; STRIEDER, M.N.; FIORENTIN, G.L.; NEISS, U.G. Velocidade da água e a distribuição de larvas e pupas de *Chirostilbiapertinax* (Kollar, 1832) (Diptera: Simuliidae) e macroinvertebrados associados. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 51, n. 1, p. 62–66, 2007.

SARIÖZKAN, S.; İNCI, A.; YILDIRIM, A.; DÜZLÜ, O.; GRAY, E.W.; ADLER, P.H. Economic Losses During an Outbreak of Simulium (Wilhelmia) Species (Diptera: Simuliidae) in the Cappadocia Region of Turkey. **Original Investigation**, v. 38, p. 116-119, 2014.

SCHAFFNER, L.C. Small-scale organism distributions and patterns of species diversity: evidence for positive interactions in an estuarine benthic Community. **Marine Ecology progress series**, v. 61, p. 107-117, 1990.

SCHEEREN, L. W. **Parecer: Documento DAT-MA Nº 2543/2008**. Unidade de Assessoramento Ambiental Geoprocessamento – Bacias Hidrográficas. Porto Alegre: Ministério Público do Rio Grande do Sul, 2008. 11 p..

SCHIAVETTI, A., CAMARGO, A. F. M. (Eds.). **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus: Editus, 2002. 293 p..

SECRETÁRIA DO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **U040 - Bacia Hidrográfica do Rio Piratinim**. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/u040-bacia-hidrografica-do-rio-piratinim>>. Acesso em: 10 out. 2018.

SHELLEY, A.J. Human onchocerciasis in Brazil: an overview. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 18, n. 5, p. 1167-1177, 2002.

SHELLEY, A. J.; L. M. HERNÁNDEZ; M. MAIA-HERZOG; A. P. A. LUNA DIAS & P. R. GARRITANO. The Blackflies (Diptera: Simuliidae) of Brazil. In: J.R. ARIAS; S. GOLOVATCH; K.M. WANTZEN & E. DOMINGUEZ (Eds). **Aquatic Biodiversity in Latin America**. Sofia: Pensoft, 2010. vol. 1, 821p..

SHIMADZU, H.; DORNELAS, M.; HENDERSON, P.H.; MAGURRAN, A.E. Diversity is maintained by seasonal variation in species abundance. **BMC Biology**, v. 11, n. 98, p. 1-9, 2014.

SIQUEIRA, R.M.B.; HENRY-SILVA, G.G. A bacia hidrográfica como unidade de estudo e o funcionamento dos ecossistemas fluviais. **Boletim da Associação Brasileira de Limnologia**, v. 39, n. 2, p. 1-15, 2011.

SMITH, S.W.; PETRERE JUNIOR, M. Caracterização limnológica da bacia de drenagem do Rio Sorocaba, São Paulo, Brasil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 12, p. 173-186, 2001.

SRISUKA, W.; TAKAOKA, H.; OTSUKA, Y.; FUKUDA, M.; THONGSAHUAN, S.; TAAI, K. Seasonal biodiversity of black flies (Diptera: Simuliidae) and elevation of ecological factors influencing species distribution at Doi Pha Hom Poh National Park, Thailand. **Acta tropica**, v. 149, p. 212-219, 2015.

SRISUKA, W.; TAKAOKA, H.; OTSUKA, Y.; FUKUDA, M.; THONGSAHUAN, S.; TAAI, K.; SAEUNG, A. Biodiversity, seasonal abundance, and distribution of blackflies (Diptera: Simuliidae) in six different regions of Thailand. **Parasit Vectors**, v. 10, n. 574, p. 1-12, 2017.

STRIEDER, M. N.; CORSEUIL, E. Atividades de hematofagia em Simuliidae (Diptera, Nematocera) na Picada Verão, Sapiranga, RS - Brasil. **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 14, n. 2, p. 75-98, 1992.

STRIEDER, M.N., CORSEUIL, E. & PY-DANIEL, V. Espécies do gênero Simulium (Diptera, Simuliidae) ocorrentes no Rio Grande do Sul - Brasil, com chaves para sua identificação. **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 14, n. 2, p. 53-74, 1992.

STRIEDER, M.N.; PY-DANIEL, V. Espécies de Inaequalium (Diptera, Simuliidae): dados bionômicos e chaves para sua identificação. **Biociências**, v. 7, n. 2, p. 43–72, 1999.

STRIEDER, M.N.; SANTOS, J.E.; PÊS, A.M.O. Diversidade e distribuição de Simuliidae (Diptera, Nematocera) no gradiente longitudinal da bacia do rio dos Sinos, no Rio Grande do Sul, Brasil. **Entomologia y Vectores**, v. 9, n. 4, p. 527-540, 2002.

STRIEDER, M.N. Controle eficiente dos borrachudos. **Ciência hoje**, v. 36, n. 1, p. 70-71, 2005.

STRIEDER, M.N.; SANTOS, J.E.; VIEIRA, E.M. Distribuição, abundância e diversidade de Simuliidae (Diptera) em uma bacia hidrográfica impactada no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 50, n. 1, p. 119–124, 2006.

TAKAOKA, H. **Black Flies and Parasitic Diseases: A handbook for those who will begin to study black flies.** Malaysia: University of Malaya, 2016. 55p..

TONGJURA, J.D.C.; AMUGA, G.A.; MAFUYAI, H.B.; MATUR, B.M.; OLATUNWA, J.O. Influence of Some Water Physicochemical Parameters on the Distribution of Black Fly (Diptera, Simuliidae) in Some Rivers in Nasarawa State, Nigeria. **Advances in Entomology**, v. 3, p. 101-110, 2015.

TOWNSEND, C.R.; DOLEDEC, S.; NORRIS, R.; PEACOCK, K.; ARBUCKLE, C. The influence of scale and geography on relationships between stream community composition and landscape variables: description and prediction. **Freshwater Biology**, v. 48, n. 5, p.768–85, 2003.

TRINDADE, J.P.; ROCHA, D.S.; VOLK, L.B.S. **Uso da terra no Rio Grande do Sul: ano de 2017.** Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2018. 18p..

VANNOTE, R. L., MINSHALL G. W., CUMMINS K. W., SEDELL J. R. & CUSHING C. E. The river continuum concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 37, n. 1, p. 130–137, 1980.

VIJAYAN, S.; ANBALAGAN, S. Assemblage pattern and seasonality of larval black flies (Simuliidae: Diptera) in a stream of Southern Eastern Ghats. **International Journal of Current Trends in Science and Technology**, v. 8, n. 3, p. 20187-20196, 2018.

VINSON, M. R.; HAWKINS, C. P. Biodiversity of stream insects: variation at local, basin and regional scales. **Annual Review of Entomology**, v. 43, p. 271-93, 1998.

VIVIANI, A.B.P.; ARAÚJO-COUTINHO, C.J.P.C.; MORAES, R.B.; GIL, H.B.; LEUNG, R.; CAMARGO, A.F.M. Distribuição e abundância de larvas de *Simulium* spp. em córregos do estado de São Paulo nos diferentes níveis de qualidade da água. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 7, n. 1, p. 48-56, 2012.

WAKE, M.H. Science as a Way of Knowing - Evolution: The Biology of Whole Organisms. **American Zoologist**, v. 24, p. 443-450, 1984.

WATTS, S. B. **Blackflies (Diptera: Simuliidae):** A problem review and evaluation. 1975. 108 f. Dissertação (Faculty of Forestry). The University of British Columbia. Vancouver, 1975.

WOOD, D. M. **Biting flies attacking man and livestock in Canada.** Ottawa: Agriculture Canada, 1985.38 p..

WOTTON, R.S.; MALMQVIST, B.; MUOTKA, T.; LARSSON, K. Fecal pellets from a dense aggregation of suspension-feeders in a stream: an example of ecosystem engineering. **Limnology Oceanography**, v. 43, n. 4, p. 719-725, 1998.

YA'COB, Z.; TAKAOKA, H.; PRAMUAL, P.; LOW, V.L.; SOFIAN-AZIRUN, M. Distribution pattern of black fly (Diptera: Simuliidae) assemblages along altitudinal gradient in Peninsular Malaysia. **Parasites & Vectors**, v. 9, n. 219, p.1-16, 2016 a.

YA'COB, Z.; TAKAOKA, H.; PRAMUAL P.; LOW, V.L.; SOFIAN-AZIRUNA, M. Breeding habitat preference of preimaginal black flies (Diptera: Simuliidae) in Peninsular Malaysia. **Acta Tropica**, v. 153, p. 57-63, 2016 b.

ZAMPIVA, N.K.; PEPINELLI, M. Checklist de Simuliidae (Insecta, Diptera) do Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. **Ilheringia, Série Zoologia**, v. 107 (supl.), p.1-5, 2017.