



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA E ZOOLOGIA  
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Nicolas dos Passos Rosa

**Mudanças na composição de assembleia de Chironomidae (Insecta: Diptera) em riachos insulares em função do aumento da urbanização**

Florianópolis  
2024

**Nicolas dos Passos Rosa**

**Mudanças na composição de assembleia de Chironomidae (Insecta: Diptera) em riachos insulares em função do aumento da urbanização**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Ciências Biológicas do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do grau de Licenciado em Ciências Biológicas

**Orientadora:** Dra. Aurea Luiza Lemes da Silva

**Coorientador:** Dr. Luiz Carlos de Pinho

Florianópolis

2024

*Às larvas que primeiro colonizaram as sujas águas de nossas cidades,  
dedico com grande empenho este trabalho de conclusão de curso.*

## **Agradecimentos**

Gostaria de agradecer à minha família por todo o apoio emocional, afeto e por garantir condições materiais para que eu conseguisse concluir o ensino superior.

Aos meus amigos, pelos bons momentos e por todo o companheirismo nesta caminhada. Agradecimentos especiais à galera do Cantinho e da banda Alocar. Levarei para sempre no peito as nossas apresentações no ENEB e nos Saraus da Bio. Aos amigos que me deram abrigo em momentos difíceis, quero que saibam que vocês ajudaram MUITO na minha permanência na universidade.

À galera do LSDip agradeço pela camaradagem, pelas trocas e pelos campos. Um agradecimento especial ao Amaral e ao Leo pela parceria e ensinamentos em campo, vocês me motivaram mais do que imaginam em minha jornada acadêmica.

Não poderia também deixar de agradecer ao professor Dr. Pinho por ter me ensinado quase tudo que sei sobre morfologia de quironomídeos e a querida Dra. Aurea Lemes pela parceria e orientação para a realização deste trabalho. Por último, sou grato por ter tido a oportunidade, desde o ensino médio, no IFSC, até o ensino superior, na UFSC, de poder ter estudado na rede federal de ensino, com uma educação pública, gratuita e de qualidade. Agradeço a todos os professores que me incentivaram durante minha trajetória e me ajudaram a enxergar que sou capaz.

*“Some kind of nature, some kind of soul  
Some kind of mixture, some kind of gold  
Some kind of majesty, some chemical load”*  
(Damon Albarn e Lou Reed)

*“A cidade não para, a cidade só cresce  
O de cima sobe e o de baixo desce”*  
(Chico Science)

## RESUMO

Ecossistemas aquáticos são de suma importância para o bem-estar humano, sendo responsáveis por serviços ecossistêmicos essenciais à manutenção da sociedade. A urbanização e outros impactos antrópicos são responsáveis por afetar negativamente esses ambientes, contribuindo com sua degradação. Macroinvertebrados bentônicos são amplamente utilizados como bioindicadores das condições ecológicas desses ambientes. A família Chironomidae (Diptera) destaca-se entre os macroinvertebrados por sua grande diversidade e capacidade de colonizar ambientes em diversas condições de impacto antrópico. Neste estudo, foram identificadas 300 larvas de Chironomidae coletadas em riachos inseridos em áreas de floresta (1), áreas rurais (2) e áreas urbanas (1) na cidade de Florianópolis (SC). Também foram amostrados os parâmetros físico-químicos com o intuito de verificar se há alguma relação entre o nível de degradação dos riachos e a abundância e riqueza de Chironomidae. Hipotetizamos que uma maior abundância de organismos seja encontrado em ambientes degradados, enquanto a uma maior riqueza de espécies seja encontrada em áreas mais preservadas devido a qualidade do ambiente. Nossos resultados demonstraram diferenças significativas na abundância e riqueza de espécies de Chironomidae, com 25 espécies ocorrendo em baixa abundância em riachos florestados, 18 espécies com abundância distribuída entre elas em riachos rurais, e, 3 espécies ocorrendo em alta abundância em um riacho urbanizado. Esses resultados demonstram que o processo de urbanização provocou alterações significativas na assembleia de Chironomidae, podendo levar a modificações na comunidade de invertebrados aquáticos.

**Palavras-chave:** Bioindicadores, Chironomidae, Ecossistemas aquáticos, Florianópolis, Urbanização.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Mapa de localização das regiões estudadas na Ilha de Santa de Catarina. Em marrom, destacam-se as áreas de alto adensamento urbano. É possível perceber que a BHI, em vermelho, está inserida, em sua maior parte, dentro de uma região altamente urbanizada. BHI - Bacia Hidrográfica dos Ingleses, BHLP - Bacia Hidrográfica da Lagoa do Peri, BHR - Bacia Hidrográfica do Ratonos.....18
- Figura 2 - Riacho Cachoeira Grande, presente na bacia Hidrográfica da Lagoa do Peri categoria Florestal.....19
- Figura 3 - Riacho Sertão do Peri presente na BHLP, categoria Rural.....19
- Figura 4 - Riacho Cachoeira do Ratonos, presente na BHR, categoria Rural.....20
- Figura 5 - Riacho Ribeirão Capivari, presente na BHI, categoria Urbana.....20
- Figura 6 – (A) Redes instaladas nas margens do riacho Cachoeira Grande (Parque Municipal da Lagoa do Peri) para coleta de folhas, (B) folhas coletadas.....21
- Figura 7 - Método para a coleta de macroinvertebrados *litter bag*.. A - *Litter bag* inserida em riacho durante o período de incubação. B - *Litter bags* em laboratório após período de incubação.....22
- Figura 8 - Materiais e procedimentos utilizados em laboratório para a confecção das lâminas com as larvas para identificação no microscópio. A - Microscópio estereoscópico; B - Estiletes e placa de Petri; C - Preparo das lâminas. Na imagem é possível observar as larvas de Chironomidae posicionadas sobre uma gota de meio de Hoyer; D - Estojo com as lâminas onde os Chironomidae foram fixados para identificação.....24
- Figura 9. Cápsulas cefálicas das 12 espécies presentes em maior abundância, em ordem decrescente, nas amostras analisadas. A - *Chironomus inquinatus*; B - *Chironomus phytophilus*; C - *Chironomus strenzkei*; D - *Corynoneura* sp.; E - *Endotribelos* sp.; F -

*Onconeura* sp.; G - *Parametriocnemus* sp.; H - *Pentaneura* sp.; I - *Polypedilum* gr. *fallax*; J - *Polypedilum* sp. 1; K - *Tanytarsus* sp.; L - *Thienemanniella* sp.....25

Figura 10. Análise de componente principal realizada com as variáveis abióticas amostradas em um gradiente de impacto antrópico em riachos da ilha de Florianópolis/SC. WaterV = velocidade da corrente de água; WaterD = profundidade da água; WaterT = Temperatura da água; widthS = largura do riacho; DO = oxigênio dissolvido; pH = potencial hidrogeniônico; Conductivity = condutividade; PT\_water = fósforo total dissolvido na água; NT\_water = nitrogênio total dissolvido na água.....29

Figura 11 - Distribuição dos valores de abundância de cada subfamília de Chironomidae encontrada nas amostras coletadas em riachos florestados, rurais e urbanos presentes na cidade de Florianópolis, SC.....30

Figura 12 - Lista das espécies encontradas e abundância de cada espécie de acordo com a subfamília e o grau de impacto da amostra. As abreviações podem ser encontradas na Tabela 2.....31

Figura 13 - Riqueza taxonômica de Chironomidae identificada em riachos com diferentes graus de preservação. Letras diferentes indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) de acordo com o teste de Tukey.....34

Figura 14 - Diagrama de ordenação para os dois primeiros eixos da Análise de Redundância (RDA), de acordo com as variáveis abióticas e riqueza taxonômica das espécies mais abundantes da assembleia de Chironomidae presente nos riachos florestados, rurais e urbanos. CHR\_INQ - *Chironomus inquinatus*; CHR\_PHY - *Chironomus phytophilus*; CHR\_STR - *Chironomus strenzkei*; CORYN - *Corynoneura* sp.; END - *Endotribelos* sp.; ONCON - *Onconeura* sp.; PARAMET - *Parametriocnemus* sp.; PENTA - *Pentaneura* sp.; POL\_FAL - *Polypedilum* gr. *fallax*; POL\_SP1 - *Polypedilum* sp. 1; TANYT - *Tanytarsus* sp.; THINEMAN - *Thienemanniella* sp.....36

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 - Valores médios (e desvio padrão) dos parâmetros físico-químicos da água mensurados em riachos inseridos em área florestada, rural e urbana..... | 28 |
| Tabela 2 - Composição taxonômica e riqueza de Chironomidae encontradas nos riachos amostrados na cidade de Florianópolis, SC.....                          | 32 |
| Tabela 3 - Relação das espécies indicadoras em riachos de floresta, rurais e urbanos.....  | 37 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- AE** - *Aedokritus* sp. **Roback, 1958**
- ABL** - *Ablabesmyia* sp. **Johannsen, 1905**
- BE** - *Beardius* sp. **Reiss & Sublette, 1985**
- BE\_PHY** - *Beardius phytophilus* **Trivinho-Strixino & Strixino, 2000**
- BHI** - Bacia hidrográfica dos Ingleses
- BHLP** - Bacia hidrográfica da Lagoa do Peri
- BHR** - Bacia hidrográfica do Ratoes
- CHR\_INQ** - *Chironomus inquinatus* **Correia, Trivinho-Strixino & Michailova, 2006**
- CHR\_PHY** - *Chironomus phytophilus* **Correia & Trivinho-Strixino, 2007**
- CHR\_STR** - *Chironomus strenzkei* **Fittkau, 1968**
- CLD** - *Cladopelma* sp. **Kieffer, 1921**
- CORYN** - *Corynoneura* sp. **Winnertz, 1846**
- CRCTPS** - *Cricotopus* sp.v. d. **Wulp 1874**
- CRPTCHR** - *Cryptochironomus* sp. **Kieffer, 1918**
- DJA** - *Djalmabatista* sp. **Fittkau, 1968**
- END** - *Endotribelos* sp. **Grodhaus, 1987**
- LABR** - *Labrundinia* sp. **Fittkau, 1962**
- LARS** - *Larsia* sp. **Fittkau, 1962**
- LMNPH** - *Limnophyes* sp. **Eaton, 1875**
- METAP** - *Metapelopia* sp. **Silva, Oliveira & Trivinho-Strixino, 2014**
- NANOC** - *Nanocladius* sp. **Kieffer, 1913**
- ONCON** - *Onconeura* sp. **Andersen & Saether, 2005**
- OUK** - *Oukuriella* sp. **Epler, 1986**
- PARAMET** - *Parametriocnemus* sp. **Goetghebuer, 1932**
- PARAPENTA** - *Parapentaneura* sp. **Stur, Fittkau & Serrano, 2006**
- PENTA** - *Pentaneura* sp. **Phillipi, 1865**
- POL\_FAL** - *Polypedilum* gr. *fallax* **Kieffer, 1912**
- POL\_SP1** - *Polypedilum* sp. 1 **Kieffer, 1912**
- POL\_SP4** - *Polypedilum* sp. 4 **Kieffer, 1912**
- POL\_SPX** - *Polypedilum* sp. X **Kieffer, 1912**
- POL\_TR\_SP3** - *Polypedilum (Tripodura)* sp. 3 **Kieffer, 1912**
- RHEO** - *Rheotanytarsus* sp. **Thienemann & Bause, 1913**

**STEN** - *Stenochironomus* sp. **Kieffer, 1919**

**TANYT** - *Tanytarsus* sp. **v.d. Wulp, 1874**

**THINEMAN** - *Thienemanniella* sp. **Kieffer, 1911**

**TRIB\_TANYT** - Tribo Tanytarsini

**UBATUB** - *Ubatubaneura* sp. **Wiedenbrug & Trivinho-Strixino, 2009**

**ZVRL\_PARAM** - *Zavreliomyia (Paramerina)* sp. **Fittkau, 1962**

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>13</b> |
| <b>2. OBJETIVOS.....</b>   | <b>16</b> |
| 2.1 Objetivo geral .....   | 16        |
| 2.2 Objetivos específicos.....   | 16        |
| <b>3. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>   | <b>16</b> |
| 3.1 Área de estudo.....  | 16        |
| 3.1.2 Caracterização das regiões e bacias hidrográficas.....                             | 16        |
| <b>3.2 Delineamento amostral.....</b>  | <b>17</b> |
| 3.2.1 Coleta e identificação dos Chironomidae.....                                       | 21        |
| 3.2.2 Coleta dos parâmetros ambientais e da qualidade da água.....                       | 26        |
| <b>3.3 Análise de dados.....</b>   | <b>26</b> |
| <b>4. RESULTADOS.....</b>  | <b>27</b> |
| <b>4.1 Parâmetros abióticos.....</b>   | <b>27</b> |
| 4.1.1 Características físico-químicas da água.....                                       | 27        |
| 4.1.2 Análise de componentes principais das características físico-químicas da água..... | 28        |
| <b>4.2 Composição Taxonômica da Fauna de Chironomidae.....</b>                           | <b>29</b> |
| 4.2.1 Riqueza taxonômica.....  | 33        |
| 4.2.2 Relação entre Chironomidae e as variáveis ambientais.....                          | 34        |
| 4.2.3 Análise de espécies indicadoras (ISA).....   | 36        |
| <b>5. DISCUSSÃO.....</b>   | <b>37</b> |
| <b>6. CONCLUSÃO.....</b>   | <b>41</b> |
| <b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>  | <b>42</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

Ecossistemas aquáticos oferecem à humanidade diversos benefícios, tais como fornecimento de água para uso doméstico, industrial e agrícola. Dentre os diferentes tipos de ambientes dentro dos ecossistemas aquáticos, encontramos os rios e riachos, que são sistemas caracterizados pelo permanente movimento horizontal de suas correntes e a interação com a sua bacia hidrográfica (Tundisi & Tundisi, 2016), na qual existe a permanente contribuição de matéria orgânica alóctone proveniente de folhas e frutos oriundos da vegetação ripária (Naiman & Décamps, 1997; Cardinale, Nelson & Palmer, 2000; Arthington & Pusey, 2003; Lemes-Silva, 2014). Apesar da reconhecida importância dos rios e riachos como o fornecimento de água, reguladores do clima, manutenção da biodiversidade, beleza cênica, recreação e lazer, em diversas regiões ao redor do mundo, estes ecossistemas têm sido afetados pelo acelerado crescimento urbano e econômico, e com isto estão sendo drasticamente impactados (Payne, 1986; Cleto Filho & Walker, 2001), com sérias consequências na qualidade da água, manutenção de habitat para a biodiversidade e disponibilidade de recursos alimentares, podendo também servir como fonte de doenças como disenteria, esquistossomose e malária (Allan, 2007).

Estudos atuais têm demonstrado os efeitos da urbanização nos ecossistemas aquáticos, como ela fragmenta e isola habitats naturais, simplifica a composição das espécies, perturba os sistemas hidrológicos e modifica fluxo de energia e ciclagem de nutrientes (Alberti et al., 2003; Lemes-Silva et al., 2020; Andriotti et al., 2021; Lemes-Silva et al., 2024). Dentre os principais fatores que podem atingir os sistemas lóticos, a remoção da vegetação ripária, a construção de canais, pontes e o aumento da urbanização próximo a estes ambientes são responsáveis por alterar significativamente o funcionamento desses ambientes (Tundisi & Tundisi, 2016).

A urbanização, entendida como a alteração do uso do solo que converte ambientes naturais em ambientes artificiais para atender a demandas humanas, é uma das principais responsáveis pelas alterações físico-químicas na água, tais como o aumento da temperatura, aumento da sedimentação (causando aumento na suspensão de partículas e assoreamento dos riachos), aumento nas concentrações de nitrogênio e fósforo, assim como de compostos hidrocarbonetos, amônio e de metais (Paul & Meyer, 2001; Walsh et al., 2005), com consequência direta na biodiversidade ali presente, em especial na comunidade de macroinvertebrados bentônicos.

Macroinvertebrados bentônicos são organismos de pequeno porte que geralmente se associam a algum tipo de substrato, como materiais orgânicos (por exemplo, macrófitas,

galhos e frutas) ou inorgânicos (como pedras e rochas) presentes no fundo dos ecossistemas aquáticos. Esses organismos são bastante diversos em riachos (Gutiérrez-Cánovas et al., 2013) e são muito utilizados como indicadores da qualidade ambiental (Li et al., 2010), pois auxiliam na caracterização ecológica dos ecossistemas aquáticos, além de permitirem a detecção e avaliação de impactos ambientais (Ruaro & Gubiani, 2013). Suas propriedades como bioindicadores são relacionadas majoritariamente às respostas destes organismos às mudanças físicas e químicas no habitat (Li et al., 2010). Assim, uma comunidade de macroinvertebrados bentônicos inserida em um gradiente de degradação pode ser afetada de forma distinta, além de formar um gradiente na estrutura e distribuição desses organismos dentro da bacia hidrográfica em função da natureza e força dos impactos (Moreno et al., 2009).

Na maioria dos ecossistemas aquáticos, a família Chironomidae (Insecta: Diptera) é um dos grupos de macroinvertebrados bentônicos que ocorrem em grande abundância e alta diversidade (Epler, 2001). A distribuição de espécies da família é associada com a sua amplitude de tolerância em relação às alterações ambientais (Szivak et al., 2013). Em locais com valores extremos de pH, temperatura, poluição orgânica e concentrações de oxigênio dissolvidos podem ser encontradas algumas espécies de quironomídeos, enquanto outras não são capazes de tolerar essas condições ambientais (Helson et al., 2006). As características supracitadas evidenciam que a família possui características importantes para que possam ser uma valiosa ferramenta na avaliação, monitoramento e diagnóstico ambiental, indo de acordo com trabalhos como Armitage et al. (1995) e Ferrington (2008), além de serem úteis na detecção de impactos ambientais de origem antrópica, conforme destacado por De Bisthoven et al. (2005).

De modo geral, Chironomidae é um dos táxons de insetos mais abundantes e diversos (Ashe et al., 1987; Cranston, 1995; Ferrington, 2008), podendo ser encontrado em uma ampla variedade de habitats (Nicacio & Juen, 2015). A família Chironomidae possui uma gama de espécies sensíveis a tolerantes aos impactos ambientais, podendo estar presentes em locais sem distúrbios até a lugares altamente impactados por ações humanas (Heino & Paasivirta, 2008; Tang et al., 2009; Roque et al., 2010).

Atualmente, diversos são os estudos usando as larvas de Chironomidae como bioindicadores ambientais (Resh & Rosebenger, 2008; Eggermont & Heiri, 2012; Nicacio & Juen, 2015) e diferentes resultados já foram observados. De acordo com um estudo conduzido por Serra et al. (2017) as espécies do gênero *Chironomus* se adaptam melhor a ambientes impactados quando comparado às espécies dos gêneros *Corynoneura* e *Tanytarsus*,

uma vez que estas possuem hemoglobina, garantindo tolerância a baixas concentrações de oxigênio (Pillot, 2009), muito comum em ambientes degradados.

A família Chironomidae possui mais de 350 gêneros válidos (Armitage et al., 1995; Trivinho-Strixino, 2011) e engloba 11 subfamílias, onde 5 destas ocorrem no Brasil: Chironominae, Orthocladiinae, Podonominae, Tanypodinae e Telmatogetoninae (Trivinho-Strixino, 2011). A riqueza de espécies das subfamílias Chironominae e Tanypodinae é especialmente grande em lagos e rios de planície, enquanto muitos Orthocladiinae preferem córregos com fluxo rápido e rios em áreas montanhosas (Mendes et al., 2007).

Em ecossistemas dulcícolas, Chironomidae são considerados indicadores de baixa qualidade de água, devido à sua presença abundante em lugares degradados (Serra et al., 2017). As assembleias de Chironomidae são conhecidas por mudar rapidamente, devido à sua alta resistência e resiliência, alta fecundidade e ciclos de vida relativamente curtos, além da alta capacidade de dispersão. Como resultado, quironomídeos geralmente são os primeiros colonizadores após um distúrbio, tal como um período de seca ou enchentes (Langton & Casas 1999; Calle-Martínez & Casas 2006; Puntí et al., 2007, 2009; Marziali et al., 2010). Biasi et al. (2010) ressalta a capacidade de tolerância a ambientes adversos dos Chironomidae em explorar diferentes ambientes e em normalmente ser o grupo mais abundante dos que são encontrados em riachos.

Chironomidae formam um grupo bastante numeroso, entretanto devido às dificuldades na identificação de gêneros e espécies desta família, trabalhos que investigam as variações na riqueza de espécies em função do aumento dos impactos antrópicos são escassos (Faria et al., 2021). Diante do contexto apresentado acima, este estudo é pioneiro em identificar as espécies de Chironomidae presente em riachos com diferentes níveis de urbanização na cidade de Florianópolis e, em destacar as espécies que podem ser consideradas bioindicadoras ambientais. A hipótese deste estudo, é que a abundância de Chironomidae será maior em áreas urbanizadas, entretanto, a riqueza de espécies será menor, pois são poucas as espécies que possuem a fisiologia necessária para colonizar ambientes impactados (Pillot, 2009).

## **2. OBJETIVOS**

## **2.1 Objetivo geral**

Identificar como os impactos causados pelo aumento da urbanização (particularmente, lançamento de efluentes domésticos e a retirada da vegetação ciliar com impactos na qualidade da água) interferem na composição de assembleia de Chironomidae presente em pequenos riachos na cidade de Florianópolis, SC.

## **2.2 Objetivos específicos**

A fim de atingir o objetivo geral, propusemos os seguintes objetivos específicos:

1. Comparar a riqueza e a abundância de espécies da assembleia de Chironomidae em riachos inseridos em regiões com diferentes características ambientais;
2. Relacionar as espécies de Chironomidae identificadas com os parâmetros de qualidade ambiental de cada riacho estudado e,
3. Identificar se alguma espécie de Chironomidae pode ser considerada um bioindicador ambiental.

## **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1 Área de estudo**

Este estudo foi realizado em 4 riachos de pequena ordem inseridos em diferentes bacias hidrográficas com diferentes contextos de conservação, localizadas na região Norte e Sul da ilha de Santa Catarina (Figura 1), Florianópolis. As coletas dos macroinvertebrados foram realizadas no período de Novembro de 2017 a Janeiro de 2018.

#### **3.1.2 Caracterização das regiões e bacias hidrográficas**

Os macroinvertebrados foram coletados em riachos localizados em diferentes regiões na cidade de Florianópolis, sendo riachos em áreas rurais na região sul e riachos urbanos e rurais na região norte. Em cada uma destas regiões, quando possível, pelo menos dois riachos inseridos dentro da bacia hidrográfica foram amostrados a fim de encontrar o gradiente de estudo desejado, sendo riachos inseridos em áreas florestadas, áreas rurais e áreas urbanas.

As bacias hidrográficas selecionadas para este estudo foram escolhidas de acordo com a porcentagem de urbanização, sendo maior que 15% de área urbanizada, considerada “alta urbanização”, de 5 a 15% considerada uma bacia de “média urbanização” e, abaixo de 5%, “baixa urbanização”. A definição do grau de urbanização foi definida de acordo com o estudo

realizado por Lopes et al. (2020). Abaixo destacamos algumas das características de cada bacia hidrográfica estudada nas duas regiões da cidade de Florianópolis.

1. **Região Sul:** A Bacia Hidrográfica da Lagoa do Peri (BHLP) está localizada na região sul da ilha de Florianópolis, onde se localiza a lagoa de mesmo nome. A área que compõe a bacia é composta em maior parte por estágios secundários de regeneração de Floresta Ombrófila Densa (Cardoso et al., 2008), possuindo um grau de elevado a intermediário de preservação da Mata Atlântica original e da vegetação ripária, respectivamente (Bastos, 2004; Lemes-Silva, 2014). Por estar inserida dentro de uma unidade de conservação, toda a BHLP apresenta um baixo impacto antrópico, o que pode ser observado por sua exuberante fauna e flora local. Nessa região, estão localizados os riachos Cachoeira Grande (Figura 2) e Sertão do Peri (Figura 3).

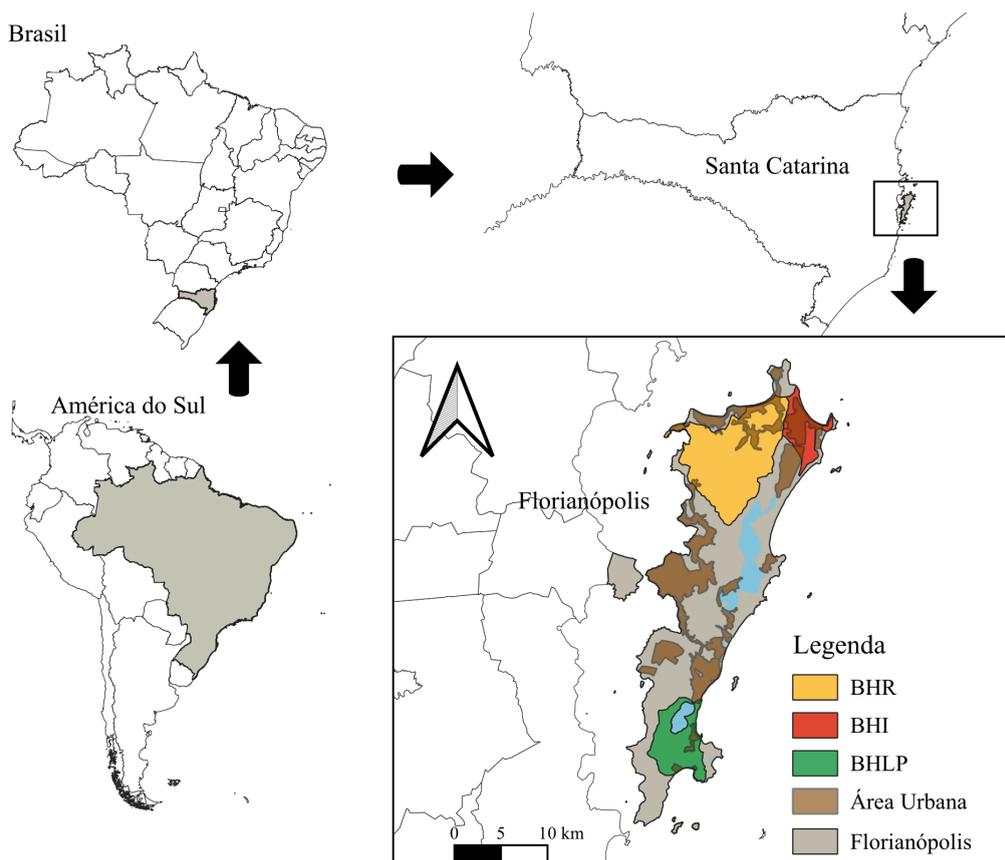
2. **Região Norte:** A região norte é uma das mais densamente povoada da ilha de Florianópolis, sendo os rios selecionados na região pertencentes à bacia hidrográfica dos Ingleses (BHI) e a de Ratonos (BHR), ambas bacias altamente impactadas pela sua urbanização crescente. A BHI sofreu com um aumento considerável na sua urbanização nas últimas duas décadas, de 17,1% em 1993 para 29,2% de urbanização em 2013, assim como a BHR, que foi de 5,6% para 12,2% no mesmo período de tempo (Lopes, 2020). O reflexo deste aumento pode ser notado no aumento de efluentes domésticos e industriais e na retirada da vegetação ripária, o que causa o assoreamento e poluição massiva dos efluentes de ambas bacias. O impacto pode ser observado ao longo dos riachos Cachoeira do Ratonos (Figura 4) e Ribeirão Capivari (Figura 5), onde o crescimento desordenado da urbanização no entorno de ambos é refletido em toda a sua extensão, com a degradação da vegetação ripária e uma grande carga de efluentes domésticos e industriais presente em suas águas.

### 3.2. Delineamento amostral

Em cada bacia hidrográfica, quando possível, foram amostrados três tipos de riachos, que representam diferentes formas de uso e ocupação do solo, sendo: 1. **Riachos Urbanos:** riachos que apresentam o fluxo de água passando por dentro de áreas residenciais. Apresentam vegetação ripária ausente ou escassa. Fluxo do riacho realinhado e/ou modificados, com substrato bentônico composto, principalmente, por areia e pedregulhos;

**2. Riachos Rurais:** Apresentam parte ou todo o fluxo de água cercados por áreas de pastagens utilizadas para criação de cavalos e bovinos. Possuem vegetação ripária modificada, com cerca de 70% ausente. O substrato do leito do riacho é composto principalmente por areia, lama e material orgânico e, **3. Riachos Florestais:** Todo o fluxo do riacho é coberto por uma densa vegetação ripária de Floresta Atlântica, com substrato bentônico rochoso, composto por seixos e pedregulhos e matéria orgânica. Em sua área mais alta, apresenta regiões de floresta primária e ausência de perturbações humanas.

Figura 1 - Mapa de localização das regiões estudadas na Ilha de Santa Catarina. Em marrom, destacam-se as áreas de alto adensamento urbano. É possível perceber que a BHI, em vermelho, está inserida, em sua maior parte, dentro de uma região altamente urbanizada. BHI - Bacia Hidrográfica dos Ingleses, BHLP - Bacia Hidrográfica da Lagoa do Peri, BHR - Bacia Hidrográfica do Ratonés.



Fonte: Mapa elaborado pelo autor. Os dados de bases cartográficas e dos limites hidrológicos de Florianópolis foram retirados dos bancos de dados do IBGE (2024) e da Prefeitura de Florianópolis (2024), respectivamente.

Figura 2 - Riacho Cachoeira Grande, presente na bacia Hidrográfica da Lagoa do Peri, se enquadrando na categoria Florestal.



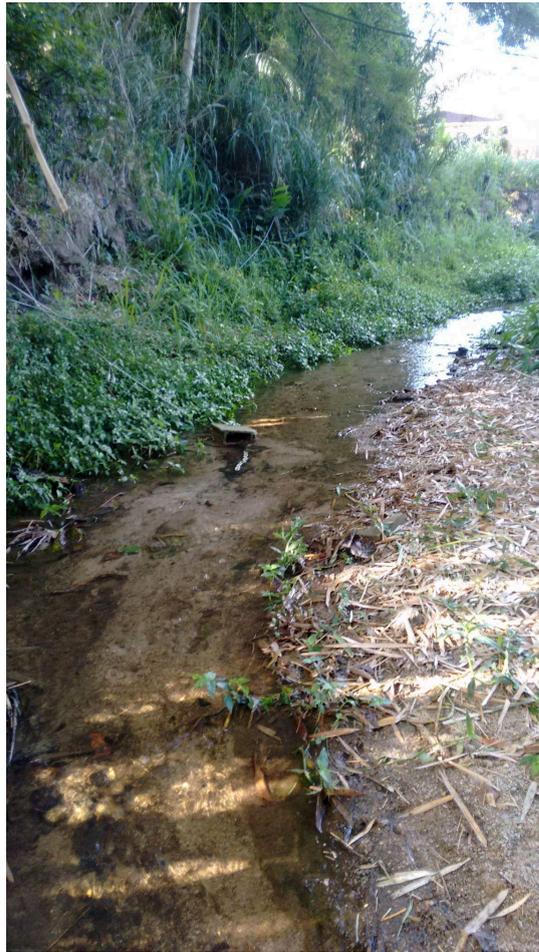
Fonte: Jessica Andriotti e William Lemes

Figura 3 - Riacho Sertão do Peri presente na BHLP, inserido na categoria Rural.



Fonte: Aurea Lemes e William Lemes

Figura 4 - Riacho Cachoeira do Ratoes, presente na BHR, presente na categoria Rural.



Fonte: Jessica Andriotti e Aurea Lemes.

Figura 5 - Riacho Ribeirão Capivari, presente na BHI, presente na categoria Urbana.



Fonte: Jessica Andriotti e Aurea Lemes.

### 3.2.1 Coleta e identificação dos Chironomidae

Os Chironomidae que foram identificados neste estudo foram obtidos a partir de dados previamente coletados (2016 a 2018) por projetos de pesquisa desenvolvidos no Laboratório de Ecologia de Águas Continentais (LIMNOS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). As coletas dos Chironomidae, e de toda a comunidade de invertebrados aquáticos, foram realizadas através do método de *litter bag*. *Litter bags* são pequenas bolsas contendo uma quantidade de folhas de *Alchornea triplinervia* oriundas da vegetação ripária, desidratadas. Para este estudo foram utilizados litter bags de 15 x 15 cm de comprimento e 10 mm de abertura de malha, o que permite o acesso dos insetos às folhas. Foram utilizados detritos foliares de diferentes espécies vegetais presentes na mata ripária do riacho Cachoeira Grande, inserido no Monumento Natural da Lagoa do Peri. Os detritos foliares foram coletados através do uso de 4 redes suspensas de 1,5 m<sup>2</sup> de largura e 1 mm de malha presas em diferentes árvores presentes nas margens do riacho Cachoeira Grande (Figura 6). Após 30 dias, todo o detrito foliar acumulado nas redes foi coletado, levado ao laboratório e colocado em estufa por 3 dias a uma temperatura de 60 °C. Após este período, foi realizada a pesagem do material e a inserção de  $3,0 \pm 0,1$  g de detritos foliares em cada litter bags. Para cada riacho, localizado em áreas de Floresta, Rural e Urbano (em cada bacia hidrográfica), foram incubados 15 litter bags. Os litter bags foram distribuídos aleatoriamente ao longo dos trechos dos riachos a cerca de 2 m de distância um do outro (Figura 7). Os litter bags foram posicionados nas margens em áreas de baixa corrente com cerca de 50 cm de profundidade. Após 60 dias de incubação, os litter bags foram coletados aleatoriamente de cada riacho, inseridos em sacos plásticos e transportados para o laboratório para posteriores análises.

Figura 6 – (A) Redes que foram instaladas nas margens do riacho Cachoeira Grande (inserido dentro do Parque Municipal da Lagoa do Peri) para coleta de folhas, (B) folhas coletadas.



Fonte: Elaborado por Jéssica Andriotti (2019)

Figura 7 - *Litter bag*, método que consiste na incubação de folhas de vegetação ripária em malhas dentro do corpo da água para a coleta de macroinvertebrados. A - *Litter bag* inserida em riacho durante o período de incubação. B - *Litter bags* em laboratório após período de incubação.



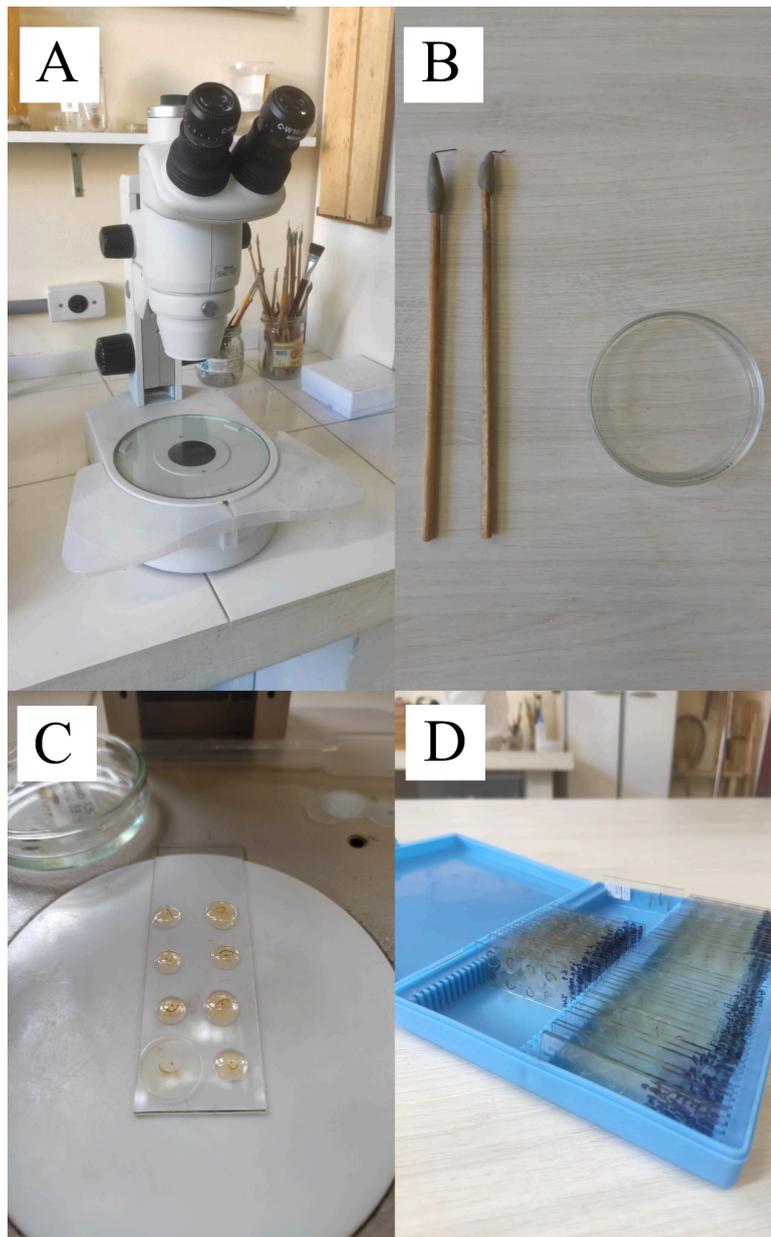
Fonte: William Padilha Lemes

Em laboratório, o material de cada litter bag foi lavado com água corrente sob uma peneira de 125 um de abertura de malha para reter os invertebrados que se encontravam aderidos aos detritos foliares. Os invertebrados retidos na peneira foram preservados em potes com álcool 70% para sua conservação e, posteriormente, estes foram contados e identificados em nível de família e, quando possível, de gênero, utilizando chaves de identificação específicas (Mugnai et al., 2010).

Para o presente estudo, foram confeccionadas lâminas semi-permanentes para a identificação dos indivíduos de Chironomidae em microscópio até a menor unidade taxonômica possível. Assim, com o auxílio de um estilete, placas de petri e um microscópio estereoscópico (Figuras 8A e 8B) foi realizada a dissecação das larvas, conforme indica Trivinho-Strixino (2011), destacando as cápsulas cefálicas dos indivíduos e as posicionando junto ao restante do corpo em vista dorsal sobre a lâmina com uma gota de meio Hoyer em sua superfície (Figura 8C). Após o posicionamento adequado da cápsula cefálica e do corpo, a lamínula foi posicionada e levemente pressionada sobre a lâmina, com o intuito de que as mandíbulas dos espécimes abrissem, garantindo melhor visualização das estruturas bucais. Cada lâmina contava com 8 indivíduos, quando possível.

Após o preparo das lâminas, estas eram colocadas em estufa a 35°C por em média 7 dias para a fixação do material. Após serem retiradas da estufa, as lâminas foram então armazenadas em um estojo para lâminas (Figura 8D). Todas as lâminas foram devidamente identificadas com relação à amostra da qual pertenciam. Para a identificação das larvas, foram utilizadas chaves dicotômicas presentes no Capítulo 16.2 (Silva et al., 2014) do livro *Keys to Neotropical Hexapoda* (Hamada et al., 2018) e no Capítulo 26 (Trivinho-Strixino, 2014) do livro *Insetos Aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia* (Hamada et al., 2014). Na Figura 9 é possível observar a cápsula cefálica das 12 espécies encontradas em maior abundância sob o aumento do microscópio.

Figura 8 - Materiais e procedimentos utilizados em laboratório para a confecção das lâminas com as larvas para identificação no microscópio. Os procedimentos foram realizados no Laboratório de Sistemática de Díptera (LSDip), da UFSC. A - Microscópio estereoscópico; B - Estiletes e placa de Petri; C - Preparo das lâminas. Na imagem é possível observar as larvas de Chironomidae posicionadas sobre uma gota de meio de Hoyer; D - Estojo com as lâminas onde os Chironomidae foram fixados para identificação.



Fonte: fotografias registradas pelo autor.

Figura 9. Cápsulas cefálicas das 12 espécies presentes em maior abundância, em ordem decrescente, nas amostras analisadas. A - *Chironomus inquinatus*; B - *Chironomus phytophilus*; C - *Chironomus strenzkei*; D - *Corynoneura* sp.; E - *Endotribelos* sp.; F - *Onconeura* sp.; G - *Parametriocnemus* sp.; H - *Pentaneura* sp.; I - *Polypedilum* gr. *fallax*; J - *Polypedilum* sp. 1; K - *Tanytarsus* sp.; L - *Thienemanniella* sp.



Fonte: fotografias registradas pelo autor.

### 3.2.2 Coleta dos parâmetros ambientais e da qualidade da água

Para a caracterização do ambiente foram mensurados *in situ*, os seguintes descritores ambientais: largura (m) e profundidade (cm) do riacho - com o auxílio de uma trena e, a velocidade da água (ms<sup>-1</sup>) através do método do flutuador. O potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (μS cm<sup>-1</sup>), concentração de oxigênio dissolvido (mgL<sup>-1</sup>) e a temperatura da água (°C) foram mensurados com o auxílio de uma sonda multi-parâmetros. Além destes parâmetros, em cada riacho foram coletadas amostras de água (1 litro), para determinação do fósforo total (μgL<sup>-1</sup>) e nitrogênio total (μgL<sup>-1</sup>) (Valderrama, 1981) em laboratório. As análises químicas da água foram feitas no Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce (LAPAD).

### 3.3 Análise de dados

A análise de dados foi iniciada a partir do tratamento dos dados no Google Planilhas, que então, foram importados para o RStudio (R Core Team, 2023). Após isso, os gráficos foram confeccionados com o auxílio dos pacotes *ggplot2* (Wickham, 2016) para os gráficos de abundância (Figuras 11 e 12) e riqueza taxonômica (Figura 13).

Para analisar a relação entre os riachos estudados e as variáveis abióticas foi realizada uma análise de componentes principais (PCA), utilizando a matriz de correlação. Para calcular a PCA foi utilizado o pacote MASS (Venables & Ripley, 2002). Na PCA foram utilizadas as seguintes variáveis abióticas: largura do riacho (widthS), profundidade da água (WaterD), temperatura da água (WaterT), potencial hidrogeniônico (pH), concentração de oxigênio dissolvido (DO), condutividade elétrica (Conductivity) e concentração de nitrogênio e fósforo totais na água (NT\_water e PT\_water).

A assembleia de Chironomidae foi avaliada com base na riqueza de táxons e abundância. Para verificar a existência de diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na diversidade de Chironomidae entre os riachos amostrados, foi realizado uma análise de variância OneWay. Quando diferenças significativas foram observadas, foi aplicado o teste *post hoc* de Tukey.

Para verificar a importância das variáveis ambientais sobre as assembleias de Chironomidae foi realizada uma Análise de Redundância (RDA). Para esta análise, utilizamos somente as 12 espécies mais abundantes de Chironomidae. Duas matrizes foram utilizadas: uma matriz da fauna (abundância transformada pelo método de Hellinger) e uma matriz contendo o valor médio das variáveis ambientais. Um teste global com a análise de redundância (RDA) foi realizado usando a função *rda* do pacote *vegan* (Oksanen et al., 2016). Para verificar se alguma espécie de Chironomidae apresentou associação com algum tipo de

riacho, foi utilizada uma análise de espécies indicadoras (Indicator Value Method – IndVal, Dufrene & Legendre, 1997), com nível de significância de 5%. As análises estatísticas foram realizadas pelo o Software R 4.1.0 (R Core Team, 2023).

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Parâmetros abióticos

#### 4.1.1 Características físico-químicas da água

Com relação aos parâmetros físico-químicos mensurados nos riachos, é possível notar que os riachos inseridos em áreas rurais e urbanas apresentaram, em média, valores elevados de nitrogênio total ( $875 \pm 85,77 \mu\text{gL}^{-1}$ ;  $1608 \pm 87,81 \mu\text{gL}^{-1}$ ), fósforo total ( $100,62 \pm 1,74 \mu\text{gL}^{-1}$ ;  $268,56 \pm 6,3 \mu\text{gL}^{-1}$ ) e condutividade elétrica ( $88,38 \pm 5,14 \mu\text{S cm}^{-1}$ ;  $105,34 \pm 6,42 \mu\text{S cm}^{-1}$ ), quando comparado aos valores observados no riacho inserido em área florestada. Por outro lado, nos riachos em áreas urbanas, observam-se menores concentrações de oxigênio dissolvido ( $5,08 \pm 0,16 \%$ ) e menor velocidade da água em relação aos demais ( $0,16 \pm 0,05 \text{ ms}^{-1}$ ). As maiores concentrações de oxigênio dissolvido na água ( $7,68 \pm 0,75 \%$ ) e velocidade de corrente de água ( $0,36 \pm 0,15 \text{ ms}^{-1}$ ) foram encontradas no riacho inserido na área florestada, assim como os maiores valores do pH da água ( $7,06 \pm 0,40$ ), da condutividade ( $62,08 \pm 4,96 \mu\text{S cm}^{-1}$ ) e dos teores de nitrogênio e fósforo totais ( $269,12 \pm 8,37 \mu\text{gL}^{-1}$ ;  $3,92 \pm 0,53 \mu\text{gL}^{-1}$ ) (Tabela 1).

Tabela 1 - Valores médios (e desvio padrão) dos parâmetros físico-químicos da água mensurados em riachos inseridos em área florestada, rural e urbana.

| Parâmetros abióticos                       | Riachos          |                 |                  |
|--|------------------|-----------------|------------------|
|  | Floresta         | Rural           | Urbano           |
| Largura do riacho (m)                      | $3,64 \pm 0,42$  | $5,28 \pm 0,40$ | $3,78 \pm 0,56$  |
| Profundidade da água (cm)                  | $23,5 \pm 5,41$  | $26,8 \pm 2,90$ | $27,42 \pm 2,77$ |
| Velocidade da água ( $\text{ms}^{-1}$ )    | $0,36 \pm 0,15$  | $0,18 \pm 0,08$ | $0,16 \pm 0,05$  |
| Temperatura da água ( $^{\circ}\text{C}$ ) | $21,04 \pm 1,34$ | $20,94 \pm 1$   | $22,52 \pm 1,42$ |
| pH   | $7,06 \pm 0,40$  | $6,28 \pm 0,26$ | $5,82 \pm 0,25$  |

|  |               |                |                 |
|--|---------------|----------------|-----------------|
| Oxigênio dissolvido (%)                  | 7,68 ± 0,75   | 6,72 ± 0,37    | 5,08 ± 0,16     |
| Condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )  | 62,08 ± 4,96  | 88,38 ± 5,14   | 105,34 ± 6,42   |
| Nitrogênio total ( $\mu\text{gL}^{-1}$ ) | 269,12 ± 8,37 | 875,22 ± 85,77 | 1608,94 ± 87,81 |
| Fósforo total ( $\mu\text{gL}^{-1}$ )    | 3,92 ± 0,53   | 100,62 ± 1,74  | 268,56 ± 6,3    |

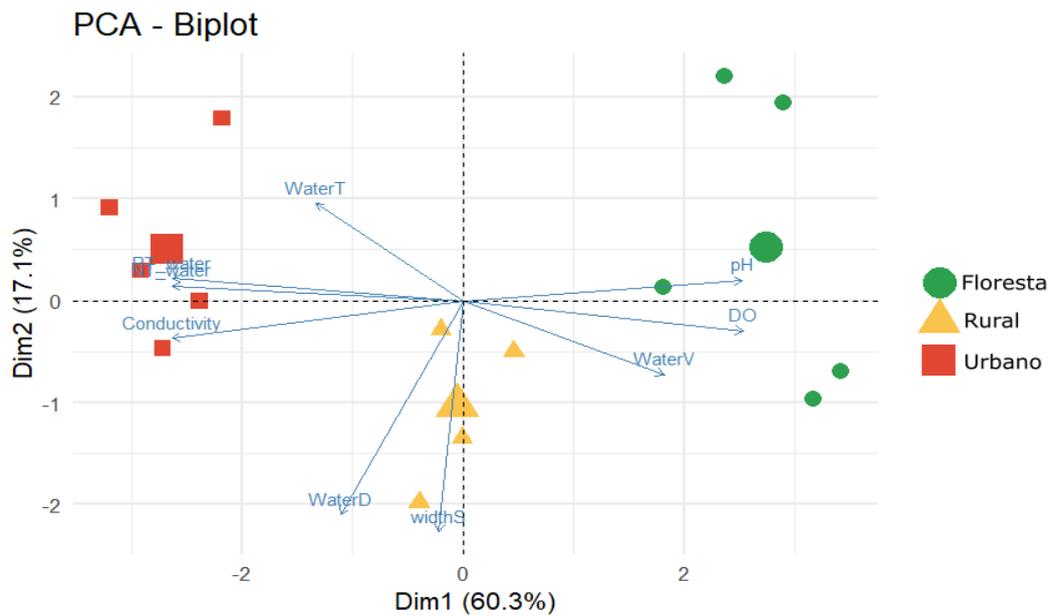
---

Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.1.2 Análise de componentes principais das características físico-químicas da água

O resultado da análise de Componentes Principais (PCA), demonstrou que o pH, a concentração de oxigênio dissolvido (DO) e a velocidade da corrente de água (WaterV) apresentaram uma correlação positiva com o riacho inserido em ambiente de floresta. Todavia, observa-se que as variáveis profundidade da água (WaterD) e a largura do riacho (widthS) foram correlacionadas com o riacho inserido em ambiente rural e, por último, os valores de temperatura da água (WaterT), nitrogênio e fósforo totais (NT\_water e PT\_water) e a condutividade elétrica (Conductivity) foram correlacionados com ambientes urbanos (Figura 10).

Figura 10. Análise de componente principal realizada com as variáveis abióticas amostradas em um gradiente de impacto antrópico em riachos da ilha de Florianópolis/SC. WaterV = velocidade da corrente de água; WaterD = profundidade da água; WaterT = Temperatura da água; widthS = largura do riacho; DO = oxigênio dissolvido; pH = potencial hidrogeniônico; Conductivity = condutividade; PT\_water = fósforo total dissolvido na água; NT\_water = nitrogênio total dissolvido na água.

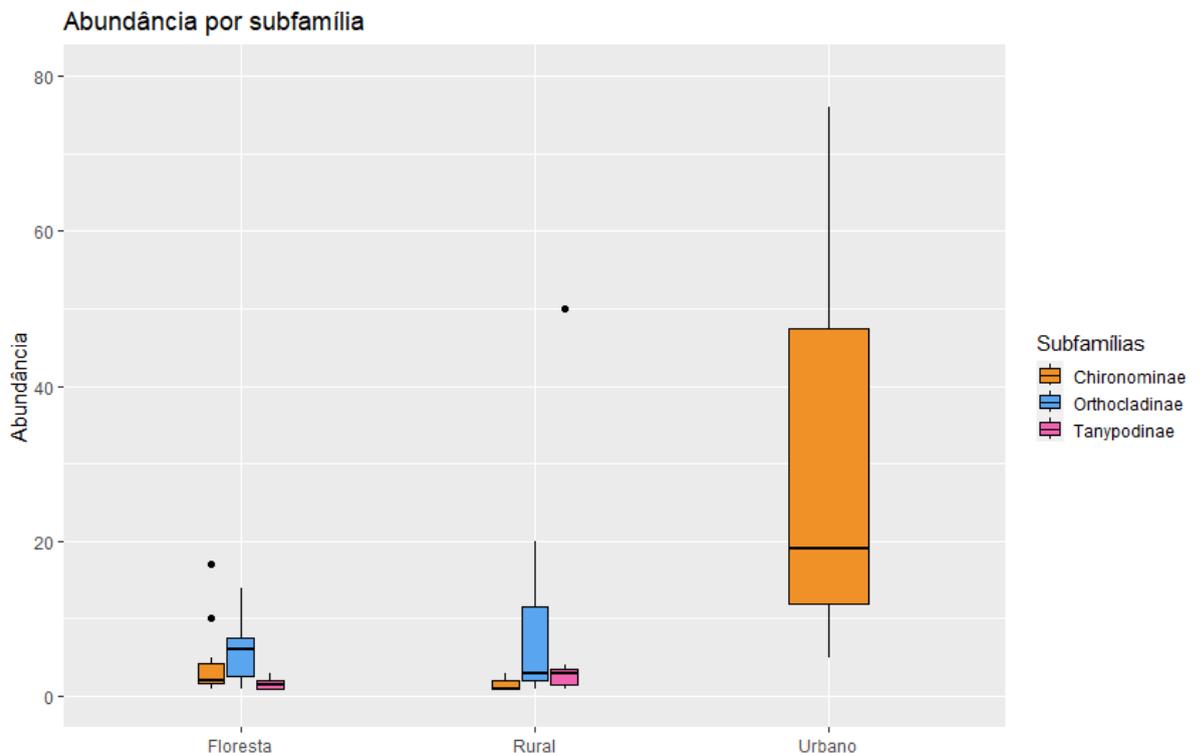


Fonte: elaborado pelo autor

#### 4.2 Composição Taxonômica da Fauna de Chironomidae

Durante o estudo, foram identificados um total de 300 larvas de Chironomidae distribuídas em 35 espécies e 3 subfamílias (Chironominae, Orthocladiinae e Tanypodinae) (Figura 11 e Tabela 2).

Figura 11 - Distribuição dos valores de abundância de cada subfamília de Chironomidae encontrada nas amostras coletadas em riachos florestados, rurais e urbanos presentes na cidade de Florianópolis, SC.



Fonte: elaborado pelo autor.

Na amostra de floresta preservada encontramos a menor abundância de espécies, sendo *Parametriocnemus* sp. (n = 14) da subfamília Orthocladinae e *Tanytarsus* sp. (n = 17) da subfamília Chironominae as espécies mais abundantes. Na amostra rural a abundância foi intermediária, com os maiores valores atribuídos a uma espécie da subfamília Tanypodinae, *Pentaneura* sp. (n = 50). Dentro da subfamília Orthocladinae, a espécie *Parametriocnemus* sp. (n = 20) também possui notável abundância em riachos rurais. As maiores abundâncias de Chironomidae foram observadas nas amostras oriundas dos riachos urbanos. Apesar de mais abundantes, as amostras dos riachos urbanos, apresentaram somente indivíduos da subfamília Chironominae. A espécie encontrada em maior abundância nessa amostra foi *Chironomus inquinatus* (n = 76) (Figura 12).

O riacho em ambiente florestado apresentou a maior riqueza (Figura 12), com 25 espécies distribuídas em três subfamílias. Destas, as seguintes espécies são exclusivas deste ambiente: 9 espécies de Chironominae (*Beardius* sp., *B. phytophilus*, *Cladopelma* sp.,



Tabela 2 - Composição taxonômica e riqueza de Chironomidae encontradas nos riachos amostrados na cidade de Florianópolis, SC.

| Espécie                              | Abreviação | Riachos   |       |        |
|--------------------------------------|------------|-----------|-------|--------|
|                                      |            | Florestal | Rural | Urbano |
| <b>Subfamília Chironominae</b>       |            |           |       |        |
| <i>Aedokritus</i> sp.                | AE         | X         | X     | -      |
| <i>Beardius</i> sp.                  | BE         | X         | -     | -      |
| <i>Beardius phytophilus</i>          | BE_PHY     | X         | -     | -      |
| <i>Chironomus inquinatus</i>         | CHR_INQ    | -         | -     | X      |
| <i>Chironomus phytophilus</i>        | CHR_PHY    | -         | -     | X      |
| <i>Chironomus strenzkei</i>          | CHR_STR    | -         | X     | X      |
| <i>Cladopelma</i> sp.                | CLD        | X         | -     | -      |
| <i>Cryptochironomus</i> sp.          | CRPTCHR    | -         | -     | -      |
| <i>Endotribelos</i> sp.              | END        | X         | X     | -      |
| <i>Oukuriella</i> sp.                | OUK        | X         | -     | -      |
| <i>Polypedilum gr. fallax</i>        | POL_FAL    | X         | X     | -      |
| <i>Polypedilum</i> sp. 1             | POL_SP1    | X         | -     | -      |
| <i>Polypedilum</i> sp. X             | POL_SP3    | -         | X     | -      |
| <i>Polypedilum</i> sp. 4             | POL_SP4    | X         | -     | -      |
| <i>Polypedilum (Tripodura)</i> sp. 3 | POL_TR_SP3 | X         | -     | -      |
| <i>Rheotanytarsus</i> sp.            | RHEO       | -         | X     | -      |
| <i>Stenochironomus</i> sp.           | STEN       | X         | -     | -      |
| <i>Tanytarsus</i> sp.                | TANYT      | X         | -     | -      |
| Tribo Tanytarsini                    | TRIB_TANYT | -         | X     |        |
| <b>Subfamília Tanypodinae</b>        |            |           |       |        |
| <i>Ablabesmyia</i> sp.               | ABL        | X         | X     | -      |
| <i>Djalmabatista</i> sp.             | DJA        | -         | X     | -      |
| <i>Labrundinia</i> sp.               | LABR       | X         | X     | -      |
| <i>Larsia</i> sp.                    | LARS       | X         | X     | -      |
| <i>Metapelopia</i> sp.               | METAP      | X         | X     | -      |

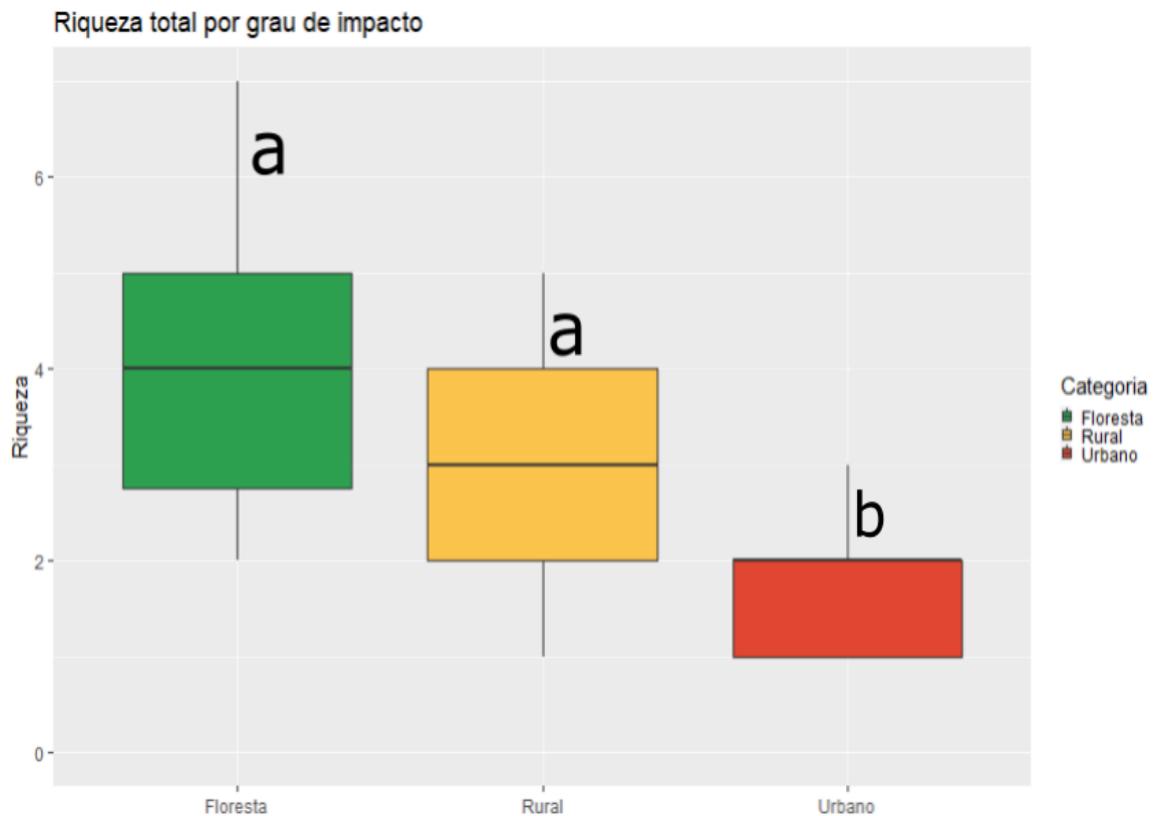
| Espécie  | Abreviação     | Riachos   |       |        |
|--|----------------|-----------|-------|--------|
|  |                | Florestal | Rural | Urbano |
| <i>Parapentaneura</i> sp.                        | PARAPENTA      | -         | X     | -      |
| <i>Pentaneura</i> sp.                            | PENTA          | X         | X     | -      |
| <i>Zavreliomyia</i><br>( <i>Paramerina</i> ) sp. | ZVRL_PARA<br>M | X         | -     | -      |
| <b>Subfamília Orthoclaadiinae</b>                |                |           |       |        |
| <i>Corynoneura</i> sp.                           | CORYN          | X         | -     | -      |
| <i>Cricotopus</i> sp.                            | CRCTPS         | X         | -     | -      |
| <i>Limnophyes</i> sp.                            | LMNPH          | X         | -     | -      |
| <i>Nanocladius</i> sp.                           | NANOC          | X         | X     | -      |
| <i>Onconeura</i> sp.                             | ONCON          | X         | X     | -      |
| <i>Parametriocnemus</i> sp.                      | PARAMET        | X         | X     | -      |
| <i>Thienemanniella</i> sp.                       | THINEMAN       | X         | -     | -      |
| <i>Ubatubaneura</i> sp.                          | UBATUB         | X         | -     | -      |

Fonte: elaborado pelo autor

#### 4.2.1 Riqueza taxonômica

Em relação à riqueza de espécies, o resultado da análise estatística - ANOVA indicou diferenças significativas entre os riachos amostrados ( $F = 8.377$ ;  $p = 0.000941$ ) (Figura 13).

Figura 13 - Riqueza taxonômica de Chironomidae identificada em riachos com diferentes graus de preservação. Letras diferentes indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) de acordo com o teste de Tukey.



Fonte: elaborado pelo autor

#### 4.2.2 Relação entre Chironomidae e as variáveis ambientais

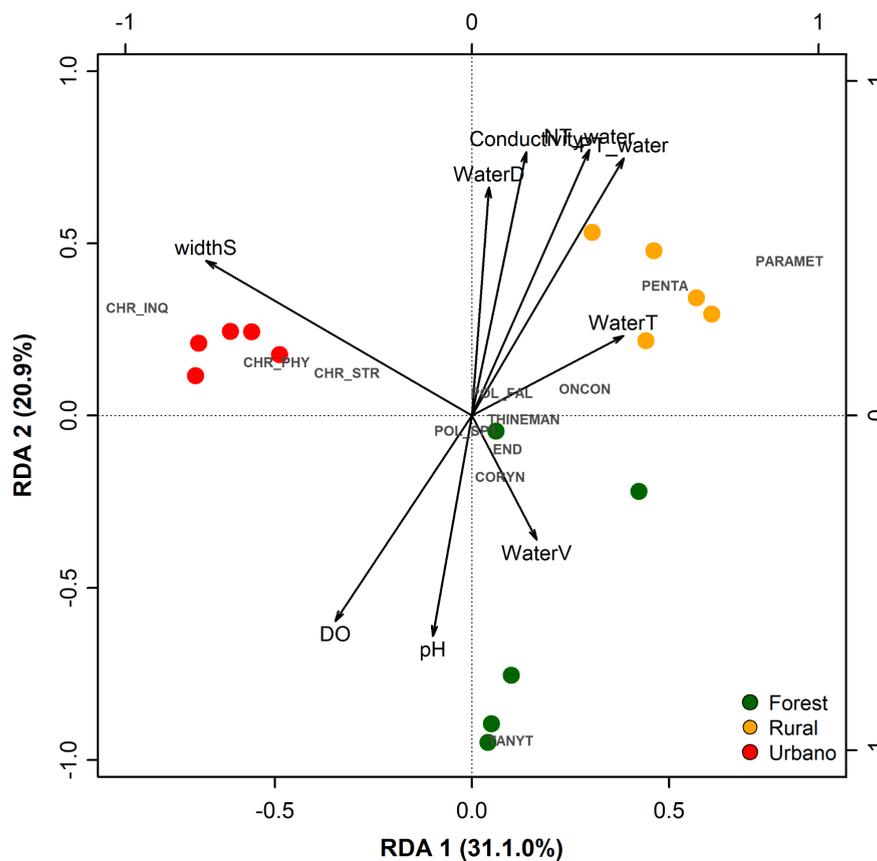
A RDA foi realizada utilizando as variáveis ambientais mensuradas nos três tipos de riachos amostrados (Floresta, Rural e Urbano) e explicou 52,0% ( $F = 4,6847$ ;  $p = 0,001$ ) da variabilidade na composição e distribuição das assembleias de Chironomidae. Além disso, a porcentagem de explicação fornecida pela análise também foi significativa ( $p < 0,001$ ).

O primeiro eixo foi responsável por explicar 31,1% da variabilidade e foi positivamente relacionado com as variáveis velocidade da água (WaterV) e profundidade da água (WaterD) e negativamente com a variável largura do riacho (widthS). Na figura (Figura 14) é possível observar a relação das variáveis com os eixos, a separação dos riachos considerados, como também perceber alguns agrupamentos de variáveis.

No eixo 2, responsável por explicar 20,9% da variação, observa-se uma diferenciação entre os riachos rurais e urbanos com o riacho florestado, sendo que a temperatura da água

(WaterT), concentração de fósforo e nitrogênio totais (PT\_water e NT\_water), condutividade (Conductivity) e profundidade da água (WaterD) foram as variáveis ambientais que mais influenciaram a comunidade nos riachos rurais, enquanto a largura do riacho (widthS) foi a variável que melhor prediz a composição das comunidades nos riachos urbanos. As espécies *Chironomus inquinatus*, *C. phytophilus* e *C. strenzkei* foram relacionadas com a variável largura do riacho (widthS) e apresentaram uma forte relação com o riacho urbano. Já as espécies *Pentaneura* sp., *Parametriocnemus* sp. e *Onconeura* sp. apresentaram uma relação positiva com a variável WaterT. Enquanto isso, as espécies *Tanytarsus* sp., *Corynoneura* sp., *Endotribelos* sp. e *Polypedilum* sp. 1 estão relacionados com as variáveis correlacionadas aos ambientes florestados, como a velocidade da água (WaterV), o potencial hidrogeniônico (pH) e o oxigênio dissolvido (DO).

Figura 14 - Diagrama de ordenação para os dois primeiros eixos da Análise de Redundância (RDA), de acordo com as variáveis abióticas e riqueza taxonômica das espécies mais abundantes da assembleia de Chironomidae presente nos riachos florestados, rurais e urbanos. CHR\_INQ - *Chironomus inquinatus*; CHR\_PHY - *Chironomus phytophilus*; CHR\_STR - *Chironomus strenzkei*; CORYN - *Corynoneura* sp.; END - *Endotribelos* sp.; ONCON - *Onconeura* sp.; PARAMET - *Parametriocnemus* sp.; PENTA - *Pentaneura* sp.; POL\_FAL - *Polypedilum gr. fallax*; POL\_SP1 - *Polypedilum* sp. 1; TANYT - *Tanytarsus* sp.; THINEMAN - *Thienemanniella* sp.



Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.2.3 Análise de espécies indicadoras (ISA)

O resultado da análise de espécie indicadora para cada categoria de riacho destacou as espécies *Tanytarsus* sp. (0.8;  $p = 0.016$ ), dominante nos riachos de floresta; *Pentaneura* sp. (0.8;  $p = 0.015$ ), dominante nos riachos rurais e as espécies *Chironomus inquinatus* (1.0;  $p = 0.004$ ) e *Chironomus phytophilus* (0.8;  $p = 0.019$ ), dominantes nos riachos urbanos.

Tabela 3 - Relação das espécies indicadoras em riachos de floresta, rurais e urbanos.

| Espécie                       | Tipo de ambiente | Valor de Indicação | Valor de p |
|-------------------------------|------------------|--------------------|------------|
| <i>Tanytarsus</i> sp.         | Floresta         | 0,8                | 0,016      |
| <i>Pentaneura</i> sp.         | Rural            | 0,8                | 0,015      |
| <i>Chironomus inquinatus</i>  | Urbano           | 1,0                | 0,004      |
| <i>Chironomus phytophilus</i> | Urbano           | 0,8                | 0,019      |

Fonte: elaborado pelo autor.

## 5. DISCUSSÃO

Dentre os insetos dípteros, os quironomídeos são o grupo mais diverso e abundante. As suas larvas podem ser encontradas em uma amplitude de condições ambientais, e por isso, são considerados ótimos bioindicadores (Cranston, 1982; de Bisthoven et al., 2005; Wilson & Ruse, 2005; Raposeiro et al., 2007). Em Florianópolis, estudos sobre quironomídeos ainda são escassos e, entender as respostas deste grupo frente aos impactos antrópicos relacionados ao crescimento urbano da cidade é importante baseando-se na ideia de que esse grupo reflete os impactos ambientais causados pelo ser humano. Através dos resultados obtidos neste estudo, é possível observar que mudanças nos gradientes ambientais, tais como o aumento da urbanização afetou a abundância e riqueza de Chironomidae.

Nossos resultados demonstraram que as características ambientais identificadas na região florestada caracterizam o ambiente como um lugar de baixo impacto antrópico, o que reflete na alta diversidade de Chironomidae observada nesta região. *Tanytarsus* sp. (n = 17), foi a espécie encontrada em maior abundância nos riachos florestados, o que a torna indicadora nesse tipo de ambiente. Morfologicamente, indivíduos do gênero *Tanytarsus* são caracterizados por possuírem antenas geralmente longas e montadas em protuberantes tubérculos com órgãos de Lauterborn montados em longos pedicelos. É um gênero rico em espécies onde as larvas vivem geralmente em sedimentos rasos de sistemas lênticos ou associadas a macrófitas aquáticas. Por ser um gênero muito rico acaba apresentando diversos morfotipos (Trivinho-Strixino, 2014). Em relação às adaptações morfológicas que possibilitam os *Tanytarsus* sp. a viver nesse tipo de ambiente, podemos destacar as longas antenas. As larvas do gênero *Tanytarsus* costumam viver em tubos enterradas no sedimento e utilizam das longas antenas sensoriais para conseguir perceber o ambiente. Essas espécies

não deixam totalmente o tubo, apenas impulsionam a extremidade posterior do corpo para fora dele (Trivinho-Strixino, 2011). As longas antenas podem ser interpretadas como uma adaptação que permite essa espécie explorar melhor o ambiente em busca de recursos, como partículas suspensas na água. Resultados encontrados no trabalho de Silva (2008), indicam que as larvas de *Tanytarsus* possuem hábito alimentar filtrador, se alimentando de materiais em suspensão.

Além dos quironomídeos, os seguintes grupos foram encontrados neste ambiente florestado: Baetidae (Insecta: Ephemeroptera), Leptophlebiidae (Insecta: Ephemeroptera), Leptoceridae (Insecta: Trichoptera), Calamoceratidae (Insecta: Trichoptera), Hydrobiidae (Mollusca), Hydropsychidae (Insecta: Trichoptera) e Oligochaeta (Annelida) (Padilha-Lemes, 2021). Em sua maioria, os grupos citados são considerados organismos sensíveis e indicadores de locais com boas condições ambientais, como por exemplo os Trichoptera e Ephemeroptera. Assim, conforme a poluição aumenta, estes grupos tendem a desaparecer (Rosenberg; Resh, 1993; Padilha-Lemes, 2021), uma vez que não apresentam adaptações morfológicas e fisiológicas, tais como a presença de sílfões ou respiração tegumentar para captura do oxigênio, que os possibilitam a desenvolver em ambientes impactados.

Nos riachos inseridos nos ambientes rurais, foram registradas características que o qualificam como um ambiente de impacto intermediário entre as áreas florestais e urbanas. As características apresentadas nestes ambientes refletiram na composição da assembleia de Chironomidae. Dezoito espécies foram identificadas nos riachos rurais, com a abundância concentrada nas larvas das espécies *Pentaneura* sp. (n = 50) e *Parametriocnemus* sp. (n = 20). As larvas de *Pentaneura* sp. são caracterizadas morfológicamente por serem de tamanho médio (menores que 10 mm) e com poucas cerdas no abdômen, além de possuírem túbulos anais longos e a seta supranal longa e grossa, que ultrapassa os pseudópodes e os túbulos anais. Compartilham muitas características com as larvas do gênero *Parapentaneura*, se distinguindo principalmente pela posição do poro ventral em relação às setas cefálicas S10 e S9 (Hamada et al., 2018). *Pentaneura* sp. é agrupada dentro da subfamília Tanypodinae, onde as larvas, muitas vezes, são predadoras e de vida livre (Trivinho-Strixino, 2014). Por serem predadoras, a abundância elevada desta espécie pode ser explicada pelo fato de terem recursos alimentares amplamente disponíveis, como quironomídeos e outros macroinvertebrados que habitam o local, visto a alta riqueza de espécies encontradas. As larvas de *Parametriocnemus* sp. são de porte médio (menores que 10 mm) e possuem placa ventromental distinta e sem cerdas, se estendendo até a margem do mento. Essas larvas são comuns em sedimentos arenosos e nos folhedos de pequenos córregos (Trivinho-Strixino,

2014). Os hábitos alimentares de indivíduos da subfamília Orthoclaadiinae, como *Parametriocnemus* sp. podem variar, podendo ser raspadoras, fragmentadoras ou catadoras-coletoras (se alimentam de detritos), com algumas podendo ser predadoras ou minadoras (Trivinho-Strixino, 2011). Os recursos alimentares para estes tipos de alimentação podem ser encontrados no ambiente rural analisado, explicando a abundância desses indivíduos no local.

Em um estudo realizado por Padilha-Lemes, 2021, também foram identificados na mesma área de estudo os seguintes grupos de invertebrados: Oligochaeta (Anellida), Caenidae (Insecta: Ephemeroptera), Ostracoda (Crustacea), Baetidae (Insecta: Ephemeroptera) Ceratopogonidae (Insecta: Diptera), Dicteriadidae (Insecta: Odonata) e Simuliidae (Insecta: Diptera). Dentro dos grupos mencionados, Oligochaeta tem o hábito alimentar catador-coletor, deste modo, facilmente coloniza novos ambientes e apresentam alguma tolerância quanto aos impactos antrópicos. Além dos *Pentaneura* sp., outro grupo de predadores encontrado nesse ambiente são as ninfas de libélula da família Dicteriadidae, possivelmente também devido à presença de recursos alimentares, como outros macroinvertebrados (Medeiros, 2015).

Por último, os resultados dos parâmetros físico-químicos da água, tais como as altas concentrações de nitrogênio e fósforo totais e as baixas concentrações de oxigênio dissolvido, provenientes das amostras urbanas indicam grande impacto antrópico nestes riachos, influenciando diretamente na composição da assembleia de Chironomidae. Nestes ambientes, observou-se uma baixa diversidade, ocorrendo apenas 3 espécies (*Chironomus inquinatus*, *C. phytophilus* e *C. strenzkei*) com a espécie *C. inquinatus* (n = 76) sendo a mais abundante. Segundo o resultado da análise de espécies indicadoras (ISA), *C. inquinatus* foi considerada uma espécie indicadora deste tipo de ambiente. As larvas de *C. inquinatus* podem ser os únicos insetos encontrados em ambientes com altas concentrações de efluentes e são fortemente associadas a águas poluídas. A característica morfológica principal desta espécie é o formato largo e arredondado do dente mediano do mento. Outra espécie encontrada em abundância foi *C. phytophilus* (n = 19), comumente encontradas associadas a macrófitas aquáticas. Esta espécie tem como a principal característica morfológica e ausência de processos laterais no sétimo segmento abdominal, a diferenciando das demais do gênero (Trivinho-Strixino, 2014).

Os indivíduos compreendidos dentro da subfamília Chironominae, como os do gênero *Chironomus*, são conhecidos por serem catadores-coletores e, como é comum entre os quironomídeos, possuem respiração apnéustica, ou seja, conseguem realizar trocas gasosas

por meio da superfície de seus corpos (Trivinho-Strixino, 2011). Nas espécies encontradas em maior abundância no ambiente Urbano (*C. inquinatus* e *C. phytophilus*) é possível verificar que possuem longos túbulos abdominais, aumentando a superfície de seus corpos, e conseqüentemente, aumentando a superfície para a absorção de oxigênio dissolvido na água. Essa característica pode ser um fator explicativo para a grande abundância dessas espécies em um local pobre em oxigênio dissolvido. Além disso, riachos inseridos em áreas urbanas apresentam altas concentrações de matéria orgânica, e os indivíduos do gênero *Chironomus* tendem a ser catadores-coletores, se alimentando de detritos orgânicos presentes na água. A disponibilidade de recursos e o hábito alimentar do gênero podem ser explicações para a alta abundância encontrada. De acordo com Trivinho-Strixino (2014), o gênero *Chironomus* é amplamente encontrado em sistemas lóticos e lênticos de baixa velocidade e geralmente são associadas a sedimentos ricos em detritos orgânicos e pobres em oxigênio dissolvido.

O gênero *Chironomus* aumenta significativamente em abundância em resposta ao enriquecimento orgânico por ações antrópicas e a deterioração da qualidade da água, apresentando forte tolerância à eutrofização, e por isso, é tido como um indicador de perturbação ambiental de confiança (Marques et al., 1999; Silva et al. 2007). Larvas do gênero *Chironomus* possuem moléculas pequenas de hemoglobina, como pigmento respiratório presente em sua hemolinfa, de forma a liberar o oxigênio em condições de extremo déficit. Essa característica auxilia o grupo em situações de baixa oxigenação na água, tornando-os mais resilientes aos ambientes antropizados e garantindo tolerância a esses ambientes (Pillot, 2009).

Em trabalhos anteriores, foram encontrados os seguintes grupos nestes ambientes urbanos: Hirudinea (Annelida), Oligochaeta (Annelida), Psychodidae (Insecta: Diptera), Collembola (Insecta), Caenidae (Insecta: Ephemeroptera), Empididae (Insecta: Diptera) e Tabanidae (Insecta: Diptera), todos considerados organismos tolerantes a impactos ambientais e de hábitos alimentares que variam entre catadores-coletores, generalistas e predadores (Padilha-Lemes, 2021). Oligochaeta e Hirudinea são amplamente conhecidos como indicadores de águas poluídas (Cleto Filho; Walker, 2001; Padilha-Lemes, 2021). Eles possuem adaptações respiratórias, como a hemoglobina, que permitem com que sobrevivam em riachos com baixas concentrações de oxigênio, sendo considerados grupos altamente adaptáveis (Goulart; Callisto, 2003; Trivinho-Strixino, 2011; Flores-tena; Martmnez-Tabche, 2001; Martins et al. 2015; Andriotti, 2019).

## 6. CONCLUSÃO

Os resultados apresentados neste trabalho corroboram com as hipóteses de que o aumento do processo de urbanização está impactando diretamente na riqueza de espécies de Chironomidae presente em pequenos riachos localizados na cidade de Florianópolis. Aqui, foi possível relacionar a qualidade da água com a composição taxonômica das assembleias de Chironomidae, observando-se uma notável redução na composição da comunidade conforme o grau de urbanização aumenta. Foi possível identificar também que a espécie *Chironomus inquinatus* pode ser considerada uma espécie indicadora tolerante às modificações ambientais, enquanto que as espécies *Tanytarsus* sp. e *Pentaneura* sp. são indicadoras de ambientes florestados e rurais, respectivamente.

Junto a isso, os resultados obtidos neste estudo fornecem dados refinados sobre espécies de Chironomidae indicadoras de impactos antrópicos, contribuindo para o entendimento de como este grupo se adapta frente aos impactos antrópicos em sistemas de água doce. Por último, os dados gerados por este trabalho podem servir para futuras discussões sobre urbanização e seus impactos nas comunidades de macroinvertebrados em geral, e mais especificamente nas assembleias de Chironomidae e seu potencial bioindicador.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTI, M.; MARZLUFF, J.; SHULENBERGER, E.; BRADLEY, G.; RYAN, C.; ZUMBRUNNEN, C. Integrating humans into ecology: opportunities and challenges for studying urban ecosystems. **BioScience**, v. 53, n. 12, p. 1169-1179, 2003.

ALLAN, D.J. Stream Ecology: Structure and function of running waters. **Springer**, n, p. 317-356, 2007.

ANDRIOTTI, J. Efeitos das modificações ambientais na comunidade de invertebrados aquáticos e no processo de decomposição foliar em pequenos riachos em uma ilha subtropical. **Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.**

ARMITAGE, P. D. et al. The Chironomidae. **Chapman & Hall**, 1º ed, p. 194, 1995.

ARTHINGTON, A. H; PUSEY B. J.; Flow restoration and protection in Australian rivers. **River Research Applications**, v. 19, p. 377-395, 2003.

ASHE, P.; MURRAY, D. A.; REISS, F. The zoogeographical distribution of Chironomidae (Insecta: diptera). **Annales de Limnologie-International Journal of Limnology**. EDP Sciences, p. 27-60, 1987.

BASTOS, M.D.A. Bacias Hidrográficas. **In: IPUF – Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis, 2004**

BIASI, C.; KÖNIG, R.; MENDES, V.; TONIN, A. M.; SENSOLO, D.; SOBCZAK, J. R. S.; CARDOSO, R.; MILESI, S. V.; RESTELLO, R. M.; HEPP, L. U. Biomonitoramento das águas pelo uso de macroinvertebrados bentônicos: oito anos de estudos em riachos da região do Alto Uruguai (RS). **Perspectiva (Erechim)**, v. 34, n. 125, p. 67-77, 2010.

CALLE-MARTÍNEZ, D.; CASAS, J. Chironomid species, stream classification, and water-quality assessment: the case of 2 Iberian Mediterranean mountain regions. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 25, n. 2, p. 465-476, 2006.

CALLISTO, M.; MARQUES, M. M.; BARBOSA, F. A. R. Deformities in larval Chironomus (Diptera, Chironomidae) from the piracicaba river, southeast Brazil. **Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie - EVISA**, v. 27, n. 5, p. 2699-2702, dez. 2000.

CARDOSO, F. S.; PEREIRA, G.; AGUDO-PADRÓN, A. I. NASCIMENTO, C.; ABDALLA, A. Análise do uso e ocupação da terra na bacia da Lagoa do Peri, Florianópolis (SC). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 9, n. 27, p. 201-213, set. 2008.

CARDINALE B. J.; NELSON K.; PALMER M. A. Linking species diversity to the functioning of ecosystems: on the importance of environmental context. **Oikos**, v. 91, p. 175-183, 2000.

CLETO FILHO, S. E. N.; WALKER, I. Efeitos da ocupação urbana sobre a macrofauna de invertebrados aquáticos de um Igarapé da cidade de Manaus/AM - Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 31, n.1, p. 69-89, 2001.

CRANSTON, P. S. Systematics. In: **The Chironomidae: Biology and ecology of non-biting midges**. Dordrecht: Springer Netherlands, p. 31-6, 1995.

CRANSTON, P.S. key to the larvae of British Orthocladinae (Diptera, Chironomidae). **Scientific Publications of the Freshwater Biological Association**, v. 45, p. 1-52. 1982.

DE BISTHOVEN, L. J., GENHARDT, A.; SOARES, A. M. V. M. Chironomidae larvae as bioindicators of an acid mine drainage in Portugal. **Hydrobiologia**, v. 532, p. 181-191, 2005.

DE BISTHOVEN, L. J.; HUYSMAN, C.; OLLEVIER, F. The in situ relationships between sediment concentration of micropollutants and morphological deformities in *Chironomus* GR. Thummi larvae (Diptera, Chironomidae) from lowland rivers (Belgium): a spatial comparison. **Chironomids. From Genes to Ecosystems**. p. 63-80, Australia, 1995.

EGGERMONT, H; HEIRI, O. The chironomid-temperature relationship: expression in nature and palaeoenvironmental implications. **Biological Reviews**, v. 87, p. 430-456, 2012.

EPLER, J. H. Identification manual for the larval Chironomidae (Diptera) of North and South Carolina. 2001.

FARIA, L. R. et al. Influência da urbanização no processo de colonização de Assembleias de Chironomidae (INSECTA: DIPTERA). **Research, Society and Development**, v. 11, n. 8, 2021.

FERRINGTON, L. C. Global diversity of non-biting midges (Chironomidae; Insecta-Diptera) in freshwater. **Freshwater animal diversity assessment**, p. 447-455, 2008.

FLORES-TENA, F. J.; MARTINEZ-TABACHE, L. The effect of chromium on the hemoglobin concentration of *Limnodrilus hoffmeisteri* (Oligochaeta: Tubificidae). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 50, p. 196-202, set. 2001.

GOULART, M. D.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, v. 2, n. 1, p. 153- 164, out. 2003.

GUTIÉRREZ-CÁNOVAS, C.; MILLÁN, A.; VELASCO, J.; VAUGHAN, I. P. Contrasting effects of natural and anthropogenic stressors on beta diversity in river organisms. **Global Ecology and Biogeography**, v. 22, n. 7, p. 796-805, 2013.

HAMADA, N.; THORP, J. H.; ROGERS, D. C. Keys to Neotropical Hexapoda. **Elsevier**, v. 3, 4ª ed, 2018.

HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L.; QUERINO, R. B. Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia. **Editora do INPA**, 2014.

HEINO, J.; PASSIVIRTA, L. Unravelling the determinants of stream midge biodiversity in a boreal drainage basin. **Freshwater Biology**, v. 53, p. 884–896, 2008.

HELSON, J. E.; WILLIAMS, D. D.; TURNER, D. Larval Chironomid community organization in four tropical rivers: human impacts longitudinal zonation. **Hydrobiologia**, v. 559, p. 413-431, 2006.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <[http://geoftp.ibge.gov.br/cartas\\_e\\_mapas/bases\\_cartograficas\\_continuas/bc250/versao2023/](http://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc250/versao2023/)>. Acesso em 14 mai. 2024.

LANGTON, P. H., & Casas, J. Changes in chironomid assemblage composition in two Mediterranean mountain streams over a period of extreme hydrological conditions. **Hydrobiologia**, v. 390(1), pp 37–49, 1999.

LEMES-SILVA, A. L. **Avaliação dos efeitos sazonais sobre o fluxo de matéria orgânica e decomposição em riachos de baixa ordem**. Tese (Doutorado em Ecologia) - Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

LEMES- SILVA, A. L.; LEMES, W. P.; ANDRIOTTI, J.; PETRUCIO, M. M.; FEIO, M. J. Recent land-use changes affect stream ecosystem processes in a subtropical island in Brazil. **Austral Ecology**, 45, 644-658, 2020.

LEMES-SILVA, A.L; MACEDO-SOARES, L. C. P.; SERRA, S. R. Q; PETRUCIO, M. Changes in functional diversity of aquatic invertebrates across urbanization levels in a coastal island, Brazil. **Hydrobiologia**, p. 1-18, 2024.

LI, L.; ZHENG, B.; LIU, L.. Biomonitoring and bioindicators used for river ecosystems: definitions, approaches and trends. **Procedia environmental sciences**, v. 2, p. 1510-1524, 2010.

LOPES, M. N; DECARLI, C. J.; PINHEIRO-SILVA, L.; LIMA, T. C.; LEITE, N. K.; PETRUCIO, M. M.. Urbanization increases carbon concentration and pCO<sub>2</sub> in subtropical streams. **Environmental Science And Pollution Research**, 27, 15, 18371-18381, 2020

MARQUES, M. M.; BARBOSA, F. A. R.; CALLISTO, M. Distribution and abundance of Chironomidae (Diptera, Insecta) in South-East Brazil. **Braz. J. Biol**, São Carlos, v. 59, n. 4, p. 1-13, 1999.

MARTINS, R. T.; MELO, A. S.; GONÇALVES, J. F.; HAMADA, N. Leaf-litter breakdown in urban streams of Central Amazonia: direct and indirect effects of physical, chemical, and biological factors. **Freshwater Science**, v. 34, p. 716-726, mar. 2015.

MARZIALI, L.; ARMANINI, D. G.; CAZZOLA, M.; ERBA, S.; TOPPI, E.; BUFFAGNI, A.; ROSSARO, B. Responses of Chironomid larvae (Insecta, Diptera) to ecological quality in Mediterranean river mesohabitats (South Italy). **River Research and Applications**, v. 26, n. 8, p. 1036-1051, 2010.

MEDEIROS, K. P. **Relação de Grupos Funcionais Alimentares da Comunidade de Insetos Aquáticos com Fatores Ambientais**. Trabalho de Conclusão de Curso - Bacharelado em Ciências Biológica, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, 2015.

MENDES, F. et al. Taxonomic research on brazilian Orthoclaadiinae (Diptera: Chironomidae) during the last decade. **Entomología mexicana.**, v. 6, p. 1173-1177, 2007.

MORENO, P.; FRANÇA, J. S.; FERREIRA, W. R.; PAZ, A. D.; MONTEIRO, I. M.; CALLISTO, M. Use of the BEAST model for biomonitoring water quality in a neotropical basin. **Hydrobiologia**, v. 630, p. 231-242, 2009

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. Manual de Identificação de Macroinvertebrados Aquáticos do Estado do Rio de Janeiro. **Technical Books Editora**, Rio de Janeiro, 2010.

NAIMAN, R. J; DÉCAMPS, H. The ecology of interfaces: Riparian zones. **Annual Review of Ecology, Evolution and systematics**, v. 28, p. 621-658, 1997.

NICACIO, G.; JUEN, L. Chironomids as indicators in freshwater ecosystems: an assessment of the literature. **Insect Conservation and Diversity**, v. 8, n. 5, p. 393-403, 2015.

PADILHA-LEMES, W. **A urbanização como um fator de mudanças dos processos ecossistêmicos em riachos insulares: Decomposição foliar e invertebrados aquáticos como ferramentas de avaliação**. Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.

PAUL, M.J. and Meyer, J.L. (2001) Streams in the Urban Landscape. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 32, 333-365.

PAYNE, A.I. The ecology of tropical lakes and rivers. **John Wiley & Sons** (1ª ed). New York, 301 p. 1986.

PILLOT, M., H. K. M. Chironomidae larvae—biology and ecology of the Chironomini—volume II. **Zeist**: KNNV Publishing, 2009.

**Portal de geoprocessamento da Prefeitura de Florianópolis.** Disponível em: <https://www.pmf.sc.gov.br/entidades/geo/index.php> . Acesso em 14 mai. 2024.

PUNTÍ, T.; RIERADEVALL, M.; PRAT, N. Chironomidae assemblages in reference condition Mediterranean streams: environmental factors, seasonal variability and ecotypes. **Fundamental and Applied Limnology-Archiv fur Hydrobiologie**, v. 170, n. 2, p. 149-166, 2007.

PUNTÍ, Tura; RIERADEVALL, Maria; PRAT, Narcís. Environmental factors, spatial variation, and specific requirements of Chironomidae in Mediterranean reference streams. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 28, n. 1, p. 247-265, 2009.

R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2023.

RAPOSEIRO, P. M.; RAMOS, J. C.; MALHÃO, V.; LOPES, C.; COSTA, A. C. QUIRONOMÍDEOS (DIPTERA: INSECTA) DA ILHA DAS FLORES. **XIII Expedição Científica do Departamento de Biologia - Flores e Corvo**. Rel. Com. Dep. Biol., v. 35, 2007.

RESH, V.; ROSENBERG, D. Water pollution and insects. Encyclopedia of Entomology (ed. by J. Capinera). **Springer Science+Business Media B. V.**, Dordrecht, Países Baixos, p. 4158–4168, 2008.

ROQUE, F. O., SIQUEIRA, T., BINI, L. M., RIBEIRO, M. C.; TAMBOSI, L. R.; CIOCHETI, G.; TRIVINHO-STRIXINO, S. Untangling associations between chironomid taxa in Neotropical streams using local and landscape filters. **Freshwater Biology**, v. 55, p. 847–865, 2010.

ROSENBERG, D. M. & RESH, V. H., 1993: Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. - **Chapman & Hall**, New York, p. 488.

RUARO, R.; GUBIANI, E. A. A scientometric assessment of 30 years of the Index of Biotic Integrity in aquatic ecosystems: applications and main flaws. **Ecological Indicators**, v. 29, p. 105-110, 2013.

SERRA, S. R. Q.; GRAÇA, M., A., S.; DOLÉDEC, S.; FEIO, M. J. Chironomidae traits and life history strategies as indicators of anthropogenic disturbance. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 187, 2017.

SILVA, F. L.; MOREIRA, D. C.; RUIZ, S. S.; BOCHINI, G. L. Avaliação da importância da unidade de conservação na preservação da diversidade de Chironomidae (Insecta: Diptera) no córrego Vargem Limpa, Bauru, Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, vol. 29, n. 4, pp. 401-404. Universidade Estadual de Maringá. 2007.

SILVA, F. L.; PINHO, L. C.; WIEDENBRUG, S.; DANTAS, G. P. S.; SIRI, A.; ANDERSEN, T.; TRIVINHO-STRIXINO, S. Chapter 16.2 Family Chironomidae. Keys to Neotropical Hexapoda. **Elsevier**, v. 3, 4<sup>a</sup> ed, 2018.

SZIVAK, I., MORA, A., MEHES, N., BERECZKI, C., ORTMANN-AJKAI, A., CASABAI, Z. Highly variable abiotic environment induced changes in taxonomic and functional composition of headwater Chironomid assemblages within a small mountain range. **Fundamental and Applied Limnology**, v. 182, p. 323-335, 2013.

TANG, H.; SONG, M.Y.; CHO, W. S.; PARK, Y. S.; CHON, T. S. Species abundance distribution of benthic chironomids and other macroinvertebrates across different levels of pollution in streams. **Annales de Limnologie - International Journal of Limnology**, v. 46, p. 53-66, 2009.

TRIVINHO-STRIXINO, S. Chironomidae (Insecta, Diptera, Nematocera) do Estado de São Paulo, sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1, 2011.

TRIVINHO-STRIXINO, S. Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia. **Capítulo 14: Ordem Diptera. Família Chironomidae. Guia de identificação de larvas**. Editora do INPA, 2014.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. Limnologia. **Oficina de textos**, 2016

VALDERRAMA, J. C. The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorous in natural waters. **Mar. Chem.** v. 10, p. 1109-1122, 1981.

VENABLES, W. N.; RIPLEY, B. D. Modern Applied Statistics with S. Fourth Edition. **Springer**, Nova Iorque, 2002.

VILL, A. R. Avaliando os atributos funcionais dos invertebrados aquáticos em riachos sob a influência de diferentes graus de urbanização. **Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis**, 2021.

WALSH, J. C.; ROY, A. H.; FEMINELLA, J. W.; COTTINGHAM, P. D.; GROFFMAN, P. M.; MORGAN, R. P. The urban stream syndrome: current knowledge and the search for a cure. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 24, n. 3, p. 706-723, 2005.

WICKHAM, H. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. **Springer-Verlag New York**, 2016.

WILSON, R. S.; RUSE, L. P. A guide to the identification of genera of chironomid pupal exuviae occurring in Britain and Ireland (including common genera from northern europe) and their use in monitoring lotic and lentic freshwaters. **Freshwater Biological Association**, Reino Unido, 2005.