

Rafael Schmitt

**USO DE MICROHABITATS POR IMATUROS DE  
EPHEMEROPTERA, PLECOPTERA E TRICHOPTERA EM  
RIACHOS DE CLIMA SUBTROPICAL**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à disciplina BIO7016 como  
requisito parcial para a obtenção do grau  
de Licenciado em Ciências Biológicas  
pela Universidade Federal de Santa  
Catarina.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Mauricio Mello  
Petruccio (UFSC)

Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Ana Emília  
Siegloch (UNIPLAC)

Florianópolis

2016

Catálogo na fonte da Biblioteca Universitária da Universidade  
Federal de Santa Catarina

Schmitt, Rafael

Uso de microhabitats por imaturos de Ephemeroptera,  
Plecoptera e Trichoptera em riachos de clima subtropical /  
Rafael Schmitt ; orientador, Mauricio Mello Petrucio ;  
coorientadora, Ana Emilia Sieglöch. - Florianópolis, SC,  
2016.

65 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências  
Biológicas. Graduação em Ciências Biológicas.

Inclui referências

1. Ciências Biológicas. 2. Ecologia. 3. Ecossistemas  
lóticos. 4. Insetos aquáticos . I. Mello Petrucio,  
Mauricio. II. Sieglöch, Ana Emilia. III. Universidade  
Federal de Santa Catarina. Graduação em Ciências Biológicas.  
IV. Título.

Rafael Schmitt

**USO DE MICROHABITATS POR IMATUROS DE  
EPHEMEROPTERA, PLECOPTERA E TRICHOPTERA EM  
RIACHOS DE CLIMA SUBTROPICAL**

Este Trabalho de Conclusão de curso foi julgado e adequado para obtenção do Título de licenciado em Ciências Biológicas, e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora.

Florianópolis, 01 de julho de 2016.

---

Prof<sup>a</sup> Dra. Maria Risoleta F. Marques  
Coordenadora do Curso de Ciências Biológicas

**Professores Avaliadores:**

---

Prof.<sup>o</sup> Dr. Mauricio Mello Petrucio  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Malva Isabel Medina Hernandez  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof.<sup>o</sup> Dr. Benedito Cortês Lopes  
Universidade Federal de Santa Catarina



*Aos meus pais, Renato (in memoriam) e Zeli, com todo meu amor e gratidão, por tudo que fizeram por mim ao longo de minha vida e por todo apoio e incentivo ao longo de minha formação.*



## AGRADECIMENTOS

A Deus por todas as maravilhas que realizou em minha vida e que diante de todas as dificuldades ao longo de minha jornada me deu forças para continuar em frente e com a cabeça erguida.

Aos meus pais Renato (*in memoriam*) e Zeli por sempre terem me incentivado aos estudos e me darem todo o suporte necessário para continuar. Em especial à minha mãe que mesmo após o falecimento de meu pai continuou trabalhando e me ajudando a pagar as despesas com os estudos. Ao meu irmão Leandro por sempre estar presente e que mesmo não entendendo direito o que fazia me deu todo apoio. Obrigado por sempre acreditarem em mim!

A toda minha família, tios, tias, avós, primos e primas que sempre me ajudaram, muitas vezes trazendo aranhas, lagartas, borboletas, joaninhas e formigas para montagem das minhas coleções. Vocês também fizeram parte da minha formação.

Ao pessoal da graduação que sempre me aturou e que mesmo sabendo como sou chato com relação aos trabalhos continuou fazendo-os em minha agradável companhia (rsrs). Em especial à Kamila, Roberta e Tiago que sempre estiveram presentes nos momentos de necessidade e de alegria. Obrigado por estarem comigo durante essa fase da minha vida, vocês foram e continuam sendo muito importantes para mim.

Ana Emília, Aurea Lemes, Denise T., Leonardo Kleba, Mariana, Maurício, Mônica e Natália, pessoal do LIMNOS por ter me recebido no laboratório e ter me ensinado um pouco sobre ecologia de águas continentais. Sei que hoje muitos de vocês já não fazem mais parte da equipe, mas as discussões geradas no laboratório me ajudaram muito. Também não posso deixar de agradecer aos posteriores, Cleiton, Débora, Denise F., Jéssica A., Lize, Lorena, Michelle, Nei e Tuane, vocês também foram importantes.

Ao Dr Luis Macedo-Soares e a Dr<sup>a</sup> Aurea (casal Figa) por toda ajuda nas análises estatísticas, pela formatação dos gráficos, em especial aos dbRDA, e por me ensinarem a trabalhar um pouco com querido R.

A Dr<sup>a</sup> Márcia Spies da Universidade Federal do Pampa do Campus de São Gabriel por me ensinar e auxiliar na identificação dos estimados tricópteros.

Aos técnicos do Departamento de Ecologia, Karla e Walter, por sempre estarem dispostos a ajudar.

Ao pessoal do Parque Municipal da Lagoa do Peri (FLORAM) e do LAPAD (UFSC) por todo suporte e apoio nas coletas.

Ao Prof. Dr<sup>o</sup> Mauricio Mello Petrucio e a Dr<sup>a</sup> Ana Emília Siegloch por me orientarem durante minha formação, sem seus direcionamentos hoje não estaria aqui. Obrigado por todas as oportunidades ao longo desses quase cinco anos de lab. e pela confiança.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas concedidas durante meus anos de graduação.

Muito obrigado a todos!!!

*“Segue o teu destino, rega as tuas plantas,  
ama as tuas rosas. O resto é à sombra de  
árvores alheias”.*

Fernando Pessoa



## RESUMO

Ao longo de um ambiente aquático há diferentes microhabitats, ambientes com características particulares que direcionam o estabelecimento da fauna. Dentre a comunidade de insetos associadas a esses ambientes, Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) são os que apresentam maiores especificidades com relação ao habitat, sendo constituídos por numerosos grupos taxonômicos, cada um com suas particularidades e são considerados bons indicadores da qualidade do ambiente. Diante disso, o objetivo do presente estudo foi avaliar a diversidade e associação dos insetos aquáticos (EPT) aos microhabitats em riachos subtropicais. O estudo foi desenvolvido no Parque Municipal da Lagoa do Peri e a amostragem dos organismos foi realizada durante o inverno de 2011 e verão de 2012. Os insetos foram amostrados nos quatro tipos de microhabitats predominantes, Pedra/Corredeira, Folha/Corredeira, Folha/Remanso e Pedra/Remanso, localizados em seis riachos de baixa ordem em duas microbacias (Cachoeira Grande e Ribeirão Grande) com distintos estádios de integridade da vegetação ripária. Em cada um dos pontos amostrados foram mensuradas as variáveis da água, assim como matéria orgânica retida. Dos 2574 imaturos de EPT identificados, a ordem Ephemeroptera foi a mais abundante, seguida por Trichoptera e Plecoptera. A estrutura da comunidade apresentou variação significativa quanto a sua composição taxonômica tanto para escala temporal quanto espacial, sendo similares entre as microbacias e as diferentes ordens dos riachos. A maior abundância de organismos foi observada na microbacia do Ribeirão Grande e pode ser reflexo das características do entorno. Os grupos alimentares funcionais (GAFs) apresentaram variação significativa apenas na escala de microhabitat. As diferenças com relação à abundância dos mesmos durante o período de estudo são reflexo da disponibilidade de detritos no sistema, a qual é direcionada pela sazonalidade ambiental, como precipitação e temperatura. Além disso, os GAFs apresentaram distribuição condizente nos microhabitats de acordo com a preferência alimentar.

**Palavras-chave:** Insetos aquáticos. Integridade ambiental. Microhabitats.



## ABSTRACT

Along an environment it is possible to observe the formation of different microhabitats, environments with specific characteristics that can drive the establishment of specific groups/individuals. Among the insect community associated with these systems, Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (EPT) are the group that represent the highest specificities, once they are composed by numerous taxonomic groups, with one with particularities, and consequently they are recognized as good indicators from the environmental characteristics. The aims of the present study were to evaluate the diversity and the microhabitat use by the aquatic insects (EPT) in subtropical streams. The study was conducted in the Parque Municipal da Lagoa do Peri and the samples from the organisms were performed during the winter 2011 and summer of 2012. The insects were sampled in the four types of predominant microhabitats, Stone/Riffle, Leave/Riffle, Leave/Pool and Stone/Pool, located in six low order streams from two catchments (Cachoeira Grande e Ribeirão Grande) with different stage of riparian conservation. In each sample site the water quality variables were measured, as well the organic matter amount. From the 2574 EPT immatures identified the Ephemeroptera order was the most abundant, followed by Trichoptera and Plecoptera. The community structuration showed a significant variation in their composition to temporal and spatial scale, being similar between the catchments and the different orders from the streams. The higher abundance of organisms to Ribeirão Grande catchment could be a reflex from the surrounding area, this way favoring the establishment of more tolerant species. The distribution of the functional feeding groups (FFGs) showed a significant variation in their composition just to microhabitat scale. And the differences between the abundance of the FFG during the study time are reflex of detritus system availability, which is driven by the environmental seasonality, as temperature and rainfall. Furthermore, the FFG showed consistent distribution in the microhabitat according to food preference.

**Keywords:** Aquatic insects. Environmental integrity. Microhabitat.



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Organização hierárquica e subsistemas de habitats de ambientes aquáticos. Adaptado de Frissel *et al.* (1986).....24
- Figura 2** – Parque Municipal da Lagoa do Peri com representação dos dois principais tributários da lagoa do Peri, microbacia do Cachoeira Grande e Ribeirão Grande, Florianópolis, SC. Adaptado de Sticca (2013).....30
- Figura 3** – Microhabitats amostrados nas microbacias do Cachoeira Grande e Ribeirão Grande no Parque Municipal da Lagoa do Peri, Florianópolis, SC. (A) Folha-Corredeira; (B) Pedra-Corredeira; (C) Pedra-Remanso; (D) Folha-Remanso.....31
- Figura 4** – Curvas de rarefação para os gêneros de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) para microbacias (A e B), mesohabitats (C e D) e microhabitats (E e F) coletados no inverno de 2010 e no verão de 2011 no Parque Municipal da Lagoa do Peri, Florianópolis, SC. PC: Pedra-Corredeira; FC: Folha-Corredeira; FR: Folha-Remanso; PR: Pedra-Remanso.....35
- Figura 5** – Escalonamento Multidimensional não-métrico (NMDS) dos gêneros de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) nas diferentes estações amostradas para os riachos Cachoeira Grande (CG) e Ribeirão Grande (RG) e para os diferentes microhabitats, Folha/Corredeira (FC); Pedra/Corredeira (PC); Pedra/Remanso (PR) e Folha/Remanso (FR). Verão (A); Inverno (B); Verão (C) e Inverno (D), amostrados no Parque Municipal da Lagoa do Peri, Florianópolis, SC.....37
- Figura 6** – Análise de Correspondência Canônica (CCA) entre os gêneros de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) e das variáveis ambientais para riacho Cachoeira Grande e Ribeirão Grande para o período do verão (A e B) e para inverno (C e D). PC: Pedra-Corredeira; FC: Folha-Corredeira; FR: Folha-Remanso; PR: Pedra-Remanso; Temp.: temperatura da água; Vel.: velocidade de corrente; Prof.: profundidade; Cond.: condutividade; OD: oxigênio dissolvido; MO: matéria orgânica.....39

**Figura 7** – Distribuição dos Grupos Alimentares Funcionais (GAFs) de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) para riacho Cachoeira Grande e Ribeirão Grande no período do verão (A) e inverno (B), amostrados no Parque Municipal da Lagoa do Peri, Florianópolis, SC. Coletor (C); Coletor-Apanhador (CA); Raspador (R); Raspador-Coletor (RC); Coletor-Filtrador/Raspador (CF/R); Predador (P); Coletor-Filtrador (CF); Perfurador (PER); Fragmentador (F).....43

**Figura 8** – Proporção dos Grupos Alimentares Funcionais (GAFs) de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) para os diferentes microhabitats amostrados nas microbacias do Cachoeira Grande e Ribeirão Grande no Parque Municipal da Lagoa do Peri, Florianópolis, SC, durante o período do verão e no inverno. FC: Folha-Corredeira; PC: Pedra-Corredeira; FR: Folha-Remanso; PR: Pedra-Remanso. Coletor (C), Coletor-Apanhador (CA), Coletor-Filtrador/Raspador (CF/R), Coletor-Fragmentador (CF), Fragmentador (F), Perfurador (PER), Predador (P), Raspador (R) e Raspador-Coletor (RC).....44

**Figura 9** – Análise de Redundância (RDA) para os Grupos Alimentares Funcionais (GAFs) de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) amostradas durante o período do verão (A) e inverno (B) nos riachos Cachoeira Grande e Ribeirão Grande no Parque Municipal da Lagoa do Peri, Florianópolis, SC. PC: Pedra-Corredeira; FC: Folha-Corredeira; FR: Folha-Remanso; PR: Pedra-Remanso; Coletor (C), Coletor-Apanhador (CA), Coletor-Filtrador/Raspador (CF/R), Coletor-Fragmentador (CF), Fragmentador (F), Perfurador (PER), Predador (P), Raspador (R) e Raspador-Coletor (RC).....46

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1** – Composição taxonômica da comunidade Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) coletados nos quatro tipos de microhabitats, entre o inverno de 2010 e o verão de 2011, em riachos de baixa ordem do Parque Municipal da Lagoa do Peri, Florianópolis, SC. (GAF): Grupos Alimentares Funcionais; (C): Coletor; (CA): Coletor-Apanhador; (R): Raspador; (RC): Raspador-Coletor; (CF/R): Coletor-Filtrador/Raspador; (P): Predador; (CF): Coletor-Filtrador; (PER): Perfurador; (F): Fragmentador; (F/C): Folha/Corredeira; (P/C): Pedra/Corredeira; (F/R): Folha/Remanso; (P/R): Pedra/Remanso. \* indica a inexistência de informação sobre o grupo alimentar funcional.....34

**Tabela 2** – Resultado da análise de taxa indicador para os gêneros de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) coletados no inverno de 2010 e no verão de 2011 em quatro tipos de microhabitats das microbacias localizadas no Parque Municipal da Lagoa do Peri, Florianópolis, SC. O nível de significância considerado foi de  $p < 0,05$ . VI: Valor de Indicação; CG: microbacia do Cachoeira Grande; RG: microbacia do Ribeirão Grande; FC: Folha-Corredeira; PR: Pedra-Remanso; PC: Pedra-Corredeira; FR: Folha-Remanso.....42



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EPT – Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera;  
PMLP – Parque Municipal da Lagoa do Peri;  
CG – Cachoeira Grande;  
RG – Ribeirão Grande;  
PC – Pedra/Corredeira;  
FC – Folha/Corredeira;  
FR – Folha/Remanso;  
PR – Pedra/Remanso;  
pH – Potencial Hidrogeniônico;  
GAFs – Grupo Alimentar Funcional;  
C – Coletor;  
CA – Coletor-apanhador;  
CF/R – Coletor-filtrador/raspador;  
CF – Coletor-fragmentador;  
F – Fragmentador;  
PER – Perfurador;  
P – Predador;  
R – Raspador;  
RC – Raspador-coletor;  
MDS – Escalonamento multidimensional;  
NMDS – Escalonamento multidimensional não-métrico;  
ISA – Análise de taxa indicador;  
dbRDA – Análise de Redundância baseada em distância;  
OD – Oxigênio dissolvido;  
MO – Matéria orgânica;  
VI – Valor de Indicação.



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>23</b>
1.1 Objetivos.....	28
1.1.1 <i>Objetivo geral</i> .....	28
1.1.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	28
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>29</b>
2.1 Área de estudo .....	29
2.2 Delineamento amostral .....	30
2.3 Caracterização do habitat.....	31
2.4 Análise de dados.....	32
<b>3 RESULTADOS.....</b>	<b>33</b>
3.1 Estrutura da comunidade de EPT.....	33
<b>4 DISCUSSÃO .....</b>	<b>47</b>
4.1 Estrutura da comunidade de EPT.....	47
4.2 Grupos alimentares funcionais (GAFs) de EPT.....	51
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>55</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>57</b>

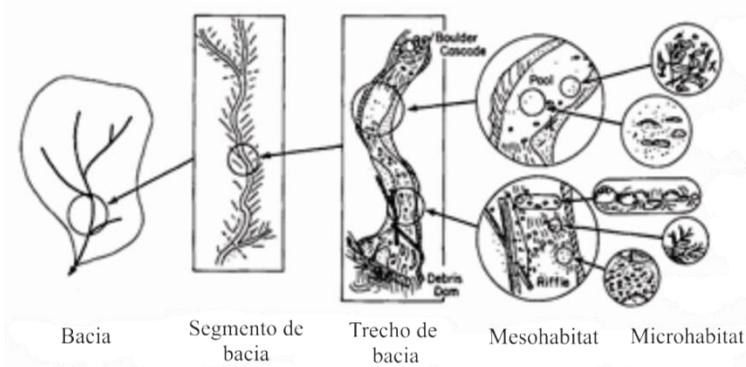


## 1 INTRODUÇÃO

As águas continentais abrigam uma biota bastante diversa e são tradicionalmente classificadas em ambientes lóticos, representados por águas correntes (rios e riachos), e ambientes lênticos, representados por águas estagnadas (lagos naturais e artificiais). Dentre estes, os ecossistemas lóticos são caracterizados por apresentarem um fluxo unidirecional de água em direção à região de jusante (Vannote *et al.*, 1980), variações quanto à produção autóctone e alóctone, velocidade da corrente, profundidade e relativa instabilidade do sedimento (Williams & Feltmate, 1992).

Esses ambientes podem ser classificados de diversas formas. Strahler (1957) classifica-os quanto à sua ordem ou padrão hierárquico de tributários. Um riacho designado de 1ª ordem é aquele que não apresenta tributários, assim caracterizado como nascente. O encontro de dois riachos de 1ª ordem dá origem a um riacho de 2ª ordem, já a confluência de dois riachos de 2ª ordem origina um riacho de 3ª ordem. Dessa forma, o aumento de categoria do riacho ocorre quando o riacho de ordem X recebe outro de igual ordem ou tamanho. Esse aumento de complexidade faz com que ao longo desses ecossistemas existam diferentes gradientes, ocorrendo alterações em sua estrutura física: largura, profundidade, volume de água, mudanças quanto ao estado trófico (heterotrófico para autotrófico) e conseqüentemente mudanças quanto à estruturação das comunidades biológicas associadas (Vannote *et al.*, 1980).

Os ecossistemas lóticos apresentam alta complexidade, a qual pode ser observada em diferentes escalas espaciais (bacia hidrográfica, microbacia, segmento de rios, trecho de rios, mesohabitat e microhabitat). Dentre essas escalas, os mesohabitats, ambientes de corredeira e remanso, podem ser visivelmente observados ao longo do trecho (Pardo & Armitage, 1997). Frissel *et al.* (1986) definindo as diversas escalas espaciais existentes no ambiente (Figura 1) destaca a diferenciação dos mesohabitats de corredeira e remanso em microhabitats, ambientes que apresentam características relativamente homogêneas, tais como tipos de substrato, profundidade, velocidade de corrente e oxigenação da água.



**Figura 1** – Organização hierárquica e subsistemas de habitats de ambientes aquáticos. Adaptado de Frissel *et al.* (1986).

Dentre as comunidades biológicas associadas a esses ambientes, os invertebrados aquáticos apresentam uma alta diversidade e são constituídos por numerosos grupos taxonômicos, dos quais a maior parte é pertencente à classe Insecta (Callisto *et al.*, 2001). A maioria das espécies é bentônica, ou seja, são associadas ao sedimento de fundo nos ambiente como, por exemplo, rochas e cascalhos, ou outras superfícies estáveis, como macrófitas ou raízes (Hauer & Lamberti, 1996lan). Os invertebrados aquáticos são organismos que apresentam diversas características que os fazem bons indicadores de condições ecológicas: (i) as espécies possuem diferentes níveis de tolerância às alterações ambientais; (ii) são abundantes na maioria dos ecossistemas aquáticos; (iii) possuem ciclo de vida longo e respondem espaço temporalmente às condições ambientais; (iv) possuem baixa mobilidade, dessa forma refletem as condições ecológicas do ambiente; e (v) são de fácil amostragem (Rosenberg & Resh, 1993).

Diversos fatores ambientais, associados às escalas espaciais e temporais podem atuar como agentes determinantes da distribuição das comunidades de insetos aquáticos. As características ambientais presentes nos ambientes lóticos exercem controle substancial sobre a abundância e, conseqüentemente, na composição da comunidade (Hershey & Lamberti, 2001). Em uma escala local, os fatores físicos de maior importância na determinação da estrutura da comunidade são provavelmente o tipo de substrato e velocidade da corrente (Bispo *et al.*, 2001; Buss *et al.*, 2004; Hershey & Lamberti, 2001; Righi-Cavallaro *et al.*, 2010). As diferenças no tamanho das partículas do substrato,

associados à velocidade da água e à disponibilidade de alimento ocasionam a formação de habitats mais complexos dominados por uma alta riqueza de espécies (Williams & Feltmate, 1992). Nesses locais a comunidade de insetos aquáticos pode apresentar diferenças com relação à sua estrutura e composição taxonômica, devido às particularidades do ambiente, uma vez que muitos táxons apresentam preferências individuais e são restritos a locais específicos (Resh & Rosenberg, 1984; Lancaster & Downes, 2013).

Além das características de substrato, fatores relacionados à sazonalidade também podem exercer papel estruturante na comunidade. Variações na temperatura da água podem causar alterações nas taxas metabólicas dos indivíduos e influenciar a distribuição dos mesmos ao longo do riacho (Allan & Castillo, 2007), além disso, o aumento nos valores de temperatura da água são uma das principais variáveis influenciando ciclo de vida, fecundidade e período de dormência (Sweeney & Vannote, 1986). Alterações nos índices de precipitação também exercem influência na estrutura e composição das comunidades aquáticas (Bispo *et al.*, 2001; 2004; 2006), uma vez que a mesma interage com fatores locais como velocidade da corrente, profundidade, oxigênio dissolvido (Souza *et al.*, 2014), aporte de matéria orgânica (Lisboa *et al.*, 2015) e tipo de substrato.

Outro fator que deve ser levado em consideração na avaliação ecológica da distribuição da comunidade de insetos aquáticos é a disponibilidade alimentar. Diferentes fontes de recursos são utilizadas por esses organismos: o perifíton que cresce aderido à superfície dos substratos (consumidos pelos raspadores), matéria orgânica grossa advinda da vegetação ripária (consumidos pelos fragmentadores), matéria orgânica fina e particulada (consumida pelos coletores e filtradores, respectivamente) e o número de presas (predadores) (Cummins & Klug, 1979). Dessa forma a distribuição do recurso alimentar ao longo do contínuo fluvial age como agente direcionador da distribuição da comunidade de insetos aquáticos (Vannote *et al.*, 1980). Em regiões de cabeceira, devido à grande entrada de matéria orgânica alóctone, há uma maior abundância de fragmentadores e coletores, devido à disponibilidade de grande quantidade de recurso alimentar. A presença de raspadores em regiões intermediárias é ocasionada pela mudança de estado trófico do ambiente ocasionado pela entrada de luz. A maior quantidade de matéria orgânica particulada, em trechos mais largos do ambiente, ocasiona um aumento na quantidade de organismos coletores. Os predadores estariam distribuídos ao longo do contínuo fluvial de acordo com a disponibilidade de presas (Vannote *et al.*, 1980).

Nesse contexto, a categorização dos organismos em grupos funcionais tem-se mostrado favorável como ferramenta para avaliação das alterações espaciais das comunidades com base nas condições ambientais (Boyero, 2005).

Dentre os insetos aquáticos, as ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera, comumente chamados de EPT, compreendem um diverso conjunto de táxons que desempenham importantes papéis ecológicos, participando ativamente na ciclagem de nutrientes e no processo de decomposição foliar (Wiggins & Mackay, 1978). Por possuírem uma elevada importância ecológica para os ambientes aquáticos, o conhecimento acerca de sua estrutura (riqueza, abundância e composição taxonômica) é fundamental para a compreensão da dinâmica dos sistemas. Além disso, são sensíveis às modificações ambientais, como poluição e fragmentação do habitat, sendo amplamente utilizados como indicadores ambientais da qualidade da água (Rosenberg & Resh, 1993).

As ninfas da ordem Ephemeroptera apresentam uma ampla distribuição nos ecossistemas aquáticos, podendo ser encontradas em ecossistemas lênticos e lóticos, ocupando todos os mesohabitats disponíveis (Domínguez & Fernández, 2009). Os diferentes gêneros dessa ordem mostram uma grande variedade de tolerância às condições ambientais (Flowers & De La Rosa, 2010), embora prefiram ambientes de água limpa e oxigenada e rios e córregos com fundo rochoso (Flowers & De La Rosa, 2010). As ninfas exibem uma grande variedade de estratégias alimentares podendo ser filtradoras, raspadoras, fragmentadoras, coletoras ou até mesmo predadoras (Salles *et al.*, 2004).

As ninfas da ordem Plecoptera podem ser encontradas sob pedras, troncos, galhos ou folhas caídas, tanto em ambiente de corredeira quanto em remanso e em ambientes bem oxigenados (Froehlich, 2009). Sua distribuição ainda pode ser influenciada pelas características químicas da água, altitude, temperatura e tipo de substrato. A alimentação pode variar de acordo com a espécie e com os estágios de desenvolvimento (Hynes, 1976), dessa forma desempenham importante papel como raspadores (Villanueva & Albariño, 1999), fragmentadores (Plague *et al.*, 1998) e predadores (Hynes, 1976).

A ordem Trichoptera é constituída por indivíduos estritamente aquáticos, sendo uma das mais diversas ordens entre os insetos aquáticos. Suas larvas habitam rios e córregos de águas limpas e bem oxigenadas (Springer, 2010) e apresentam grande versatilidade na ocupação de diferentes mesohabitats (Spies, 2009). Além disso, compreendem todas as categorias funcionais alimentares propostas por

Cummins & Klug (1979): fragmentadores, coletores, raspadores, perfuradores e predadores.

Dessa forma, o padrão de distribuição da comunidade de EPT pode estar associada à disponibilidade alimentar e as variações físicas do habitat, representando neste estudo pelos tipos de substrato e à sazonalidade.

Tendo em vista o que foi exposto anteriormente, as hipóteses do presente estudo são: (i) a comunidade de EPT apresentará diferenças quanto à sua distribuição e composição taxonômica entre os diferentes microhabitats, podendo ser alterada temporalmente devido às mudanças relacionadas aos valores de temperatura e precipitação; (ii) os gêneros de EPT apresentarão ocorrência associada aos tipos de habitats devido às particularidades de cada gênero; e (iii) os grupos alimentares funcionais (GAFs) de EPT apresentarão sua distribuição de acordo com a disponibilidade e preferência alimentar.

## 1.1 Objetivos

### *1.1.1 Objetivo geral*

Avaliar o uso de microhabitats por insetos aquáticos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera – EPT) em riachos subtropicais.

### *1.1.2 Objetivos específicos*

- I. Determinar a composição taxonômica da comunidade de EPT em diferentes microhabitats em riachos com distintos estados de conservação da vegetação ripária;
- II. Identificar e quantificar a contribuição de variáveis ambientais sobre os padrões de distribuição espacial das ninfas e larvas de EPT;
- III. Relacionar os gêneros de EPT com os microhabitats;
- IV. Levantar as variáveis ambientais que determinam a distribuição dos grupos tróficos de EPT.

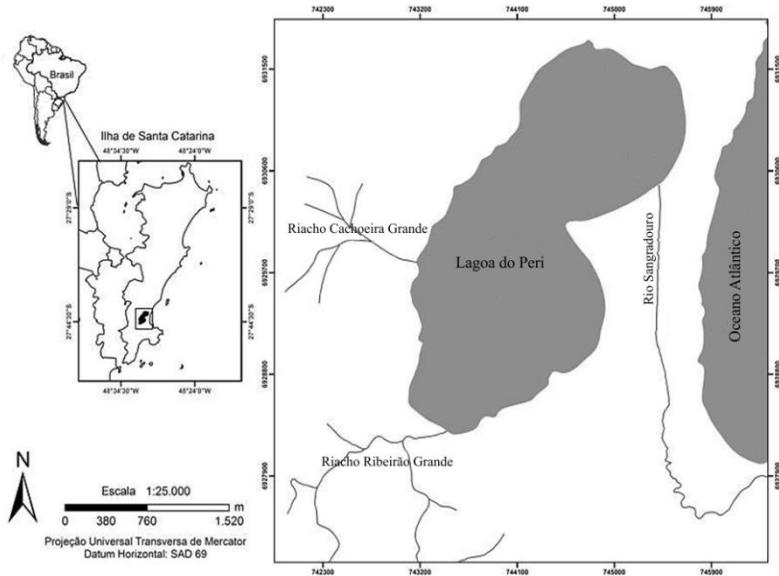
## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado no Parque Municipal da Lagoa do Peri (PMLP) (27°44'S e 48°31'W), uma área de preservação localizada ao sul da ilha de Santa Catarina. O PMLP é considerado uma das mais importantes áreas de proteção ambiental da ilha, compreendendo um dos últimos remanescentes de Mata Atlântica da região. Apresenta vegetação litorânea na planície costeira, onde há vegetação típica de restinga, e nas porções norte, oeste e sul, do entorno da Lagoa, apresenta cobertura florestal de Mata Atlântica em diferentes estágios de regeneração, incluindo uma área de floresta primária na parte de maior altitude (CECCA, 1997). Além disso, apresenta o maior manancial de água doce da ilha, a bacia hidrográfica da lagoa do Peri com 20,3 km<sup>2</sup> (CECCA, 1997).

Na porção oeste e sul da bacia hidrográfica encontram-se os dois principais tributários responsáveis pelo abastecimento da lagoa (Figura 2), as microbacias do Cachoeira Grande e do Ribeirão Grande, respectivamente. A microbacia do Cachoeira Grande (CG) é responsável pela drenagem de uma área de 1,66 km<sup>2</sup> e percorre uma extensão de 1,17 km até desaguar na lagoa (Dos Santos *et al.*, 1989). A vegetação de entorno apresenta características prístinas. A microbacia do Ribeirão Grande (RG) drena uma área de 6,98 km<sup>2</sup> e percorre uma área de 4,6 km até desaguar na lagoa (Dos Santos *et al.*, 1989). A vegetação ripária é estreita (cerca de 30 m) em estágio de conservação intermediário ocasionados por processos antrópicos, como agricultura de subsistência e pastoreio de gado.

O clima da região é caracterizado como Cfa, segundo Köppen, com ausência de estação seca, chuvas bem distribuídas ao longo do ano e verões rigorosos (Nascimento, 2002), mas dados dos últimos anos tem registrado maiores índices de precipitação para o período do verão (Lisboa *et al.*, 2015).



**Figura 2** – Parque Municipal da Lagoa do Peri com representação dos dois principais tributários da lagoa do Peri, microbacia do Cachoeira Grande e Ribeirão Grande, Florianópolis, SC. Adaptado de Sticca (2013).

## 2.2 Delineamento amostral

As amostras foram coletadas entre o inverno de 2010 (agosto) e o verão de 2011 (fevereiro). A amostragem foi realizada seguindo um delineamento amostral hierárquico que abrangeu as seguintes escalas espaciais: substrato (microhabitats), trechos de riachos (mesohabitat) e microbacias. Dois tipos de substratos foram aninhados dentro de trechos de remanso e corredeira de três riachos aninhados em duas microbacias.

Foram selecionados três riachos de 1<sup>a</sup> a 3<sup>a</sup> ordem da microbacia Cachoeira Grande, uma área preservada, e três riachos da microbacia do Ribeirão Grande, área com vegetação ripária em estado de conservação intermediária, ambos situados no Parque Municipal da Lagoa do Peri. Em cada riacho foram selecionados dois tipos de microhabitats predominantes em trechos de corredeira: i) Pedra/Corredeira (PC) e ii) Folha/Corredeira (FC) e dois em trechos de remanso: iii) Folha/Remanso (FR) e e iv) Pedra/Remanso (PR). Estes microhabitats (Figura 3) foram definidos de acordo com categorização proposta por

Frissel *et al.*, (1986), sendo priorizada áreas homogêneas de cada substrato e mais distantes quanto possível uma da outra.

Em cada microhabitat (substratos) foram coletadas quatro réplicas, totalizando 192, com o auxílio de um amostrador tipo Surber (Silveira *et al.*, 2004), com área reduzida de 0,0361 m<sup>2</sup> e malha de 250 µm. Após a coleta, as amostras foram levadas ao laboratório de Ecologia de Águas Continentais, lavadas sob peneira de malha 250 µm, fixadas e conservadas em álcool 80% para posterior triagem e identificação até o menor nível taxonômico possível com auxílio de microscópio estereoscópico, chaves taxonômicas (Domínguez & Fernández, 2009; Pes *et al.*, 2005), descrições taxonômicas e auxílio de especialistas. Os gêneros de EPT foram enquadrados nas categorias funcionais alimentares propostas por Cummins & Klug (1979), baseando-se em dados da literatura (Hynes, 1976; Plague *et al.*, 1998; Villanueva & Albariño, 1999; Siegloch, 2006; Spies, 2009).



**Figura 3** – Microhabitats amostrados nas microbacias do Cachoeira Grande e Ribeirão Grande no Parque Municipal da Lagoa do Peri, Florianópolis, SC. (A) Folha-Corredeira; (B) Pedra-Corredeira; (C) Pedra-Remanso; (D) Folha-Remanso.

### 2.3 Caracterização do habitat

Em cada ponto de coleta foram mensuradas as seguintes variáveis ambientais seguindo métodos padrões: a) velocidade da água (m.s-1) – pelo método do flutuador (Lind, 1979); b) profundidade (cm) – com trena; c) condutividade elétrica (µS.cm-1) – condutivímetro; d) oxigênio dissolvido (mg.L-1) – oxímetro; e) potencial hidrogeniônico

(pH) – pHmetro; e f) disponibilidade alimentar – quantificada pela quantidade de matéria orgânica grossa retida.

## 2.4 Análise de dados

Variações na estrutura e composição da comunidade de EPT entre as diferentes estações do ano, microbacias, mesohabitats e microhabitats foram verificadas através da análise de escalonamento multidimensional (MDS), obtidas a partir da matriz de similaridade de Bray-Curtis das médias da abundância de todo período transformados em log. A fim de testar a existência de diferenças significativas na estrutura da comunidade de EPT entre as estações do ano (verão e inverno), microbacias (Cachoeira Grande e Ribeirão Grande), entre mesohabitats (Corredeira e Remanso) e entre os microhabitats (Folha-Corredeira, Pedra-Corredeira, Pedra-Remanso e Folha-Remanso), foi realizada uma análise multivariada com permutações (PERMANOVA), usando o índice de Bray-Curtis para semelhanças entre as amostras. Os testes acima citados foram realizados com o auxílio do programa Primer 6 & PERMANOVA+ (Clarke & Gorley, 2006).

O efeito das variáveis ambientais na estrutura da comunidade foi mensurado por meio de uma análise de correspondência canônica (CCA), calculado por meio da média de abundância dos gêneros por microhabitat e das médias das variáveis ambientais, também calculadas por microhabitat. Já para os grupos alimentares funcionais, uma análise de redundância baseada em distância (dbRDA) foi feita utilizando as médias de abundância dos grupos e médias das variáveis ambientais. A escolha das análises de CCA e dbRDA foi baseada nos valores obtidos através da função decorana (Hill & Gauch, 1980), utilizada para verificar o comprimento dos gradientes: valores acima de quatro usa-se CCA, já para valores menores do que três usa-se a dbRDA.

A análise de espécies indicadoras (Dufrêne & Legendre, 1997) foi realizada para determinar a relação dos gêneros de EPT e pelos grupos alimentares funcionais com os microhabitats. A análise estabelece taxa indicadores de certas condições ambientais, sendo os valores de indicação calculados combinando informações de frequência de ocorrência e abundância dos gêneros em cada grupo (microhabitat) estabelecidos a priori. Cada gênero recebe um valor indicador de cada grupo, que varia de 0 a 100. O teste de Monte Carlo (aleatorização) foi empregado para verificar a significância do valor indicador máximo para um grupo, utilizando 5.000 permutações. A análise foi realizada no programa PC-ORD 5.33 (McCune & Mefford, 2006).

### 3 RESULTADOS

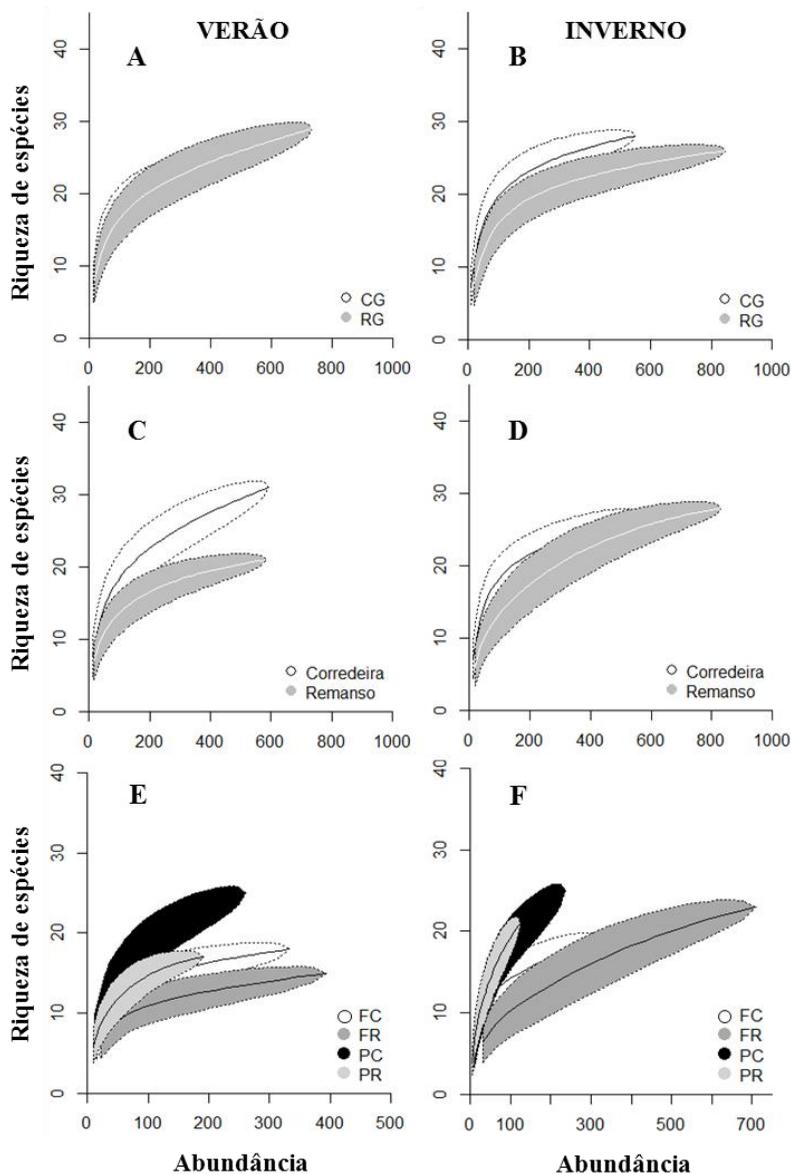
#### 3.1 Estrutura da comunidade de EPT

Foram identificados 2574 indivíduos de EPT nos seis riachos amostrados no PMLP, distribuídos em 17 famílias e 40 gêneros (Tabela 1). A ordem Ephemeroptera foi mais abundante com 51,8% dos indivíduos coletados, distribuídos em cinco famílias e 17 gêneros, dos quais, a família Leptophlebiidae apresentou maior riqueza taxonômica, com sete gêneros identificados. Os gêneros mais abundantes foram *Miroculis* (26,95%), *Farrodes* (12,9%) e *Americabaetis* (5,2%), representando 45,05% da amostragem. A ordem Trichoptera apresentou abundância de 37,9% e apresentou maior riqueza taxonômica, com 10 famílias e 18 gêneros. A família Leptoceridae apresentou maior riqueza de gêneros, *Nectopsyche*, *Notalina*, *Oecetis* e *Triplectides*. Os mais abundantes foram *Smicridea* (27,38%), *Phylloicus* (21,94%) e *Triplectides* (17,43%). A ordem Plecoptera foi a menos abundante, com 10,3% dos indivíduos coletados e representada por apenas duas famílias e cinco gêneros, dos quais *Anacroneuria* (6,85%), *Kempnyia* (1,75%) e *Paragripopteryx* (1,34%) foram os mais abundantes.

**Tabela 1** – Composição taxonômica da comunidade Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) coletados nos quatro tipos de microhabitats, entre o inverno de 2010 e o verão de 2011, em riachos de baixa ordem do Parque Municipal da Lagoa do Peri, Florianópolis, SC. (GAF): Grupos Alimentares Funcionais; (C): Coletor; (CA): Coletor-Apanhador; (R): Raspador; (RC): Raspador-Coletor; (CF/R): Coletor-Filtrador/Raspador; (P): Predador; (CF): Coletor-Filtrador; (PER): Perfurador; (F): Fragmentador; (F/C): Folha/Corredeira; (P/C): Pedra/Corredeira; (F/R): Folha/Remanso; (P/R): Pedra/Remanso. \* indica a inexistência de informação sobre o grupo alimentar funcional.

		Cachoeira Grande								Ribeirão Grande									
		Verão				Inverno				Verão				Inverno					
		GA	FC	PC	PR	FR	FC	PC	PR	FR	FC	PC	PR	FR	FC	PC	PR	FR	
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Americabaetis</i>	C	4	4	3	15	2	5	3	19	8	12	12	7	19	0	5	16
		<i>Aturbina</i>	CA	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Baetodes</i>	R	5	16	0	0	2	7	6	0	0	3	0	0	0	0	0	0
		<i>Cloodes</i>	C	0	0	13	1	0	1	20	2	0	1	9	0	0	2	4	0
		<i>Paracloodes</i>	CA	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Tupiara</i>	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
		Caenidae	<i>Caenis</i>	RC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
		Euthyplociidae	<i>Campylocia</i>	CF/R	0	1	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
		Leptohyphidae	<i>Traverhyphes</i>	C	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
			<i>Tricorythopsis</i>	C	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	2	0
	Leptoptelebiidae	<i>Askola</i>	R	0	1	5	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
		<i>Farrodes</i>	RC	14	3	7	16	21	46	18	0	17	24	29	0	55	48	9	25
		<i>Homotraulius</i>	RC	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	9	0
		<i>Massartela</i>	R	0	0	0	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	1	0
		<i>Miroculis</i>	R	0	3	11	18	0	1	7	87	11	0	35	137	3	4	12	365
		<i>Thraulodes</i>	RC	0	13	3	0	1	15	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Ulmeritoides</i>	RC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacronetia</i>	P	42	20	4	1	15	6	0	1	24	13	0	1	43	5	1	0
		<i>Kempnyia</i>	P	1	0	0	0	11	1	3	11	3	0	0	0	3	0	0	12
	Gripopterygidae	<i>Gripopteryx</i>	RC	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
		<i>Paragripopteryx</i>	CF	4	1	0	0	7	1	0	1	2	0	1	15	0	0	1	
		<i>Tupiperla</i>	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0	0	
Trichoptera	Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	F	17	3	25	54	5	1	0	20	20	5	1	33	10	0	1	19
	Ecnomidae	<i>Austrotinodes</i>	CF	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
	Glossosomatidae	<i>Itauara</i>	R	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
	Helicopsyche	<i>Helicopsyche</i>	R	4	18	5	1	1	8	1	0	0	5	11	12	0	0	0	2
	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	P	4	0	0	0	23	4	0	0	2	0	0	0	23	2	0	0
	Hydroptilidae	<i>Anchitrichia</i>	C	4	7	0	0	10	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Metrichia</i>	PER	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	
		<i>Neotrichia</i>	R	0	2	2	0	0	2	0	2	0	12	0	0	5	1	1	
		Hydropsychidae	<i>Macronema</i>	CF	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	10	0	2	12
			<i>Smicridea</i>	CF	10	2	1	0	6	15	0	0	101	65	4	13	19	28	2
		Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i>	F	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	6	0	0	1	2
			<i>Notalina</i>	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
			<i>Oecetis</i>	P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
			<i>Tripletides</i>	F	0	2	2	33	0	0	5	81	0	1	1	27	1	0	0
	Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	CF	2	3	0	0	0	7	1	0	17	3	0	0	16	0	0	
		<i>Wormaldia</i>	CF	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	10	1	0	0	
	Polycentropodidae	<i>Ceratomyza</i>	P	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
		<i>Polypsectropus</i>	P	0	5	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
Abundância				112	105	83	143	105	133	74	236	220	156	108	251	220	104	50	474
Riqueza				13	18	13	12	13	21	15	17	14	18	13	11	14	12	13	12

Ao comparar a riqueza estimada pelo método da rarefação para o verão e o inverno, a maior riqueza de gêneros foi registrada para a microbacia do Ribeirão Grande no verão (4 - A) e no inverno para o Cachoeira Grande (4 - B). Quando comparada a riqueza entre os mesohabitats a maior riqueza de gêneros foi observada para o trecho de corredeira no verão (4 - C) e para remanso no inverno (4 - D). Entre os microhabitats a maior riqueza foi observada para pedra-corredeira para o verão (4 - E) e para o inverno (4 - F).



**Figura 4** – Curvas de rarefação para os gêneros de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) para microbacias (A e B), mesohabitats (C e D) e microhabitats (E e F) coletados no inverno de 2010 e no verão de 2011 no Parque Municipal da Lagoa do Peri, Florianópolis, SC. PC:

Pedra-Corredeira; FC: Folha-Corredeira; FR: Folha-Remanso; PR: Pedra-Remanso.

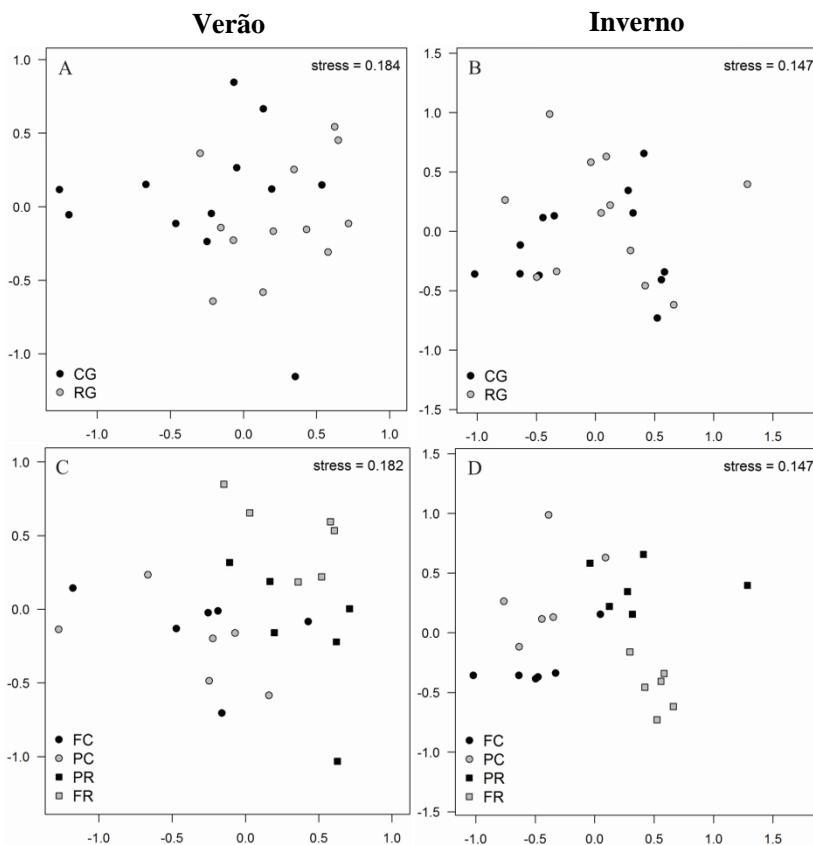
Na escala de microbacias, o Cachoeira Grande apresentou 991 indivíduos (38,5%) do total de 2574 imaturos de EPT amostrados. No verão foram coletados 443 imaturos (17,2%) sendo Trichoptera a ordem mais abundante com 210 indivíduos (8,15%) seguido pela ordem Ephemeroptera com 159 (6,18%) e pela ordem Plecoptera com 74 imaturos amostrados (2,87%). No inverno foram coletados 548 indivíduos de EPT (21,3%) dos quais Ephemeroptera apresentou maior abundância com 280 (10,9%), Trichoptera com 211 (8,2%) e Plecoptera com 57 (2,2%).

O Ribeirão Grande apresentou maior número de indivíduos coletados, 1583 (61,5%) do total. No verão foi amostrado um total de 735 imaturos (28,55%). A ordem Trichoptera apresentou uma abundância de 374 indivíduos (14,5%) seguidos pela ordem Ephemeroptera com 315 (12,2%) e pela ordem Plecoptera com 46 imaturos (1,8%). No inverno foram identificados 848 imaturos de EPT (32,95%). Ephemeroptera foi mais abundante com 581 imaturos (22,55%), já Trichoptera apresentou abundância de 180 indivíduos (7%) e Plecoptera apenas 87 (3,4%).

Com relação à distribuição dos gêneros de EPT na escala de microhabitats, a maior abundância foi registrada para FR com 1106 imaturos (42,97%), seguido por FC com 657 (25,52%), PC com 498 (19,35%) e PR com 313 imaturos (12,16%). FR apresentou maior abundância de Ephemeroptera e os gêneros mais abundantes foram *Miroculis* (Ephemeroptera), *Triplectides* e *Phylloicus* (Trichoptera), 717, 360 e 29 imaturos, respectivamente. Para FC, Trichoptera foi a ordem com maior abundância e *Smicridea* (Trichoptera), *Anacroneuria* (Plecoptera), e *Farrodes* (Ephemeroptera) foram os gêneros mais abundantes, 136, 124 e 107 indivíduos, respectivamente. Para PC, Trichoptera apresentou maior abundância e os gêneros mais representativos foram *Farrodes* (Ephemeroptera), *Smicridea* (Trichoptera) e *Anacroneuria* (Plecoptera) com 121, 110 e 44 indivíduos, respectivamente. Já para PR a ordem Ephemeroptera apresentou maior abundância seguida por Trichoptera e por Plecoptera. Os gêneros mais abundantes foram *Miroculis*, *Farrodes* e *Cloedes* (Ephemeroptera), 237, 68 e 8 indivíduos, respectivamente.

A análise de ordenação NMDS mostrou que a estrutura da comunidade de EPT variou entre as escalas espaciais analisadas. Não houve clara distinção da comunidade entre as microbacias tanto no

período do verão (Figura 5 – A) e inverno (Figura 5 – B). Na escala de mesohabitat foi possível observar a formação de dois grupos distintos no verão: (Figura 5 – C), um formado pelas amostras de corredeira e outro por amostras de remanso. Na escala de microhabitat, no inverno foi possível observar o agrupamento da comunidade nos quatro diferentes substratos (Figura 5 – D).

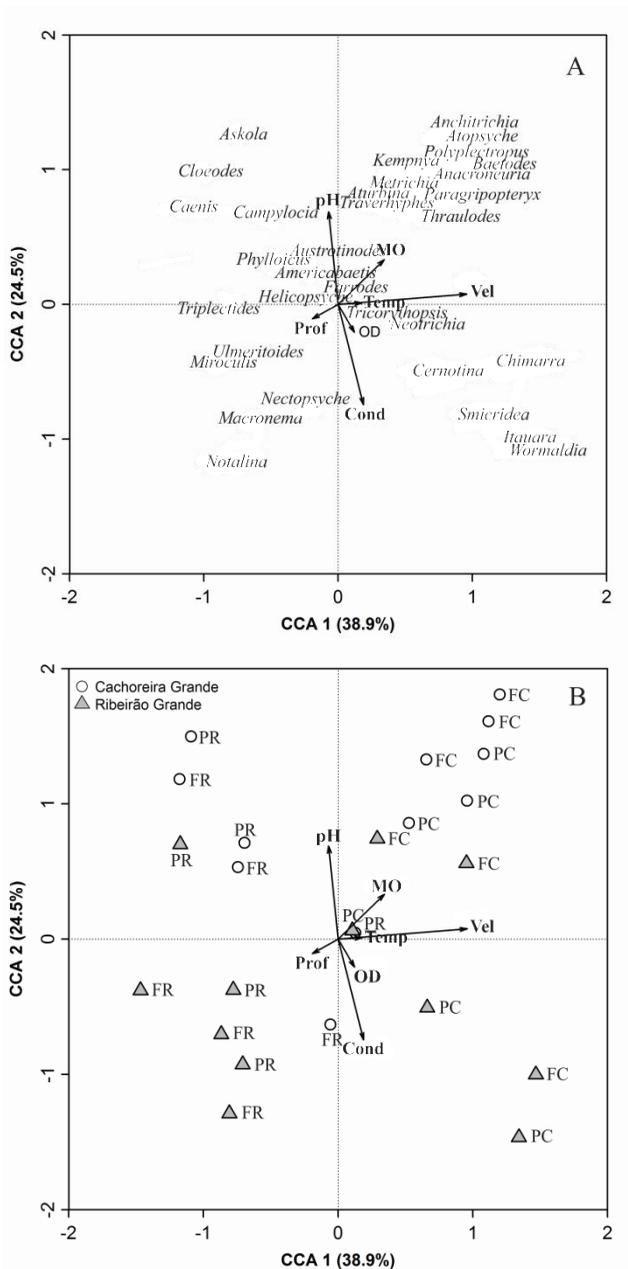


**Figura 5** – Escalonamento Multidimensional não-métrico (NMDS) dos gêneros de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) nas diferentes estações amostradas para os riachos Cachoeira Grande (CG) e Ribeirão Grande (RG) e para os diferentes microhabitats, Folha/Corredeira (FC); Pedra/Corredeira (PC); Pedra/Remanso (PR) e Folha/Remanso (FR). Verão (A); Inverno (B); Verão (C) e Inverno (D), amostrados no Parque Municipal da Lagoa do Peri, Florianópolis, SC.

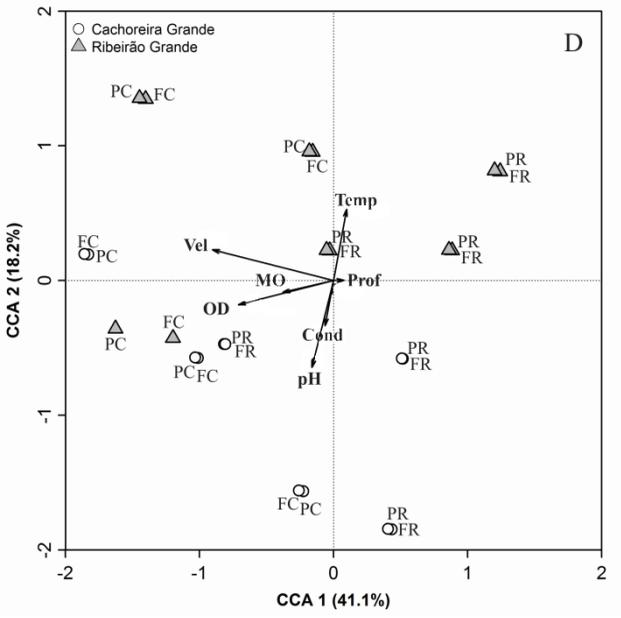
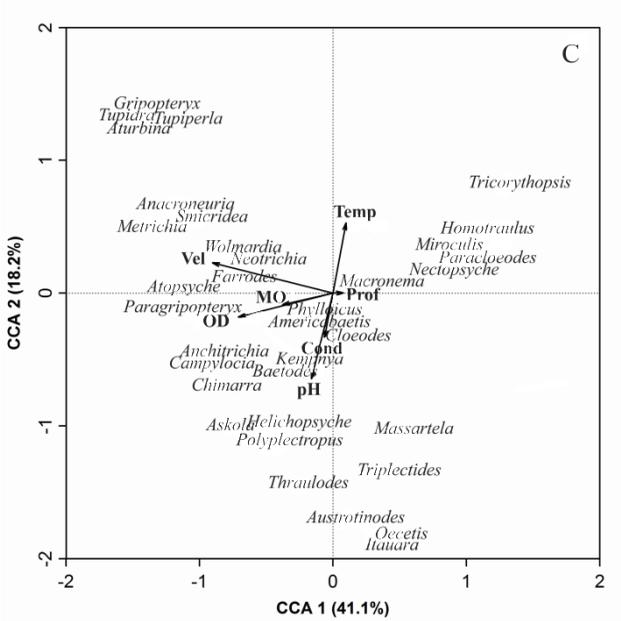
A comunidade de EPT apresentou variação significativa entre o período do verão e inverno (PERMANOVA,  $F=3,61$  e  $p=0,002$ ). A análise também evidenciou variação significativa da comunidade de EPT entre os trechos de corredeira e remanso (mesohabitat) e substratos (microhabitat) (PERMANOVA,  $F=1,91$  e  $p=0,01$ ; PERMANOVA,  $F=2,47$  e  $p=0,01$ , respectivamente). Já entre as duas microbacias e ordens de riachos não houve variação significativa da comunidade de EPT (PERMANOVA,  $F=2,93$  e  $0,06$ ; PERMANOVA,  $F=0,39$  e  $p=0,99$ , respectivamente).

Ao investigar as variáveis ambientais que explicaram a estrutura da comunidade encontrada neste estudo, a análise de correspondência canônica (CCA), para o verão (Figura 6 – A e B) separou as amostras dos trechos de corredeira e remanso. O primeiro e o segundo eixo juntos explicaram 63,41% da variância dos dados (ANOVA,  $F_{7,16}=1,8543$  e  $p=0,001$ ). O primeiro eixo (CCA1,  $F=5,0559$  e  $p=0,001$ ) explicou 38,95% do total de variância e foi associado à velocidade da água, temperatura da água, matéria orgânica e profundidade. Já o segundo eixo (CCA2,  $F=3,1747$  e  $p=0,004$ ) explicou 24,46% da variância total e as variáveis correlacionadas foram pH, oxigênio dissolvido e condutividade. Além disso, foi possível observar a associação direta de alguns gêneros de EPT com os trechos de corredeira e locais com maior disponibilidade de matéria orgânica (Figura 6 – A).

Para o inverno (Figura 6 – C e D), a CCA também mostrou uma separação das amostras coletadas em corredeira e remanso. Os dois primeiros eixos explicaram 59,27% da variância da comunidade (ANOVA,  $F_{7,16}=1,7971$  e  $p=0,056$ ). O primeiro eixo (CCA1,  $F=5,1707$  e  $p=0,001$ ) foi responsável pela variância de 41,1% e correlação com velocidade da água, oxigênio dissolvido, matéria orgânica e profundidade. Já o segundo eixo (CCA2,  $F=2,2854$  e  $p=0,018$ ) representou 18,17% da variância e as variáveis correlacionadas foram temperatura da água, condutividade e pH.



Continua na próxima página.



**Figura 6** – Análise de Correspondência Canônica (CCA) entre os gêneros de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) e das variáveis ambientais para riacho Cachoeira Grande e Ribeirão Grande para o período do verão (A e B) e para inverno (C e D). PC: Pedra-Corredeira; FC: Folha-Corredeira; FR: Folha-Remanso; PR: Pedra-Remanso; Temp.: temperatura da água; Vel.: velocidade de corrente; Prof.: profundidade; Cond.: condutividade; OD: oxigênio dissolvido; MO: matéria orgânica.

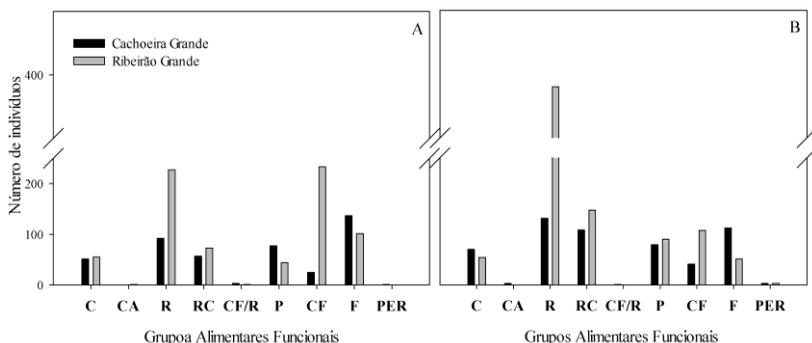
A análise de *taxa* indicadora (ISA) indicou alguns gêneros para a escala de microbacias e microhabitats (Tabela 2). Cinco gêneros (*Tricorythopsis*, *Miroculis*, *Macronema*, *Smicridea* e *Wormaldia*) foram indicadores da microbacia do Ribeirão Grande com estado de conservação intermediário da vegetação ripária, já quatro gêneros (*Baetodes*, *Thraulodes*, *Anchitrichia* e *Polyplectropus*) foram indicadores da microbacia do Cachoeira Grande que possui mata ciliar melhor conservada. Com relação aos microhabitats os gêneros *Miroculis*, *Phylloicus*, *Macronema* e *Tripletides* indicaram o microhabitat de folha-remanso; *Baetodes*, *Farrodes*, *Thraulodes*, *Metrichia* e *Neotrichia* indicaram pedra-corredeira; *Cloeodes* e *Homotraululus* foram indicativos de pedra-remanso; e *Anacroneuria*, *Paragripopteryx*, *Atopsyche*, *Smicridea*, *Chimarra* e *Wormaldia* indicaram o microhabitat de folha-corredeira.

**Tabela 2** – Resultado da análise de taxa indicador para os gêneros de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) coletados no inverno de 2010 e no verão de 2011 em quatro tipos de microhabitats das microbacias localizadas no Parque Municipal da Lagoa do Peri, Florianópolis, SC. O nível de significância considerado foi de  $p < 0,05$ . VI: Valor de Indicação; CG: microbacia do Cachoeira Grande; RG: microbacia do Ribeirão Grande; FC: Folha-Corredeira; PR: Pedra-Remanso; PC: Pedra-Corredeira; FR: Folha-Remanso.

	Microbacia			Microhabitat		
		VI	<i>p</i>		VI	<i>p</i>
<b>EPHEMEROPTERA</b>						
<b>Baetidae</b>						
<i>Baetodes</i>	CG	12,1	0,0046	PC	12,5	0,0110
<i>Cloodes</i>	-	-	-	PR	22,1	0,0004
<b>Leptohyphidae</b>						
<i>Tricorythopsis</i>	RG	5,7	0,0438	-	-	-
<b>Leptophlebiidae</b>						
<i>Farrodes</i>	-	-	-	PC	23,8	0,0264
<i>Homotraulius</i>	-	-	-	PR	7,1	0,0278
<i>Miroculis</i>	RG	29,9	0,0050	FR	60,1	0,0002
<i>Thraulodes</i>	CG	17,9	0,0004	PC	18,5	0,0006
<b>PLECOPTERA</b>						
<b>Perlidae</b>						
<i>Anacroneuria</i>	-	-	-	FC	29,3	0,0002
<b>Gripopterygidae</b>						
<i>Paragripopteryx</i>	-	-	-	FC	20,9	0,0008
<b>TRICHOPTERA</b>						
<b>Calamoceratidae</b>						
<i>Phylloicus</i>	-	-	-	FR	38,4	0,0002
<b>Hidrobiosidae</b>						
<i>Atopsyche</i>	-	-	-	FC	37,7	0,0002
<b>Hidroptilidae</b>						
<i>Anchitrichia</i>	CG	19,0	0,0002	-	-	-
<i>Metrichia</i>	-	-	-	PC	11,6	0,0024
<i>Neotrichia</i>	-	-	-	PC	10,8	0,0236
<b>Hydropsychidae</b>						
<i>Macronema</i>	RG	12,8	0,0082	FR	18,1	0,0006
<i>Smicridea</i>	RG	28,0	0,0014	FC	23,2	0,0048
<b>Leptoceridae</b>						
<i>Triplectides</i>	-	-	-	FR	56,8	0,0002
<b>Philopotamidae</b>						
<i>Chimarra</i>	-	-	-	FC	11,0	0,0402
<i>Wormaldia</i>	RG	8,0	0,0104	FC	12,8	0,0010
<b>Polycentropodidae</b>						
<i>Polyplectropus</i>	CG	7,1	0,0126	-	-	-

A estrutura funcional da comunidade de EPT foi avaliada através de nove grupos alimentares funcionais (GAFs). Os gêneros foram classificados em Coletor (C), Coletor-Apanhador (CA), Coletor-Filtrador/Raspador (CF/R), Coletor-Fragmentador (CF), Fragmentador (F), Perfurador (PER), Predador (P), Raspador (R) e Raspador-Coletor (RC). Das três ordens de insetos identificadas a ordem Trichoptera contribuiu com o maior número de GAFs: fragmentador, coletor-fragmentador, raspador, predador, coletor e perfurador, já a ordem Plecoptera contribuiu com o menor número: coletor, coletor-fragmentador, predador e raspador-coletor.

Os GAFs apresentaram uma distribuição variada entre as duas estações do ano e entre microbacias (Figura 7). Os mais abundantes foram: raspador com 845 indivíduos (32,84%), coletor-fragmentador com 406 indivíduos (15,78%), fragmentador com 401 indivíduos (15,58%), raspador-coletor com 385 indivíduos (14,96%), predador com 290 (11,27%) e coletor com 230 indivíduos (8,94%).



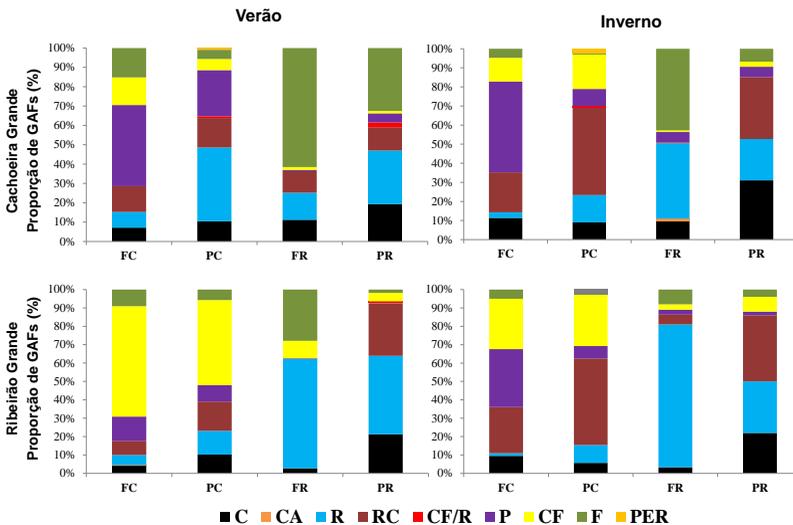
**Figura 7** – Distribuição dos Grupos Alimentares Funcionais (GAFs) de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) para riacho Cachoeira Grande e Ribeirão Grande no período do verão (A) e inverno (B), amostrados no Parque Municipal da Lagoa do Peri, Florianópolis, SC. Coletor (C); Coletor-Apanhador (CA); Raspador (R); Raspador-Coletor (RC); Coletor-Filtrador/Raspador (CF/R); Predador (P); Coletor-Filtrador (CF); Perfurador (PER); Fragmentador (F).

No verão (Figura 7 – A), os GAFs mais abundantes foram os raspadores com 319 (27,08%), seguidos por coletor-filtrador com 258 (21,9%) e pelos fragmentadores com 238 (20,2%). Para o riacho Cachoeira Grande, os GAFs mais abundantes foram os fragmentadores

com 137 (11,63%) indivíduos, raspadores com 92 (7,18%) e predadores com 77 (6,54%). Para o Ribeirão Grande os mais abundantes foram coletor-fragmentador com 233 (19,78%) indivíduos, raspador com 227 (19,27%) e fragmentador com 101 (8,57%).

Para inverno (Figura 7 – B) a maior abundância registrada foi para raspadores, com 526 indivíduos (37,71%), raspador-coletor com 255 (18,28%) e predadores com 169 (12,11%). No Cachoeira Grande, a maior abundância foi de raspadores, com 131 indivíduos (9,39%), fragmentadores com 112 (8,03%) e raspador-coletor com 108 indivíduos (7,74%). Para o Ribeirão Grande houve maior abundância de raspador com 395 indivíduos (28,32%), raspador-coletor com 147 (10,54%) e coletor-filtrador com 107 indivíduos (7,67%).

A análise PERMANOVA não mostrou diferenças significativas dos GAFs entre inverno e verão (PERMANOVA, Pseudo-F=1,2978 e  $p=0,27$ ). Com relação às escalas de microbacia (PERMANOVA, Pseudo-F=2,0053 e  $p=0,067$ ), ordens de riachos (PERMANOVA, Pseudo-F=0,4332 e  $p=0,988$ ) e mesohabitat (PERMANOVA, Pseudo-F=1,5638 e  $p=0,074$ ) os GAFs também não diferiram significativamente. Apenas entre os microhabitat, os GAFs apresentaram diferenças significativas (PERMANOVA, Pseudo-F=2,3982 e  $p=0,001$ ).

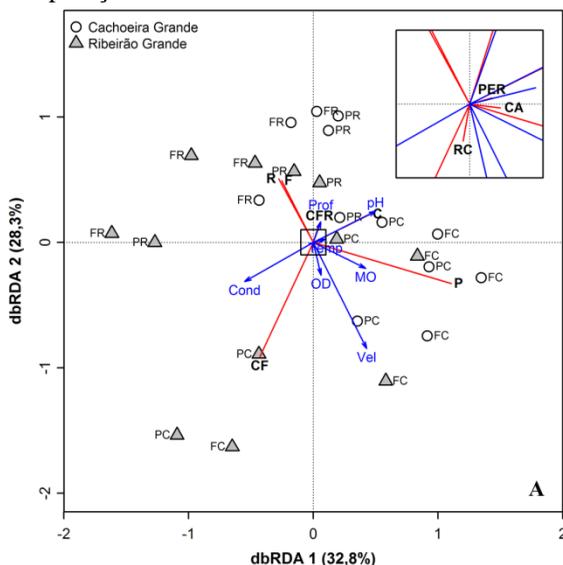


**Figura 8** – Proporção dos Grupos Alimentares Funcionais (GAFs) de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) para os diferentes

microhabitats amostrados nas microbacias do Cachoeira Grande e Ribeirão Grande no Parque Municipal da Lagoa do Peri, Florianópolis, SC, durante o período do verão e no inverno. FC: Folha-Corredeira; PC: Pedra-Corredeira; FR: Folha-Remanso; PR: Pedra-Remanso. Coletor (C), Coletor-Apanhador (CA), Coletor-Filtrador/Raspador (CF/R), Coletor-Fragmentador (CF), Fragmentador (F), Perfurador (PER), Predador (P), Raspador (R) e Raspador-Coletor (RC).

A análise de redundância (RDA), para o verão (Figura 9 – A), mostrou que a somatória dos eixos explicou 61,1% da variância dos GAFs de EPT. O primeiro eixo foi associado com matéria orgânica (MO), pH, temperatura da água e condutividade e explicou 32,8% da variância. Já o segundo eixo foi correlacionado com profundidade, oxigênio dissolvido (OD) e velocidade da corrente e explicou 28,3% da variância. A análise mostrou a separação das amostras coletadas em trechos de corredeira e remanso.

Para o inverno (Figura 9 – B), a somatória dos eixos explicou 72,2% da variância dos GAFs. O primeiro eixo foi correlacionado com velocidade da corrente, oxigênio dissolvido (OD) e matéria orgânica (MO) e explicou 49,1% da variância. Já a profundidade, pH, temperatura da água e condutividade apresentaram correlação com o segundo eixo, o qual explicou 23,1% do total da variância. A análise mostrou a separação das amostras de trechos de corredeira e remanso.





## 4 DISCUSSÃO

### 4.1 Estrutura da comunidade de EPT

Neste estudo foi corroborada a hipótese que houve variação temporal e espacial dos gêneros de EPT entre os diferentes microhabitats avaliados. A variação temporal na estrutura da comunidade parecerelacionada com as variações sazonais de precipitação (Bispo *et al.*, 2004), temperatura (Bispo & Oliveira, 2007) e período de senescência da vegetação ripária, o que resultou, respectivamente, no carreamento da fauna (efeito de *drift*), maior atividade metabólica e regulação do ciclo de vida, e disponibilidade alimentar para a fauna com a entrada de matéria orgânica alóctone. Variações da temperatura da água podem causar mudanças nas taxas metabólicas dos organismos, influenciando a distribuição dos mesmos nas diferentes estações do ano (Sweeney & Vannote, 1986).

A variação da abundância e composição taxonômica dos gêneros de EPT podem ser atribuídas aos diferentes tipos de substratos (microhabitats) disponíveis para a colonização (Buss *et al.*, 2004) e distribuição do recurso alimentar (Vannote *et al.*, 1980). Além disso, a vegetação do entorno, em riachos de baixa ordem, é o principal responsável pelo aporte de matéria orgânica para o sistema e dessa forma é a principal fonte energética para o ambiente (França *et al.*, 2009). O aporte de matéria orgânica advindo da vegetação ciliar proporciona a formação de habitats para a colonização dos organismos, refúgio contra predadores e locais de ovoposição para a fauna (Salles & Ferreira-Junior, 2014). Dessa forma, vários descritores locais estão envolvidos na estruturação e distribuição da comunidade de insetos aquáticos, especialmente EPT, sendo fatores associados a qualidade da água, ao substrato, a disponibilidade alimentar e aos diferentes estádios de conservação da vegetação ripária podem direcionar o estabelecimento dos organismos (Lemes-Silva, 2014; Siegloch *et al.*, no prelo).

A maior abundância de Ephemeroptera encontrada nesse estudo parece associada ao elevado número de espécies da ordem e pela ampla ocupação de diversificados habitats em um ambiente aquático. Atualmente são conhecidas aproximadamente 3045 espécies, distribuídas em 405 gêneros e 42 famílias (Brittain & Sartori, 2003; Barber-James *et al.*, 2008) sendo 342 espécies, 10 famílias e 77 gêneros registrados para o Brasil (Salles *et al.*, 2015). Outro fator atrelado à maior representatividade da ordem é a elevada riqueza de gêneros encontrados para Baetidae e Leptophlebiidae. A família Baetidae é um

dos grupos mais representativos da ordem, em número de gêneros são inferiores apenas aos Leptophlebiidae, além disso, ambas as famílias apresentam grande versatilidade na ocupação dos habitats disponíveis no ecossistema (Salles, 2006).

A maior riqueza encontrada para Trichoptera é justificada pelo fato do grupo compreender uma das maiores ordens de insetos estritamente aquáticos, com aproximadamente 12600 espécies descritas distribuídas em 46 famílias (de Moor & Ivanov, 2008), apresentarem ampla distribuição pelo globo terrestre e versatilidade na ocupação de diferentes microhabitats (Anderson, 1976; Spies, 2009). Para o Brasil são registradas 656 espécies distribuídas em 70 gêneros e 16 famílias (Santos *et al.*, 2015). Com relação à ordem, era esperado encontrar uma maior abundância do grupo no local estudado, como já observado em trabalhos anteriores (Siegloch *et al.*, no prelo; Schmitt *et al.*, submetido), mas tal resultado pode ter sido mascarado pela elevada abundância de Baetidae e Letophlebiidae, famílias de Ephemeroptera que não apresentam especificidades na ocupação de habitats.

Apesar da ordem Plecoptera apresentar uma distribuição mais limitada (Bispo *et al.*, 2002), houve maior abundância de Plecoptera para o riacho Ribeirão Grande, ambiente com vegetação ripária em estado intermediário de conservação, diferindo de trabalhos anteriores realizados na mesma região, onde *Kempynia* e *Tupiperla* (Perlidae) apresentaram ocorrência apenas em ambientes com alta complexidade de vegetação ripária (Siegloch *et al.*, no prelo). De acordo Hynes (1976) a distribuição do grupo é limitada a ambientes com temperaturas mais baixas, já em locais mais quentes a distribuição das espécies ocorre em regiões com a presença de densa vegetação ripária, além disso, algumas espécies só ocorrem especificamente em determinados tipos de substratos. Bispo *et al.* (2002) em estudo realizado na região central do Brasil encontraram que a abundância de Plecoptera foi influenciada pelas ações antrópicas no ambiente. Dessa forma, as perturbações registradas na microbacia do Ribeirão Grande parecem não ter influenciado a ocorrência de Plecoptera.

A maior abundância de EPT observada para a microbacia Ribeirão Grande, tanto para o verão quanto para o inverno, parece atribuída à maior disponibilidade de produção primária proveniente da maior entrada de luz no sistema, que ocasiona aumento da comunidade perifítica (Von Schiller *et al.*, 2007), favorecendo organismos que se alimentam dos produtores primários. Além disso, também pode estar relacionada ao maior aporte de matéria orgânica particulada proveniente do entorno. Os gêneros indicadores para a microbacia (*Tricorythopsis*,

*Miroculis*, *Macronema*, *Smicridea* e *Wormaldia*) apresentam hábito alimentar condizente com as características do riacho e a maior proporção de coletor-filtrador reflete ao maior aporte de matéria orgânica fina. Além disso, a maior abundância registrada no Ribeirão Grande pode estar associada ao aumento na abundância de organismos mais tolerantes às condições do ambiente (Azrina *et al.*, 2006; Amaral *et al.*, 2015), como *Miroculis* e *Farrodes* (Ephemeroptera), gêneros que apresentam uma ampla distribuição no ecossistema, podem ser encontrados em diversos tipos de substratos e apresentam maior tolerância às modificações ambientais (Domínguez *et al.*, 2006). Fatores relacionados à perda do habitat, aumento dos efluentes, elevadas temperaturas e baixa concentração de oxigênio dissolvido são alguns dos fatores responsáveis pela diminuição da quantidade de táxons sensíveis (Allan & Castillo, 2007), dessa forma ocasionando a abertura de novos nichos para espécies mais tolerantes.

Para Cachoeira Grande, a maior riqueza observada no inverno parece associada à maior integridade da vegetação ripária e as menores temperaturas da água. Os imaturos de EPT apresentam sua distribuição determinada principalmente pelas condições hidrológicas, altitude e cobertura vegetal (Bispo & Oliveira, 1998). Como o Cachoeira Grande apresenta uma cobertura vegetal mais densa e em estágio de desenvolvimento mais avançado que o Ribeirão Grande, o mesmo oferece uma maior complexidade e heterogeneidade de recursos para o riacho, influenciando a riqueza de organismos (Crisci-Bispo *et al.*, 2007). Os gêneros indicadores para o ambiente apresentam um baixo valor de indicação (VI), mas alguns gêneros, como *Thraulodes* e *Polycentropus* são conhecidos na literatura como indicadores de áreas florestadas (Bertaso *et al.*, 2015).

A fauna de insetos aquáticos em ambientes lóticos apresenta uma grande diversidade de famílias, ou até mesmo grandes grupos, dos quais muitos são restritos a locais específicos com adaptações morfológicas às particularidades do ambiente (Hynes, 1970), sendo dessa forma, as diferenças observadas com relação à distribuição dos gêneros de EPT nos diferentes microhabitats reflexo das características biológicas de cada grupo taxonômico (Shimano *et al.*, 2012).

A complexidade de habitats existente ao longo dos riachos pode exercer papel fundamental na estruturação e distribuição das comunidades aquáticas. Costa & Melo (2008), avaliando o efeito das variáveis ambientais na estruturação e composição da comunidade de macroinvertebrados encontraram que os diferentes tipos de microhabitat determinam a comunidade no ambiente.

De acordo com as características morfológicas, comportamentais e fisiológicas, os insetos aquáticos estão adaptados a viver em regiões particulares do ambiente. Assim, a perda de heterogeneidade ambiental ocasiona a perda ou diminuição de táxons (Costa & Melo, 2008), já locais com maior complexidade e heterogeneidade ambiental tem-se observado uma maior riqueza de organismos (Crisci-Bispo *et al.*, 2007).

Os riachos podem apresentar uma grande complexidade de habitats devido ao efeito diferencial da velocidade da água e do substrato. Em regiões de corredeira onde há elevado fluxo da água e substrato heterogêneo, ocorre a presença de organismos adaptados a viver sob tais condições (Bagatini *et al.*, 2012), dessa forma o ambiente apresenta uma maior complexidade e como consequência há uma maior riqueza e abundância de organismos nestes locais (Buss *et al.*, 2004). Já em regiões de remanso, a redução do fluxo de água favorece o acúmulo de matéria orgânica, influenciando na disponibilidade alimentar (Baptista *et al.*, 2001) e, em resposta ao baixo fluxo de corrente, há maior estabilidade à comunidade (Bispo *et al.*, 2006). Os dados do presente trabalho evidenciaram uma maior riqueza em Pedra-Corredeira explicada pela maior heterogeneidade e a maior abundância de organismos para o microhabitat de Folha-Remanso parece explicada pela dominância de táxons generalistas, como *Miroculis* e *Farrodes* adaptados a viver em diversos ambientes

Este estudo mostrou uma associação direta da ordem Ephemeroptera e Trichoptera com ambientes específicos. Nos microhabitats de remanso (Folha-Remanso e Pedra-Remanso), a ordem Ephemeroptera apresentou maior abundância, já para os microhabitats de corredeira (Folha-Corredeira e Pedra-Corredeira) Trichoptera foi o grupo mais abundante.

A preferência de ephemerópteros por regiões de remanso parece explicada pela disponibilidade alimentar do habitat, uma vez que a matéria orgânica tende a se acumular em locais onde o fluxo da água é mais baixo (Baptista *et al.*, 2001). Um dos gêneros mais abundantes encontrados nas regiões de remanso foi *Miroculis* (Ephemeroptera), organismo caracterizado como raspador, conforme Shimano *et al.*, (2012) e coletor-catador de partículas depositadas no sedimento (Baptista *et al.*, 2006; Brasil *et al.*, 2014). Por apresentar esse tipo de alimentação, o mesmo pode ocorrer em abundância em regiões onde há matéria orgânica fina acumulada. Já a ordem Trichoptera apresentou preferência por ambientes de corredeira, o que pode ser devido à alta necessidade de oxigênio dissolvido para seu metabolismo (Ross, 1967) e

por possuírem adaptações morfológicas (fio guia, construção de abrigos) que permitem resistir à velocidade da água. A alta abundância de Trichoptera em corredeira parece relacionada à elevada abundância de *Smicridea*, que possui hábito alimentar coletor-filtrador (Cummins & Klug, 1979), de partículas finas em suspensão, abundante nesse local.

As comunidades de insetos aquáticos são reguladas por diversos parâmetros ambientais, seja pela disponibilidade de recurso alimentar, tipo de substrato e às condições físico-químicas do ambiente. As análises de correspondência canônica evidenciaram que a comunidade de EPT teve sua distribuição direcionada pela disponibilidade de matéria orgânica, oxigênio dissolvido, velocidade da corrente, profundidade, pH, condutividade e temperatura.

O aumento da concentração de matéria orgânica alóctone no ambiente pode promover maior disponibilidade de recurso alimentar para os organismos fragmentadores e coletores, abrigos da correnteza e local para deposição de ovos (Salles & Ferreira-Junior, 2014). A velocidade da água provoca mudanças na profundidade e modifica o tipo de substrato disponível para colonização dos invertebrados, pois carrega material orgânico da montante que se deposita no substrato inorgânico ou desloca o substrato rio abaixo (Buss *et al.*, 2004). Picos de precipitação tendem a tornar o substrato mais homogêneo e conseqüentemente causar mudanças nas concentrações de oxigênio dissolvido e temperatura (Souza *et al.*, 2014).

De forma geral a distribuição dos gêneros de EPT nas diferentes escalas pode ser decorrente da associação de diversos fatores ambientais. O tipo de substrato, vegetação de entorno e sazonalidade parecem ser os direcionadores da comunidade deste estudo. Como os gêneros de EPT são sensíveis às perturbações ambientais, os mesmos podem apresentar especificidades em relação à ocupação de habitats em um sistema.

#### 4.2 Grupos alimentares funcionais (GAFs) de EPT

A variação dos GAFs entre os microhabitats pode ser explicada pela disponibilidade de recurso alimentar, para abrigo e características físico-químicas associadas à velocidade da água. Boyero (2005), avaliando a distribuição dos grupos alimentares funcionais de macroinvertebrados amostrados em diferentes escalas de riachos de baixa ordem encontrou diferenças na composição funcional dos

organismos nas diferentes escalas avaliadas, principalmente em trechos de corredeira.

Um dos fatores que exercem controle na distribuição e disponibilidade alimentar no ambiente é a sazonalidade. Durante períodos com altos índices pluviométricos, o aporte de matéria orgânica alóctone para o ambiente pode ser mais elevado (Lisboa *et al.*, 2015), dessa forma há maior disponibilidade de recurso para fragmentadores, já, em períodos com maior intensidade luminosa, a comunidade perifítica é mais abundante (Sweeney & Vannote, 1986).

Durante o verão a maior abundância de fragmentadores no riacho Cachoeira Grande pode ser reflexo da maior contribuição de material orgânico alóctone. Em períodos com elevados índices pluviométricos como registrado no verão ocorre maior entrada de matéria orgânica grossa para o sistema (Lisboa *et al.*, 2015), aumentando a disponibilidade de recurso alimentar para os fragmentadores. Já no riacho Ribeirão Grande, a elevada abundância de coletor-fragmentador também se deve em resposta às características da vegetação de entorno. Como a região apresenta uma supressão parcial da vegetação, o aporte de material orgânico particulado para o sistema ocorre de forma elevada, uma vez que a vegetação do entorno não exerce o efeito tampão, ocorrendo maior entrada de recurso particulado fino e como consequência maior disponibilidade de alimento para o grupo (Ligeiro *et al.*, 2010). O resultado obtido por meio da análise de taxa indicadora corrobora com essas afirmações. Coletor-filtrador foi o grupo indicador para a microbacia e o valor de indicação apresentado foi alto, mostrando que o grupo apresenta elevada especificidade às condições ambientais existentes no ambiente. A maior quantidade de material orgânico em suspensão também age como fator limitante da produtividade primária do ambiente, impedindo o desenvolvimento da comunidade perifítica e como consequência suprimindo o número de indivíduos com hábito raspador.

No inverno, a maior abundância de raspadores, tanto para o Cachoeira Grande quanto para o Ribeirão Grande pode ser reflexo da sazonalidade. Durante esse período, os valores de precipitação da região foram menores que no verão (Lisboa *et al.*, 2015; Schmitt *et al.*, submetido). Menor volume de precipitação diminui o aporte de matéria orgânica e a disponibilidade desse recurso para a fauna aquática. A abundância dos raspadores para ambos os sistemas pode estar diretamente associada à presença do perífiton, uma vez que, diante de tais condições acaba sendo o recurso com maior disponibilidade no sistema.

A indicação de raspador e fragmentador para o microhabitat folha-remanso parece ser decorrente da maior estabilidade do substrato e da maior disponibilidade alimentar de matéria orgânica acumulada nos remansos. O mesmo ocorre para os predadores e coletores-filtradores, ambos indicadores do microhabitat folha-corredeira. Este microhabitat possui substrato variado e grande velocidade de corrente que transporta material orgânico particulado sendo utilizado como recurso alimentar pelos coletores-filtradores.

A maior abundância de fragmentador, coletor, raspador e raspador-coletor para regiões de remanso foi explicada pela maior retenção de matéria orgânica (Baptista *et al.*, 2001), dessa forma a colonização do habitat tende a ser realizada por grupos específicos de organismos. Oliveira & Nessimian (2010), avaliando a distribuição espacial de grupos alimentares funcionais na Serra da Bocaina no sudeste brasileiro, observaram que a maior abundância de organismos foi encontrada para substratos orgânicos, de folhiço, sendo as regiões de correnteza os locais com maior abundância.



## 5 CONCLUSÕES

A estrutura e distribuição da comunidade de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) e dos grupos alimentares funcionais foram influenciadas por múltiplos fatores ambientais, relacionados às diferentes escalas, tanto temporal quanto espacial, tais como a integridade da vegetação ripária, características físico-químicas da água, tipo de substrato e disponibilidade alimentar.

Os resultados deste trabalho mostraram que a variação da abundância e composição taxonômica da comunidade de EPT foi maior na escala de trecho de riachos (mesohabitats) e ao tipo de substrato (microhabitats), associada às características físico-químicas da água como velocidade da água e oxigênio dissolvido e disponibilidade alimentar. A integridade da vegetação ripária também exerceu controle sobre a abundância dos organismos, já que a mesma pode ocasionar mudanças na estrutura física dos sistemas, tais como disponibilidade de substrato e recurso alimentar, dessa forma também exercendo influência na distribuição dos grupos alimentares funcionais.



## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLAN, J. D.; CASTILLO, M. M. *Stream ecology: structure and function of running waters*. 2. ed. Dordrecht: Springer, 2007. 436p.

AMARAL, P. H. M.; SILVEIRA, L. S.; VESCOVI, B. F. J. V.; OLIVEIRA, V. O.; ALVES, R. G. Influence of habitat and land use on the assemblages of Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera in Neotropical streams. *Journal of Insect Science*, Madson, v. 15, n. 1, p. 60-67, 2015.

ANDERSON, N. H. *The distribution and biology of the Oregon Trichoptera*. Corvallis: Agricultural Experiment Station, Oregon State University. 1976. 152p.

AZRINA, M. Z.; YAP, C. K.; ISMAIL, A. R.; ISMAIL, A. TAN, S. G. Anthropogenic impacts on the distribution and biodiversity of benthic macroinvertebrates and water quality of the Langat River, Peninsular Malaysia. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, New York, v. 64, p. 337-347, 2006.

BAGATINI, Y. M.; DELARIVA, R. L.; HIGUTI, J. Benthic macroinvertebrate community structure in a stream of the north-west region of Paraná State, Brazil. *Biota Neotropica*, Campinas, v. 12, n. 1, p. 307-317, 2012.

BAPTISTA, D. F.; BUSS, D. F.; DORVILLÉ, L. F. M.; NESSIMIAN, J. L. Diversity and habitat preference of aquatic insects along the longitudinal gradient of the Macaé river basin, Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, São Carlos, v. 61, n. 2, p. 249-258, 2001.

BAPTISTA, D. F.; BUSS, D. F.; DIAS, L. G.; NESSIMIAN, J. L.; DA SILVA, E. R.; DE MORAES NETO, A. H. A.; DE CARVALHO, S. N.; DE OLIVEIRA, M. A.; ANDRADE, L. R. Functional feeding groups of Brazilian Ephemeroptera nymphs: ultrastructure of mouthparts. *Annales de Limnologie – International Journal of Limnology*, Santa Fe, v. 42, n. 2, p. 87-96, 2006.

BARBER-JAMES, H.; GATTOLIAT, J. L.; SARTORI, M.; HUBBARD, M. D. Global diversity of mayflies (Ephemeroptera,

Insecta) in freshwater. *Hydrobiologia*, Brussels, v. 595, p. 339-350, 2008.

BERTASO, T. R. N.; SPIES, M. R.; KOTZIAN, C. B.; FLORES, M. L. T. Effects of forest conversion on the assemblages' structure of aquatic insects in subtropical regions. *Revista Brasileira de Entomologia*, Curitiba, v. 59, p. 43-49, 2015.

BISPO, P. C. & OLIVEIRA, L. G. Distribuição espacial de insetos aquáticos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em córregos de cerrado do Parque Ecológico de Goiânia, Estado de Goiás. In: NESSIMIAN, J. L.; CARVALHO, A. L. E. (Ed) Ecologia de Insetos Aquáticos, *Série Oecologia Brasiliensis*, Rio de Janeiro, v. 5, p. 175-189, 1998.

BISPO, P. C. & OLIVEIRA, L. G. Diversity and structure of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (Insecta) assemblages from riffles in mountain streams of Central Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, Curitiba, v. 24, p. 283-293, 2007.

BISPO, P. C.; FROELICH, C. G.; OLIVEIRA, L. G. Spatial distribution of Plecoptera nymphs in streams of mountainous area of Central Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, São Carlos, v. 63, n. 3, p. 409-417, 2002.

BISPO, P. C.; OLIVEIRA, L. G.; BINI, L. M.; SOUSA, K. G. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages from riffles in mountain streams of central Brazil: Environmental factors influencing the distribution and abundance of immatures. *Brazilian Journal of Biology*, São Carlos, v. 66, n. 2B, p. 611-622, 2006.

BISPO, P. C.; OLIVEIRA, L. G.; CRISCI, V. L.; SILVA, M. M. A pluviosidade como fator de alteração da entomofauna bentônica (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em córregos do planalto central do Brasil. *Acta Limnologica Brasiliensis*, Botucatu, v. 13, n. 2, p. 1-9, 2001.

BISPO, P. C., OLIVEIRA, L. G., CRISCI-BISPO, V. L., SOUSA, K. G. Environmental factors influencing distribution and abundance of trichopteran larvae in Central Brazilian mountain streams. *Studies on*

*Neotropical Fauna and Environment*, Tübingen, v. 39, n. 3, p. 233-237, 2004.

BOYERO, L. Multiscale variation in the functional composition of stream macroinvertebrate communities in low-order mountain streams. *Limnetica*, Barcelona, v. 24, p. 245-250, 2005.

BRASIL, L. S.; JUEN, L.; BATISTA, J. D.; CABETTE, H. S. R. Longitudinal distribution of the functional feeding groups of aquatic insects in streams of the Brazil Cerrado Savanna. *Neotropical Entomology*, Piracicaba, v. 45, n. 5, p. 421-428, 2014.

BRITAIN, J. E.; SARTORI, M. Ephemeroptera (mayflies). *Encyclopedia of Insects*. San Diego: Academic Press, 2003. 1266p.

BUSS D.F., BAPTISTA D.F., NESSIMIAN J.L., EGLER, M. Substrate specificity, environmental degradation and disturbance structuring macroinvertebrate assemblages in neotropical streams. *Hydrobiologia*, Brussels v. 518, p. 179-188, 2004.

CALLISTO, M., MORRETI, M., GOULART, M. D. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Belo Horizonte v. 6, p. 71-82, 2001.

[CECCA] Centro De Estudos Cultura E Cidadania. *Unidades de Conservação e Áreas protegidas da Ilha de Santa Catarina*: caracterização e legislação. Florianópolis (SC): Insular, 1997.160p.

CLARKE K. R., GORLEY R. N. Primer v6: user anual/tutorial. PRIMER-E, Plymouth. 2006.

COSTA, S. S.; MELO, A. S. Beta diversity in stream macroinvertebrate assemblages: among-site and among-microhabitat components. *Hydrobiologia*, Brussels, v. 598, p. 131-138, 2008.

CRISCI-BISPO, V. L.; BISPO, P. C.; FROEHLICH, C. G. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages in two Atlantic Rainforest streams, Southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, Curitiba, v. 24, n. 2, p. 545-551, 2007.

CUMMINS, K. W.; KLUG, M. J. Feeding ecology of stream invertebrates. *Annual Review of Ecology and Systematics*, Palo Alto, v. 10, p. 147-172, 1979.

DE MOOR, F. C.; IVANOV, V. D. Global diversity of caddisflies (Trichoptera: Insecta). *Hydrobiologia*, Brussels, v. 595, p. 393-407, 2008.

DOMÍNGUEZ, E.; FERNÁNDEZ, H. R. *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología*. Tucumán, Fundación Miguell Lillo, 2009. 656 p.

DOMÍNGUEZ, E.; MOLINERI, C.; PESCADOR, M. L.; HUBBARD, M.; NIETO, C. Ephemeroptera of South America. Moscow: Pensoft, 2006. 646p.

DOS SANTOS G. F.; DA SILVA J. T. N.; MENDOÇA M.; VEADO, R. W. AD-V. Análise ambiental da Lagoa do Peri. *Geosul*. 8: 101-123, 1989.

DUFRÊNE, M., LEGENDRE, P. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, v. 67, n. 3, p. 345-366, 1997.

FLOWERS, R. W.; DE LA ROSA, C. Ephemeroptera. IN: *Revista de biologia tropical*, v. 58, p. 63-93, 2010.

FRANÇA, J. S.; GREGÓRIO, R. S.; PAULA, J. D.; GONÇALVEZ, J. F.; FERREIRA, F. A.; CALLISTO, M. Composition and dynamics of allochthonous organic matter inputs and benthic stock in a Brazilian stream. *Marine and Freshwater Research*, Melbourne, v. 60, p. 990-998, 2009.

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*, New York, v. 10, p. 199-214, 1986.

FROEHLICH, C. G. Plecoptera. In: *Macroinvertebrados bentônicos sudamericanos – sistemática y biología*. Tucumán: Fundación Miguel Lillo, 2009. 145 p.

- HAUER, F. R.; LAMBERTI, G. A. Macroinvertebrates. In: *Methods in stream ecology*. New York: Academic Press, 1996. 674 p.
- HERSHEY, A. E.; LAMBERTI, G. A. Aquatic insect ecology. In: THORP, J. P.; COVICH, A. P. (Eds). *Ecology and classification of north american freshwater invertebrates*. California: Academic Press, 2001. p. 733-775.
- HILL, M.O.; GAUCH, H.G. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. *Vegetation*, Perth, n. 42, p. 47–58, 1980.
- HYNES, H. B. N. The ecology of stream insects. *Annual Review of Entomology*, Palo Alto, v. 15, p. 25-42, 1970.
- HYNES, H. B. N. Biology of Plecoptera. *Annual Review of Entomology*, Palo Alto, v. 21, p. 135-153, 1976.
- LACASTER, J.; DOWNES, B. J. *Aquatic entomology*. United Kingdom: Oxford University Press, 2013. 285p.
- LEMES-SILVA, A. L. *Avaliação dos efeitos temporais no processamento da matéria orgânica alóctone em riachos tropicais*. 2014. 141 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília. 2014.
- LIGEIRO, R.; MORETTI, M. S.; GONÇALVES-JUNIOR, J. F.; CALLISTO, M. What is more important for invertebrate colonization in a stream with low-quality litter inputs: exposure time or leaf species? *Hydrobiologia*, , Brussels, v. 654, p. 125-136, 2010.
- LIND, O. T. *Handbook of common methods in Limnology*. Dubuque: Kendall/Hunt Publisher Company, 1979. 208 p.
- LISBOA, L. K.; LEMES-SILVA, A. L.; SIEGLOCH, A. E.; GONÇALVES-JUNIOR, J. F.; PETRUCIO, M. M. Temporal dynamics of allochthonous coarse particulate organic matter in a subtropical Atlantic rainforest Brazilian stream. *Marine and Freshwater Research*, Melbourne, v. 66, p. 674-680, 2015.
- McCUNE, B.; MEFFORD, M. J. "PC-ORD 5.0." Multivariate analysis of ecological data. Gleneden Beach, Oregon, USA, 2006.

NASCIMENTO, R. *Atlas ambiental de Florianópolis*. Florianópolis: Instituto Larus. 2002. 81 p.

OLIVEIRA, A. L. H. D.; NESSIMIAN, J. L. Spatial distribution and functional feeding groups of aquatic insect communities in Serra da Bocaina streams, southeastern Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, Rio Claro, v. 22, n.4, p. 424-441, 2010.

PARDO, I.; ARMITAGE, D. Species assemblages as descriptors of mesohabitats. *Hydrobiologia*, Brussels, v. 344, p. 111-128, 1997.

PES, A. M. O.; HAMADA N.; NESSIMIAN, J. L. Chaves de identificação de larvas para famílias e gêneros de Trichoptera (Insecta) da Amazônia Central, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, Curitiba, v. 49, p. 181-204, 2005.

PLAGUE, G. R.; WALLACE, J. B. E.; GRUBAUGH, J. W. Linkages between trophic variability and distribution of Pteronarcys spp. (Plecoptera: Pteronarcyidae) along a stream continuum. *The American Midland Naturalist*, Indiana, v. 139, p. 224-234, 1998.

R Development Core Team. 2009. R: A language and environment for statistical computing. Vienna (AT): R Foundation for Statistical Computing.

RESH, V. H.; ROSENBERG, D. M. Aquatic insect-substratum relationships. In: RESH, V. H.; ROSENBERG, D. M (Eds). *The ecology of aquatic insects*. New York: Praeger Publisher, 1984. p. 358-400.

RIGHI-CAVALLARO, K. O.; ROCHE, K. F.; FROEHLICH, O.; CAVALLARO, M. R. Structure of macroinvertebrate communities in riffles of a Neotropical karst stream in the wet and dry seasons. *Acta Limnologica Brasiliensia*, Rio Claro, v. 22, n. 3, p. 306-316, 2010.

ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. *Freshwater monitoring and benthic macroinvertebrates*. New York: Chapman & Hall. 1993. 504 p.

ROSS, H. H. The evolution and past dispersal of the Trichoptera. *Annual Review of Entomology*, Palo Alto, v. 12, p. 169-206, 1967.

SALLES, F. F. *A ordem Ephemeroptera no Brasil (Insecta): Taxonomia e diversidade*. 2006. 313 f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2006.

SALLES, F. F.; BOLDRINI, R.; NASCIMENTO, J. M. C.; ANGELI, K. B.; MASSARIOL, F. C.; RAIMUNDI, E. Ephemeroptera do Brasil. URL: <http://ephemeroptera.com.br/lista/>. 2015. Último acesso em 12 de junho de 2016.

SALLES, F. F.; DA-SILVA, E. R.; HUBBARD, M. D.; SERRÃO, J. E. As espécies de Ephemeroptera (Insecta) registradas para o Brasil. *Biota Neotropica*, Campinas, v.4, n.2, p. 1-34, 2004

SALLES, F. F.; FERREIRA-JÚNIOR, N. Habitat e hábitos. In: HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L.; QUERINO, R. B. (Eds) *Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia*. Editora do INPA: Manaus, Brasil. 2014, p. 39-49.

SANTOS, A. P. M.; DUMAS, L. L.; JARDIM, G. A.; SILVA, A. L. R.; NESSIMIAN, J. L. Brazilian Caddisflies: Checklists and Bibliography. URL: <https://sites.google.com/site/braziliancaddisflies>. 2015. Último acesso em 12 de junho de 2016.

SHIMANO, Y.; SALLES, F. F.; FARIA, L. R. R.; CABETTE, H. S. R.; NOGUEIRA, D. S. Distribuição espacial das guildas tróficas e estruturação da comunidade de Ephemeroptera (Insecta) em córregos do Cerrado de Mato Grosso, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*, Porto Alegre, v. 102, n. 2, p. 187-196, 2012.

SIEGLOCH, A. E. *Comunidades de ninfas de Ephemeroptera Haeckel, 1896 (Insecta), do curso médio do rio Jacuí e afluentes, Rio Grande do Sul, Brasil*. 2006. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciências – Área Entomologia). Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto. 2006.

SILVEIRA, M. P.; QUEIROZ, J. F.; BOEIRA, R. C. Protocolo de coleta e preparação de amostras de macroinvertebrados bentônicos em riachos. Comunicado Técnico. Embrapa. Jaguariúna, SP. 2004.

SOUZA, E. F.; SOUTO, R. M. G.; JACOBUCCI, G. B. Distribution and seasonal variation of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera

(Arthropoda: Insecta) in different aquatic environments of a Cerrado area, State of Minas Gerais, Brazil. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 30, p. 874-890, 2014.

SPIES, M. R. *Estrutura das comunidades de larvas de Trichoptera KIRBY, 1813 (Insecta) em riachos do Parque Estadual de Campos do Jordão, São Paulo, Brasil*. 2009. 147 f. Tese (Doutorado em Entomologia). Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto. 2009.

SPRINGER, M. Trichoptera. *Revista de biología tropical*, San José, v. 58, p. 151-198, 2010.

STICCA, S. C. *Organização trófica da assembleia de peixes de uma lagoa costeira subtropical (Santa Catarina, Brasil)*. 2013. 45 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina. 2013.

STRAHLER, H. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *American Geophysical Union Transactions*, Washington v.33, p. 913-920, 1957.

SWEENEY, B. W.; VANNOTE, R. L. The relative importance of temperature and diet to larval development and adult size of the winter stonefly, *Soyedina carolinensis* (Plecoptera: Nemouridae). *Freshwater Biology*, London, v.16, p.39-48, 1986.

VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINGS, K. W.; SEDELL, J. R. CUSHING, C. E. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Toronto, v. 37, p. 130-137, 1980.

VILLANUEVA, V. D. E.; ALBARINÓ, R. J. Feeding habitat of *Notoperla archiplatae* (Plecoptera) larvae in a North Patagonia Andean stream, Argentina. *Hydrobiologia*, Brussels, v. 412, p. 43-52, 1999.

VON SCHILLER, D.; MARTÍ, E.; RIERA, J. L.; SABATER, F. Effects of nutrients and light on periphyton biomass and nitrogen uptake in Mediterranean streams with contrasting land uses. *Freshwater Biology*, London, v. 52, p. 891-906, 2007.

WIGGINS, G. B.; MACKAY, R. J. Some relationships between systematics and trophic ecology in Nearctic aquatic insects, with special reference to Trichoptera. *Ecology*, New York, v. 59, n. 6, p. 1211-1220, 1978.

WILLIAMS, D. D.; FELTMATE, B. W. *Aquatic Insects*. Trowbridge: Redwood Books, 1992. 358p.