UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA ENGENHARIA AMBIENTAL

HEIDI MARCELA SUAREZ ROBAYO

**A decomposição de detritos foliares de espécies nativas e exótica e a
colonização de macroinvertebrados em um riacho tropical localizado na
Floresta Nacional de Ipanema, SP, Brasil.**

SÃO CARLOS, SP

2016

HEIDI MARCELA SUAREZ ROBAYO

A decomposição de detritos foliares de espécies nativas e exótica e a colonização de macroinvertebrados em um riacho tropical localizado na Floresta Nacional de Ipanema, SP, Brasil.

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), da Universidade de São Paulo (USP), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências – Programa de Ciências da Engenharia Ambiental.

Área de concentração: Limnologia

Orientador: Prof. Dr. Welber Senteio Smith

SÃO CARLOS, SP

2016

Autorizo a reprodução total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

S939a Suárez Robayo, Heidi Marcela
A decomposição de detritos foliares de espécies nativas e exótica e a colonização de macroinvertebrados em um riacho tropical localizado na Floresta Nacional de Ipanema, SP, Brasil. / Heidi Marcela Suárez Robayo; orientador Welber Senteio Smith. São Carlos, 2016.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental e Área de Concentração em Ciências da Engenharia Ambiental -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2016.

1. folhas nativas. 2. folhas exóticas. 3. fragmentação foliar. 4. processo de decomposição.. 5. litter bags. I. Título.

Nome: Heidi Marcela Suarez Robayo

Título: A decomposição de detritos foliares de espécies nativas e exótica e a colonização de macroinvertebrados em um riacho tropical localizado na Floresta Nacional de Ipanema, SP, Brasil.

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), da Universidade de São Paulo (USP), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências – Programa de Ciências da Engenharia Ambiental.

Aprovado em: 1 de Julho de 2016.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Engenheira **HEIDI MARCELA SUAREZ ROBAYO**.

Título da dissertação: "A decomposição de detritos foliares de espécies nativas e exótica e a colonização de macroinvertebrados em um riacho tropical localizado na Floresta Nacional de Ipanema, SP, Brasil".

Data da defesa: 01/07/2016

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. **Welber Senteio Smith**
(Orientador)
(Universidade de Sorocaba/UNISO)

Prof. Dr. **Juliano José Corbi**
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

Prof. Dr. **Luciano Elsinor Lopes**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

Resultado:

Aprovada

APROVADA

APROVADA

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental:

Prof. Associado **Frederico Fabio Mauad**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Associado **Luis Fernando Costa Alberto**

AGRADECIMENTOS

Com um coração desejoso de aventuras, me aventurei a uma das experiências mais enriquecedoras que até agora vivi.

Quero agradecer aos amores da minha vida, minha mãe e minha avó, porque tudo o que sou é graças a vocês, agradeço pelo amor e por estarem sempre ao meu lado, sem importar a distância. Amo muito vocês!!

À minha família, que sempre se alegram com minhas realizações, e sempre demonstraram se orgulhar de cada meta alcançada.

Ao Prof. Dr. Welber Senteio Smith, pela orientação, apoio e ensinamentos nestes dois anos de ótima pesquisa, com certeza aprendi muito.

Ao meu companheiro de aventura, Antonio, a quem agradeço pelo carinho, motivação, paciência, colaboração e sobre tudo pelos bonitos momentos que temos compartilhado, dos quais estarei sempre eternamente grata, você foi fundamental nesta etapa. Obrigada!!

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de Mestrado concedida.

À Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental (PPG-SEA) e ao Centro de Recursos Hídricos e Estudos Ambientais (CRHEA), agradeço por estes dois anos de aprendizado profissional e pelas experiências pessoais, nos quais conheci excelentes docentes, profissionais, grandes e valiosos amigos com quem vivi e desejo continuar vivendo momentos inesquecíveis.

Às Professoras Odete Rocha e Susana Trivinho, por participarem da banca do exame de qualificação e pelos comentários e sugestões, suas contribuições foram muito importantes para desenvolvimento deste trabalho.

Aos Professores Juliano Corbi e Luciano Elsinor Lopes por aceitarem participar da banca de defesa de Mestrado e pelas ótimas contribuições ao trabalho, com certeza foram muito uteis, e acrescentaram muito minha pesquisa.

Agradeço ao ICMBio especialmente à equipe da Floresta Nacional de Ipanema pelo apoio logístico por me proporcionarem a oportunidade de trabalhar em áreas tão enriquecedoras e diversas, este lugar é maravilhoso, Adorei!!

A Dra. Luciene Rossi, o Prof. Dr. Juliano Corbi, e ao Prof. Dr. Guillermo Gorni, que me ajudaram a desenvolver etapas fundamentais da minha pesquisa. Nos momentos de dúvidas vocês sempre dispuseram parte de seu tempo e me ajudaram a esclarece-las sempre que precisei. Obrigada.

Ao Prof. Dr. Alan de Melo e a Dra. Melissa Segura, agradeço pelo auxílio na identificação dos macroinvertebrados (Hemiptera e Coleoptera), e por compartilharem seus conhecimentos nesta área.

Ao pessoal do laboratório do Centro de Recursos Hídricos e Estudos Ambientais (CRHEA), e o laboratório de Ecologia Estrutural e Funcional da Universidade Paulista (UNIP) Campus Sorocaba, por me proporcionarem as ferramentas para o desenvolvimento da minha pesquisa, em campo bem como para as análises necessárias.

Agradeço a cada amiga e amigo de escola e faculdade, que apesar da distância, desde a Colômbia, sempre demonstraram todo apreço e carinho, mostrando que amizade verdadeira sempre transcende apesar das adversidades. Ainda, agradeço de todo coração, a essa pessoa que sempre estive por perto, que sempre estive disponível para escutar minhas alegrias e tristezas, e que sempre me apoiou nesta aventura, obrigada Jhoncito por ser sempre incondicional. Muito obrigada!!

Conhecer pessoas maravilhosas que fizeram de sua vida ainda mais feliz, pessoas que fizeram dos dias sempre cheios de risos e de histórias inacreditáveis, falando de muitas coisas que só nós conseguiremos entender, começar falando de uma coisa e terminar falando de outra totalmente diferente, isso só pode acontecer com vocês: Marina, Mariana, Fran, Lucila, Keila, Maridélia. Simplesmente posso dizer que adoro vocês, obrigada por me fazerem uma pessoa melhor e obrigada por fazer de meus dias num país desconhecido o meu novo lar, com certeza vou ter muitas saudades de vocês. Muito obrigada minhas meninas lindas.

Pelas noites de chuva fazendo coleta, pelas picadas de abelhas, pelas noites no alojamento da Flona, pelas noites no zoológico, pelas longas conversas e e-mails fazendo correções de trabalhos e eventos, por trabalhar sempre junto, por fazer do trabalho em campo uma experiência divertida e muito produtiva, por isso e ainda mais quero agradecer, meninas sem vocês a minha pesquisa e aprendizagem não teria sido igual, Gisele, Ariane, Adriane, Renata, Leticia e Cecilia agradeço muito.

MUITO OBRIGADA!!

MUCHAS GRACIAS!!

Dedico este trabalho principalmente a minha mãe, avó, e meus anjos, que são a base de meu ser, também a todas e cada uma das pessoas que acreditaram, apoiaram e depositaram sua confiança em mim e que com suas pequenas e grandes contribuições ajudaram para que eu cumprisse mais uma etapa na minha vida como pessoa e profissional.

Obrigada.

Dedico este trabajo principalmente a mi mamá, abuela y mis ángeles, que son la base de mi ser, también a todas y cada una de las personas que creyeran, apoyaran y depositaran su confianza en mí y que con sus pequeñas y grandes contribuciones ayudaran para que cumpliera una etapa más en mi vida como persona y profesional.

Gracias.

An abstract graphic consisting of several thin, dark, curved lines that originate from the bottom left corner and sweep upwards and to the right, creating a sense of movement and elegance. The lines vary in length and curvature, some ending near the top of the page while others extend further down.

“Uma árvore em flor fica despida no outono. A beleza transforma-se em feiura, a juventude em velhice e o erro em virtude. Nada fica sempre igual e nada existe realmente. Portanto, as aparências e o vazio existem simultaneamente”

Dalai Lama

SUAREZ, H. M. R. **A decomposição de detritos foliares de espécies nativas e exótica e a colonização de macroinvertebrados em um riacho tropical localizado na Floresta Nacional de Ipanema, SP, Brasil.** Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

RESUMO

As matas ripárias tem efeitos positivos sobre a qualidade da água em rios de baixa ordem. O cultivo e a substituição de plantas de espécies nativas por espécies exóticas, tem efeitos e impactos significativos na biodiversidade de ambientes aquáticos e terrestre. O cultivo de *Eucalyptus* ocupam áreas de importância biológica e ambiental, causando impactos que ainda são pouco estudados, interferindo no funcionamento dos cursos de água que são dependentes do material foliar disponível nas margens dos rios como fonte de energia e nutrientes. O presente trabalho comparou a decomposição de folhas de espécies nativas (*Inga marginata* e *Matayba elaeagnoides*) e folhas de uma espécie exótica (*Eucalyptus grandis*) durante as estações seca e chuvosa, num riacho localizado no interior da Floresta Nacional de Ipanema, unidade de conservação situada no sudeste do estado de São Paulo. Para a comparação foi utilizado o método de *litter bags* usando sacos de malha grossa plástica de 10 mm de abertura, por períodos de no máximo 60 dias. Neste período também foi avaliada a colonização de macroinvertebrados bentônicos em cada um dos tratamentos testados. Entre as estações (seca e chuvosa), as perdas de massa foliar foram distintas, assim também existiram diferenças entre as espécies de plantas testadas (*Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*), sendo sempre maior a perda nas folhas de *Inga marginata*, seguida das folhas de *Eucalyptus grandis* e *Matayba elaeagnoides*, e obtendo os maiores valores de perda de massa na estação chuvosa. Foram identificados 801 indivíduos que colonizaram nos três tratamentos testados na época seca e 556 indivíduos que colonizaram nos tratamentos na época chuvosa, existindo uma relação entre os valores de perda de massa e a abundância de organismos macroinvertebrados para cada um dos

tratamentos, sendo os tratamentos com maiores perdas os que tiveram maiores valores de organismos colonizados. Os maiores valores de perda de massa para a folha de *Inga marginata* foi maior em comparação dos outros tratamentos além de apresentar a maior quantidade de macroinvertebrados aquáticos colonizados nas duas épocas avaliadas. As famílias mais representativas foram: Chironomidae, Hyalellidae, Gomphidae, Calamoceratidae, Leptophlebiidae e Elmidae. Assim os grupos funcionais com maior presença foram os grupos coletor e predador, não existindo diferenças significativas na presença destes grupos. O grupo fragmentador foi o terceiro grupo mais representativo para os três tratamentos e nas duas épocas avaliadas. Nesse tipo de ambiente tropical, a comunidade de fungos e bactérias é rico e diverso, fazendo esse processo biológico, importante para a transformação das folhas em um recurso de maior facilidade de assimilação para seu aproveitamento, tornando assim as folhas mais acessíveis para os organismos invertebrados. Deste modo, por exemplo transformando as folhas de eucalipto em um recurso, sendo estas folhas também acondicionadas para o consumo dos organismos e podendo-se constituir como um recurso adicional para a biota e os organismos se adaptando para a assimilação deste recurso. A presença de folhas de eucalipto pode influenciar na colonização dos organismos invertebrados, podendo interferir no processo natural da colonização de macroinvertebrados aquáticos e alterando a disponibilidade de nutrientes dentro das teias tróficas destes sistemas aquáticos.

Palavras chave: *Litter bags*, folhas nativas, folhas exóticas, fragmentação foliar, processo de decomposição, grupos tróficos funcionais.

SUAREZ, H. M. R. La descomposición de la hojarasca de especies nativas y exótica y la colonización de macroinvertebrados en un río tropical localizado en la Floresta Nacional de Ipanema, SP, Brasil.

RESUMEN

La vegetación ripiara tiene efectos positivos sobre la calidad del agua en un río de baja orden. El cultivo y sustitución de plantas de especies nativas por especies exóticas, tiene efectos e impactos significativos en la biodiversidad de ambientes acuáticos y terrestres. El cultivo de *Eucalyptus* ocupa áreas de importancia biológica y ambiental, causando impactos que aún son poco estudiados, interfiriendo en el funcionamiento de los cursos de agua que dependen de los desechos vegetales disponibles en las orillas de los ríos como fuente de energía y nutrientes. El presente trabajo comparó la descomposición de hojas de especies nativas (*Inga marginata* y *Matayba elaeagnoides*) y hojas de una especie exótica (*Eucalyptus grandis*) durante las estaciones seca y lluviosa, en un río localizado en el interior de la Floresta Nacional de Ipanema, unidad de conservación situada en el sureste del estado de São Paulo. Para la comparación fue utilizado el método de *litter bags* utilizando redes de malla gruesa plástica de 10 mm de abertura por periodos de máximo 60 días. En este periodo también fue evaluada la colonización de macroinvertebrados bentónicos en cada uno de los tratamientos. Entre las estaciones (seca y de lluvia), las pérdidas de masa vegetal fueron distintas entre las diferentes especies de plantas evaluadas (*Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* y *Eucalyptus grandis*), siendo siempre mayor la pérdida en las hojas de *Inga marginata*, seguida de las hojas de *Eucalyptus grandis* y *Matayba elaeagnoides*, y obteniendo lo mayores valores de pérdida de masa en la estación lluviosa. Fueron identificados 801 individuos que colonizaron los tres tratamientos evaluados en la época seca y 556 individuos que colonizaron los tratamientos en la época de lluvia. Existiendo una relación entre los valores de pérdida de material vegetal y la abundancia de organismos macroinvertebrados para cada uno de los tratamientos, siendo los tratamientos con mayores pérdidas lo que tuvieron

mayores valores de a mayores valores de macroinvertebrados colonizados. Los valores de pérdida de material para las hojas de *Inga marginata* fue mayor en comparación de los otros tratamientos, además de presentar la mayor cantidad de macroinvertebrados acuáticos colonizados en las dos épocas evaluadas. Las familias más representativas: Chironomidae, Hyalellidae, Gomphidae, Calamoceratidae, Leptophlebiidae e Elmidae. Así los grupos funcionales con mayor presencia fueron los grupos colectores y depredadores, no existiendo diferencias significativas en la presencia de estos grupos, el grupo fragmentador fue el tercer grupo más representativo para los tres tratamientos e en las dos épocas evaluadas. En este tipo de ambiente tropical, la comunidad de los hongos y bacterias es abundante y diverso, haciendo de este proceso biológico, importante para la transformación de las hojas en un recurso de mayor facilidad de asimilación para su aprovechamiento, tornando así las hojas más accesibles para los organismos invertebrados. De este modo por ejemplo transformando las hojas de eucalipto en un recurso, siendo estas hojas también acondicionadas para el consumo de los organismos y pudiéndose constituir como un recurso adicional para la biota y los organismos adaptándose para asimilar este recurso. De este modo la presencia de hojas de eucalipto puede influenciar en la colonización de los organismos invertebrados, pudiendo interferir en el proceso natural de la colonización de macroinvertebrados acuáticos e alterando la disponibilidad de nutrientes dentro de las cadenas tróficas de estos ecosistemas acuáticos.

Palabras clave: *Litter bags*, hojas nativas, hojas exóticas, fragmentación vegetal, proceso de descomposición, grupos tróficos funcionales.

SUAREZ, H. M. R. **The leaf litter decomposition in native and exotic species and the macro invertebrate colonization in a tropical river placed in the Floresta Nacional de Ipanema, SP, Brazil.**

ABSTRACT

The crumbled vegetation has positive effects on water quality in a low river. The crop plants and replacement of native species by exotic species, has significant effects and impacts on biodiversity of aquatic and terrestrial environments. *Eucalyptus* cultivation occupies areas of biological and environmental importance, causing impacts that are still poorly studied, interfering with the operation of the waterways that depend on available vegetable waste on the banks of rivers as a source of energy and nutrients. This study compared the decomposition of leaves of native species (*Inga marginata* and *Matayba elaeagnoides*) and leaves of an exotic species (*Eucalyptus grandis*) during the dry and rainy seasons in a river located within of the Floresta Nacional de Ipanema, conservation unit located in the southeastern state of São Paulo. For the comparison, the *litter bags* method was used. Thus, networks of plastic coarse mesh with an opening of 10 mm maximum were used for periods of 60 days. In this period the colonization of benthic macroinvertebrates in each of the treatments was also evaluated. Between the seasons (dry and rainy), losses of plant mass were different among different species of evaluated plants (*Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* and *Eucalyptus grandis*), considering that the loss of leaves of *Inga marginata* was higher, followed by the *Eucalyptus grandis* and *Matayba elaeagnoides* leaves. As a result, the loss of mass in the rainy season was evident. Thus, 801 individuals that colonized the three treatments evaluated in the dry season and 556 individuals that colonized treatments in the rainy season were identified. As consequence, there is a relationship between the values of loss of plant material and abundance of macroinvertebrates organisms for each of the treatments. The treatments with higher losses those who had higher values of colonized organisms. The largest mass loss values for *Inga marginata* sheet was higher in comparison of other treatments as well

as presenting the greatest amount of aquatic macroinvertebrates colonized in the two seasons evaluated. The most representative families were: Chironomidae, Hyalellidae, Gomphidae, Calamoceratidae, Leptophlebiidae and Elmidae. Thus, the functional groups with the largest presence were collectors and predators groups, with no significant differences in the presence of these groups, the shredder group was the third most representative group for the three treatments and two periods evaluated. In this type of tropical environment, the community of fungi and bacteria is abundant and diverse, making of this biological process, an important aspect for the transformation of leaves in a resource ease of assimilation for its use, allowing these to become more accessible for invertebrate organisms. Considering the previous information, this allowed the *Eucalyptus* leaves transform in a resource available for consumption of organisms and being able to be as an additional resource for biota and organisms adapting to the assimilation of this resource. Thus, the presence of *Eucalyptus* leaves can influence the colonization of invertebrate organisms, it may interfere with the natural process of colonization of aquatic macroinvertebrates and altering the availability of nutrients in the food chains of these aquatic ecosystems.

Keywords: *Litter bags*, native leaves, exotic leaves, plant fragmentation, decomposition process, functional trophic groups.

SUMÁRIO

	Pag.
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFIA	5
2.1. A mata ciliar e sua relação com os ecossistemas aquáticos	5
2.2. Processo de decomposição foliar em ambientes aquáticos	6
2.3. Os invertebrados aquáticos e a fragmentação folhar	10
2.4. As folhas exóticas e composição química das folhas	12
3. OBJETIVOS	14
3.2. Objetivo geral	14
3.3. Objetivos específicos	14
4. MATERIAL E MÉTODOS	15
4.1. Área de estudo	15
4.2. Metodologia	16
4.2.1. Caracterização ambiental do Ribeirão do Ferro	16
4.2.2. Delineamento experimental	17
4.2.3. Triagem do folheto	19
4.2.4. Identificação taxonômica	21
4.2.5. Análise de dados	22
5. RESULTADOS	24
5.1. Caracterização ambiental do Ribeirão de Ferro	24
5.2. Decomposição foliar	28
5.2.1. Decomposição foliar na época de seca	28
5.2.2. Decomposição foliar na época chuvosa	31
5.2.3. Diferenças na decomposição entre as épocas seca e chuvosa	33
5.3. Colonização da comunidade de macroinvertebrados em folhas nativas e exóticas	34
5.3.1. Colonização da comunidade de macroinvertebrados na época de seca	34
5.3.2. Colonização da comunidade de macroinvertebrados em época chuvosa	39
6. DISCUSSÃO	45
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	55

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Modelo geral do fluxo de energia e processamento da matéria orgânica num sistema aquático (Adaptado de Begon et al., 2007). _____ 8
- Figura 2.** Modelo teórico do processamento e das interações ocorridas na decomposição dos detritos vegetais para uma folha de árvore com decomposição média-rápida em um córrego temperado (Adaptado de Allan, 1995, Gonçalves, 2005; Allan & Castillo, 2007). _____ 9
- Figura 3.** Desenho geral do processamento biológico da matéria orgânica num sistema aquático (Adaptado de Cummins & Klug, 1979 e Allan & Castillo, 2007). _____ 11
- Figura 4.** Localização e limites da Floresta Nacional de Ipanema, Estado de São Paulo; Latitude 23 ° 21' e 23 ° 30' e Longitude de 47 ° 30' e 47 ° 45' W (Bataghin, 2010). _____ 15
- Figura 5.** Floresta Nacional de Ipanema: localização, limites, zona de amortecimento e municípios. Imagem LANDSAT 5- 2011-09-03 (Fonte: Afonso, ICMBio 2015b). _____ 16
- Figura 6.** Pontos selecionados no Ribeirão do Ferro para disposição das malhas (A) Ponto 1 (23k 0231203) (B) Ponto 2 (23k 0232078) (C) Ponto 3 (23k0232044), Floresta Nacional de Ipanema, SP. _____ 17
- Figura 7.** (A) Folhas da árvore nativa *Inga marginata* (B) Folhas da árvore nativa *Matayba elaeagnoides* (C) Folhas da árvore exótica *Eucalyptus grandis*, utilizadas como tratamentos para o experimento de decomposição. _____ 18
- Figura 8.** Modelo malha 20x20 cm (Litter-bag) usada no experimento de decomposição. 19
- Figura 9.** Malha de decomposição (Litter Bags) (A) Tratamento antes do início do experimento (B) Tratamento incubado para colonização e decomposição (C) Tratamento após de período de imersão. Tratamentos alocados no Rio Riberão do Ferro, Floresta Nacional de Ipanema, SP. _____ 19
- Figura 10.** Representação geral dos grupos tróficos funcionais e sua relação na decomposição de matéria orgânica (Adaptado de Cummins & Klug, 1979). _____ 22
- Figura 11.** Pluviosidade acumulada mensal registrada na estação Sorocaba, pelo Instituto Nacional de Meteorologia, entre janeiro de 2014 e dezembro de 2014 (INMET, 2015). ____ 24
- Figura 12.** Pluviosidade acumulada mensal registrada na estação Sorocaba, pelo Instituto Nacional de Meteorologia, entre janeiro de 2015 e dezembro de 2015 (INMET, 2015) ____ 25
- Figura 13.** Pontuações do protocolo de avaliação da diversidade de habitats (Callisto et al. 2002) de cada um dos pontos amostrados nas épocas de Seca e Chuva 2014 – 2015, Floresta Nacional de Ipanema, SP _____ 26
- Figura 14.** Coeficientes de decomposição para as folhas de *Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*, para época seca _____ 29

Figura 15. Gráfico da representação do modelo exponencial de decaimento de massa para época de seca. _____	29
Figura 16. Porcentagem de massa remanescente seca dos detritos foliares das espécies (<i>Inga marginata</i> , <i>Matayba elaeagnoides</i> e <i>Eucalyptus grandis</i>), nos dias 15, 30, 45 e 60, para época de seca. _____	30
Figura 17. Porcentagem de perda de massa dos detritos foliares (<i>Inga marginata</i> , <i>Matayba elaeagnoides</i> e <i>Eucalyptus grandis</i>) para cada ponto na época de seca. _____	30
Figura 18. Coeficientes de decomposição para as folhas de <i>Inga marginata</i> , <i>Matayba elaeagnoides</i> e <i>Eucalyptus grandis</i> para época de chuva. _____	31
Figura 19. Gráfico da representação do modelo exponencial de decaimento de massa para época de chuva. _____	32
Figura 20. Porcentagem de massa remanescente seca dos detritos foliares das espécies (<i>Inga marginata</i> , <i>Matayba elaeagnoides</i> e <i>Eucalyptus grandis</i>), nos dias 15, 30, 45 e 60, para época chuvosa. _____	32
Figura 21. Porcentagem de perda de massa dos detritos foliares (<i>Inga marginata</i> , <i>Matayba elaeagnoides</i> e <i>Eucalyptus grandis</i>) para cada ponto na época chuvosa. _____	33
Figura 22. Porcentagem de perdas de massas dos detritos foliares das espécies (<i>Inga marginata</i> , <i>Matayba elaeagnoides</i> e <i>Eucalyptus grandis</i>), para época seca e chuvosa. ____	34
Figura 23. Abundância de indivíduos colonizados nas folhas de <i>Inga marginata</i> , <i>Matayba elaeagnoides</i> e <i>Eucalyptus grandis</i> , nos dias 15, 30, 45 e 60, para época de seca. _____	36
Figura 24. Porcentagem de famílias colonizadas nas folhas de <i>Inga marginata</i> , <i>Matayba elaeagnoides</i> e <i>Eucalyptus grandis</i> , para época de seca. _____	36
Figura 25. Porcentagem dos grupos funcionais após o experimento nos tratamentos de <i>Inga marginata</i> , <i>Matayba elaeagnoides</i> e <i>Eucalyptus grandis</i> , para época de seca. _____	37
Figura 26. Abundância de grupos tróficos funcionais nos tratamentos de <i>Inga marginata</i> , <i>Matayba elaeagnoides</i> e <i>Eucalyptus grandis</i> , nos dias 15, 30, 45 e 60, na época de seca. _____	38
Figura 27. Densidade média (ind g ⁻¹) de massa remanescente após 15, 30, 45 e 60 dias de experimento nos diferentes tratamentos (<i>Inga marginata</i> , <i>Matayba elaeagnoides</i> e <i>Eucalyptus grandis</i>) na época de seca. _____	39
Figura 28. Número de indivíduos colonizados nos detritos foliares (<i>Inga marginata</i> , <i>Matayba elaeagnoides</i> e <i>Eucalyptus grandis</i>) para cada ponto na época seca. _____	39
Figura 29. Abundância de indivíduos colonizados nas folhas de <i>Inga marginata</i> , <i>Matayba elaeagnoides</i> e <i>Eucalyptus grandis</i> , nos dias 15, 30, 45 e 60, para época de chuva. _____	41
Figura 30. Porcentagem de famílias colonizadas nas folhas de <i>Inga marginata</i> , <i>Matayba elaeagnoides</i> e <i>Eucalyptus grandis</i> , para época chuvosa. _____	42
Figura 31. Porcentagem dos grupos funcionais após o experimento nos tratamentos de <i>Inga marginata</i> , <i>Matayba elaeagnoides</i> e <i>Eucalyptus grandis</i> , para época chuvosa. _____	42

- Figura 32.** Abundância de grupos tróficos funcionais nos tratamentos de *Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*, nos dias 15, 30, 45 e 60, na época chuvosa. 43
- Figura 33.** Densidade média (ind g⁻¹) de massa remanescente após 15, 30, 45 e 60 dias de experimento nos diferentes tratamentos (*Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*) na época chuvosa. _____ 44
- Figura 34.** Número de indivíduos colonizados nos detritos foliares (*Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*) para cada ponto na época chuvosa. _____ 44

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Média da largura e profundidade de cada um dos pontos amostrados nas épocas de Seca e Chuva 2014 – 2015, Floresta Nacional de Ipanema, SP _____ 25
- Tabela 2.** Caracterização ambiental de cada um dos pontos amostrados nas épocas de Seca e Chuva 2014 – 2015, Floresta Nacional de Ipanema, SP _____ 25
- Tabela 3.** Média e desvio padrão das características físicas e químicas da água dos pontos estudados no Riacho Ribeirão do Ferro na época Seca do ano 2014, referentes a 4 amostras durante os tempos amostrais de 15, 30, 45 e 60 dias. Floresta Nacional de Ipanema, SP. 27
- Tabela 4.** Média e desvio padrão das características físicas e químicas da água dos pontos estudados no Riacho Ribeirão do Ferro na época de Chuva do ano 2015, referentes a 4 amostras durante os tempos amostrais de 15, 30, 45 e 60 dias. Floresta Nacional de Ipanema, SP. _____ 27
- Tabela 5.** Abundancia de Macroinvertebrados na época seca. GAF: Grupo funcional alimentar (Col: coletores, Pred: predadores, Frag: fragmentadores, Rasp: raspadores e Filt: filtrador), T1: Tratamento 1 folhas de *Inga marginata*, T2: Tratamento 2 folhas de *Matayba elaeagnoides*, T3: Tratamento 3 folhas de *Eucalyptus grandis* _____ 34
- Tabela 6.** Abundancia de Macroinvertebrados na época chuvosa. GAF: Grupo funcional alimentar (Col: coletores, Pred: predadores, Frag: fragmentadores, Rasp: raspadores e Filt: filtrador), T1: Tratamento 1 folhas de *Inga marginata*, T2: Tratamento 2 folhas de *Matayba elaeagnoides*, T3: Tratamento 3 folhas de *Eucalyptus grandis*. _____ 40

1. INTRODUÇÃO

O bioma de Mata Atlântica abriga comunidades aquáticas de alta importância ambiental, grande parte delas está atualmente ameaçada pela retirada indiscriminada das matas ciliares, o uso inadequado da terra em zonas ripárias e a introdução de espécies exóticas que podem prejudicar as áreas ripárias, o que resulta numa pressão sobre a biodiversidade e seus recursos hídricos (Strayer, 2006; Lagos & Muller, 2007; Nessimian *et al.*, 2008; Tomimatsu *et al.*, 2011). Nestes ecossistemas existem complexas redes hídricas formadas principalmente por sistemas aquáticos de pequeno porte, cuja produtividade primária depende em princípio da entrada de material vegetal alóctone procedente da vegetação ripária encontradas nas áreas marginais de influência das redes hídricas. (Bunn *et al.*, 2003; Dudgeon *et al.*, 2006).

Esses sistemas denominados de riachos são geralmente protegidos com vegetação ciliar e recebem pouca entrada de luz (que pode limitar a fotossíntese) o que reduz a quantidade de organismos produtores (Graça, 2001; Zakia, *et al.*, 2009; Encalada *et al.*, 2010). Isto ocorre porque a vegetação impede a entrada direta de luminosidade no interior dos riachos e como consequência a produção primária alóctone passa a ser a principal fonte de energia (Kobayashi & Kagay, 2004; Begon *et al.*, 2007). Essa dinâmica faz que estes sistemas tenham um caráter predominantemente heterotrófico, dependendo da decomposição da vegetação marginal (fragmentos de madeira, troncos, galhos, flores, frutos, sementes e principalmente folhas) como provedor de nutrientes e energia dentro dos sistemas aquáticos (Wantzen *et al.*, 2008; Yule *et al.*, 2009; Carvalho & Uieda, 2010).

O processo de decomposição, é um processo chave que determina a reciclagem de nutrientes e carbono (Bueno *et al.*, 2003; Verhoeven *et al.*, 2006), assumindo um papel importante na dinâmica destes ecossistemas, pois este processo apresenta relações diretas com o fluxo de matéria e energia dentro dos ecossistemas aquáticos (Oslon *et al.*, 2014), sendo a matéria orgânica proveniente da vegetação ripária decomposta por diferentes processos: físicos, químicos e biológicos consecutivos ou simultâneos (Tank *et al.*, 2010), e a partir disso é incorporada na cadeia trófica ou como substrato para os organismos aquáticos, subministrando os nutrientes necessários para a manutenção dos processos do sistema.

O processamento de decomposição foliar ocorre em três fases distintas, que são normalmente separadas por uma escala temporal: lixiviação, condicionamento e fragmentação biológica e física (Allan & Castillo, 2007; Cornut *et al.*, 2010). O processamento se inicia com a perda rápida de massa devido à eliminação de alguns dos constituintes solúveis e compostos secundários da folha (nitrogênio, celulosa, lignina, fenóis, fósforo) representando uma perda entre 10% e 30% de sua massa inicial (lixiviação), as características estruturais e químicas das folhas podem variar entre as diferentes espécies e isto pode variar o processo de decomposição, sendo estas características as que direcionam as diferentes interações da matéria orgânica durante o processo de decomposição (Swan & Palmer, 2004; Gonçalves & Callisto, 2013), seguido pela modificação da matriz orgânica por microorganismos (fungos e bactérias) (Gonçalves & Callisto, 2013), utilizando para isso atividades enzimáticas (condicionamento) e finalmente a quebra física da folha, resultante da abrasão física do fluxo da água, e da atividade alimentar dos macroinvertebrados (fragmentação) (Callisto *et al.*, 2004; Gonçalves *et al.*, 2014). Dentro do processamento do material alóctone, no ambiente aquático, ocorre a conversão da matéria particulada grossa (MOPG) convertida em matéria orgânica particulada fina (MOPF) (Moretti, 2005; Allan & Castillo, 2007; Cornut *et al.*, 2010), esta transformação física, química e biológica da matéria orgânica em matéria particulada fina é realizada por grupos de organismos como fungos, bactérias e macroinvertebrados os quais desempenham esta função importante na transformação da matéria (Kominoski *et al.*, 2011; Silva-Junior *et al.*, 2014). Este processo de decomposição da matéria orgânica nos corpos d'água depende do conteúdo nutricional da própria liteira e capacidade de dissolver os nutrientes da folha (Allan & Castillo, 2007; Macdonald & Taylor, 2008), pelos fatores físicos como a velocidade da correnteza da água (Larned, 2000), a temperatura (Jacob *et al.*, 2010; Pozo *et al.*, 2011) e pela abundância de organismos fragmentadores (Gartner & Cardon, 2004; Lan *et al.*, 2006; Canhoto & Laranjeira, 2007).

Os macroinvertebrados constituem uma importante comunidade em riachos, pois são participantes e intermediários entre os produtores e os componentes no topo das cadeias tróficas, além de servirem de alimento para peixes e outros animais (Murphy, 2001; Cheshire *et al.*, 2005). Os macroinvertebrados aquáticos, entre eles os insetos, cumprem uma função ativa no processo de degradação foliar (Callisto *et*

al., 2004; Gonçalves *et al.*, 2014). Os principais grupos funcionais de detritívoros que participam deste processo de decomposição de matéria orgânica podem ser classificados de acordo com o seu hábito alimentar e suas funções dentro do processo (Cummins *et al.*, 2005; Allan & Castillo, 2007; Abelho, 2014). De acordo com isto, os principais grupos que geram o maior aporte na disposição de nutrientes na teia alimentar são os organismos fragmentadores, coletores e predadores, sendo os fragmentadores e coletores os principais consumidores primários em ambientes aquáticos florestados, atuando como um elo importante entre a matéria orgânica que entra nos corpos d'água e onde eles realizam suas principais funções dentro do processo de decomposição (Graça *et al.*, 2002; Gonçalves *et al.*, 2014). Os organismos predadores invertebrados e vertebrados ajudam no processo do fluxo de matéria e energia nos sistemas aquáticos, já que estes alimentam-se de consumidores primários, transformando os recursos disponíveis em energia livre para ser usada nas cadeias tróficas (Cheshire *et al.*, 2005; Raposeiro *et al.*, 2012).

A estrutura trófica da comunidade de macroinvertebrados e sua composição refletem na qualidade e na disponibilidade da matéria orgânica gerada pela vegetação marginal, que podem também alterar de forma positiva ou negativa na abundância e riqueza dos organismos presentes (Richardson, 2005; Kiffney & Richardson, 2010). Além disso, alterações na cobertura ripária, como por exemplo a substituição de espécies nativas por exóticas, ou mesmo o desmatamento, têm sido referidas como capazes de alterar a estrutura das comunidades e o funcionamento do ecossistema (Graça *et al.*, 2002; Gonçalves *et al.*, 2006a; Boyero *et al.*, 2012). Entretanto a importância de conhecer o processo de decomposição foliar e seu efeito sobre a fauna sendo é ferramenta para a identificação de fatores que podem afetar a diversidade e a estrutura da biota de ambientes aquáticos, principalmente em ambientes lóticos de baixa ordem (Buss *et al.*, 2004; Costa & Melo, 2008).

O processo de decomposição proporciona um método de avaliação da influência da entrada de material alóctone, principalmente folhas, nos ambientes aquáticos, e permite mostrar sua relação com a comunidade de macroinvertebrados bentônicos (Wantzen *et al.*, 2002; Santiago, 2007; Zakia, *et al.*, 2009; Boyero *et al.*, 2012). Desta forma a avaliação da estrutura da comunidade bentônica associada ao processo e dinâmica de perda da massa de folhas de espécies nativas e exóticas (Eucalipto), permite comparar se existem alterações, modificações ou impactos pela introdução

de espécies exóticas nos sistemas aquáticos com vegetação ciliar nativa (Moulton & Magalhães, 2003; Trevisan & Hepp, 2007; Hepp, *et al.*, 2010; Olson *et al.*, 2014), mostrando assim que o grau de conservação das matas ciliares é garante da qualidade da água dos sistemas aquáticos que as acompanham, pois, estas matas desempenham uma importante função na de entrada de nutrientes, proporcionando aos organismos recursos para sua manutenção e qualidade para realizar suas funções naturais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A mata ciliar e sua relação com os ecossistemas aquáticos

A mata atlântica se estende de forma contínua ao longo da costa brasileira, (Galindo L & Câmara, 2003; Moulton & Magalhães, 2003), sendo um bioma que suporta uma alta biodiversidade e abriga grandes bacias hidrográficas do Brasil (Oyakawa *et al.*, 2006; Zakia, *et al.*, 2009). A mata atlântica é majoritariamente composta por uma série de serras paralelas e consiste na sua maioria de diversos tipos de florestas pluviais tropicais e subtropicais (Tonhasca, 2005; Lagos & Muller, 2007; Rodrigues & Shepherd, 2009). Atualmente a mata atlântica preservada encontra-se reduzida a pequenas áreas florestais remanescentes, concentradas nas regiões Sul e Sudeste do Brasil e estão restritas às unidades de conservação (Pinto & Brito, 2005; Agostinho *et al.*, 2005; Oyakawa *et al.*, 2006; Nessimian *et al.*, 2008). O desmatamento e a retirada da vegetação, geram múltiplos impactos como, erosão do solo, sedimentação, entrada de substâncias tóxicas, perda de nutrientes no solo e na água e interferência nos ciclos biológicos, sendo estas algumas das principais alterações e causas da perda da biodiversidade em ecossistemas aquáticos e terrestres (Corbi & Trivinho-Strixino, 2008; Yoshimura, 2012; Leite-Rossi & Trivinho-Strixino, 2012; Corbi *et al.*, 2013).

A conservação da vegetação ripária é de grande importância já que é responsável por importantes interações entre os ecossistemas terrestres e aquáticos (Collier *et al.*, 2004; Cornut *et al.*, 2010) e contribui para a integridade e qualidade dos recursos hídricos destes ambientes (Lima, 2003; Lorion & Kennedy, 2009). Ao mesmo tempo, a composição e diversidade de espécies de árvores e arbustos de zonas ripárias é essencial, já que a alta diversidade de espécies vegetais e cujas folhas variam em suas características físicas e químicas (Hoover *et al.*, 2006; Naiman *et al.*, 2010) influenciam diretamente na cadeia de detritos, nas relações e na disponibilização de nutrientes e energia aos ecossistemas (Allan, 2004; Swan & Palmer, 2004; Rodrigues & Shepherd, 2009)

Os rios de zona ripárias distinguem-se por possuir pequenas dimensões e ser margeados na sua grande maioria por vegetação ripária, sendo esta vegetação

responsável pela limitada produção de material autóctone nestes sistemas aquáticos, devido à reduzida disponibilidade de energia luminosa (Janisch *et al.*, 2012; Olson *et al.*, 2014). Deste modo, estes sistemas são abastecidos pela entrada de matéria orgânica alóctone proveniente da vegetação ciliar como folhas, galhos e outros detritos (Lepori *et al.*, 2005; Gonçalves *et al.*, 2006b), proporcionando os nutrientes e alimento para os organismos aquáticos (Chung *et al.*, 2012; Wagenhoff *et al.*, 2012). A mata ciliar é a principal fonte de energia e nutrientes para as comunidades aquáticas, além, de executar uma série de funções hidrológicas que sustentam a integridade ambiental das bacias hidrográficas e as suas correntes, servindo como buffer e filtragem de nutrientes e poluentes agrícolas, controlando a erosão e sedimentação (Verhoeven *et al.*, 2006; Arnaiz *et al.*, 2011), aumentando a capacidade de armazenamento de água, (Vondracek *et al.*, 2005; Vandermeer & Perfecto, 2007) permitindo a acumulação da matéria orgânica da vegetação ripária, estabilizando bancos do córrego das margens do solo, e aumentando a heterogeneidade do leito do rio, resultando em variações de velocidade, produção de sedimentos e algumas características do ambiente, gerando diferentes habitats para as comunidades biológicas, contribuindo para a manutenção e equilíbrio dos ecossistemas hídricos (Naiman *et al.*, 2005; Abelho, 2014).

2.2. Processo de decomposição foliar em ambientes aquáticos

Em riachos, a zona ripária que representa a interface entre ecossistemas terrestres e aquáticos é definida como ecótono (Agostinho *et al.*, 2005; Ward & Wienes, 2001; Ricklefs, 2010) e é caracterizada por gradientes de fatores ambientais, processos ecológicos e há comunidades vegetais e aquáticas, tendo características peculiares que promovem a manutenção de diversas espécies dentro desse ecossistema (Lima, 2003; Tundisi & Tundisi 2008; Hepp *et al.*, 2010). As matas ciliares ao longo das margens dos corpos d'água fornecem serviços ambientais importantes, como o controle da entrada de nutrientes, manutenção da qualidade da água, a redução da erosão e controle de temperatura, mantendo a integridade da bacia e a estabilidade das comunidades biológicas sob a sua influência (Couceiro *et al.*, 2006; Firmino *et al.*, 2011). Em riachos de pequeno porte, a entrada de material orgânico oriundo da vegetação ripária, representa a principal fonte de energia (Cummins *et al.*, 1973;

Wallace *et al.*, 1997; Pettit *et al.*, 2012), já que a vegetação marginal existente reduz consideravelmente a penetração de luz (Shortle *et al.*, 2001; Oyakawa *et al.*, 2006; Moretti *et al.*, 2007a; Begon *et al.*, 2007), sendo a degradação destes detritos um importante passo na disponibilização de energia para a rede trófica do riacho.

A matéria orgânica provém de duas principais fontes: autóctone, produzida pelos organismos fotossintetizantes dentro do próprio rio, e alóctone, de origem terrestre proveniente da vegetação do entorno (Moore & Palmer, 2005; Yule *et al.*, 2009). A matéria orgânica de origem alóctone é a principal fonte de energia utilizada no metabolismo do ecossistema (Graça & Zimmer, 2005; Wantzen, 2008; Tank *et al.*, 2010) e pode ser classificada em três frações distintas, principalmente caracterizadas pelo tamanho de suas partículas (Cummins *et al.*, 2005; Esteves & Gonçalves, 2011). A matéria orgânica partícula grossa (MOPG), que inclui a liteira (> 1mm de diâmetro), compreende geralmente troncos, galhos, folhas, flores e frutos, a matéria orgânica particulada fina (MOPF) compreende a liteira entre 0,45 µm e 1 mm de diâmetro, que é o resultado da atividade microbiológica, dos invertebrados aquáticos e dos componentes físicos e químicos do riacho, como pH, temperatura, vazão, condutividade elétrica e outros. E finalmente, a matéria orgânica dissolvida (MOD) compreende as partículas ≤ 0,45 µm de diâmetro formada por compostos químicos, lixiviação e excretas de algas e animais (Gonçalves *et al.*, 2006a; Graça & Canhoto, 2006; Sabater *et al.*, 2008; Gonçalves & Callisto, 2013).

A composição do material alóctone dentro do rio afeta diretamente a estrutura da comunidade e a dieta da fauna aquática, e conseqüentemente, o ecossistema aquático como um todo (Allan & Castillo, 2007; Carvalho & Uieda, 2010; Oslon *et al.*, 2014). Os detritos vegetais, uma vez na água, estão sujeitos à decomposição, um processo chave para a ciclagem de nutrientes e biogeoquímica em ambientes aquáticos, desempenhando processos como transferência de energia e interações tróficas (Sensolo *et al.*, 2012; Gonçalves *et al.*, 2014) (Figura 1).

Figura 1. Modelo geral do fluxo de energia e processamento da matéria orgânica num sistema aquático (Adaptado de Begon *et al.*, 2007) MOPG: Matéria Orgânica Particulada Grossa, MOPF: Matéria Orgânica Particulada Fina, MOD: Matéria Orgânica Dissolvida.

Os diferentes componentes da matéria orgânica passam por diversos processos físicos, químicos e biológicos até serem convertidos em matéria orgânica fina e dissolvida, cuja dispersão é facilitada pelo seu tamanho reduzido (Ensing & Doyle, 2006; Zhang *et al.* 2008; Silva *et al.* 2011).

Fatores importantes são o padrão do fluxo e vazão da água, onde os períodos de vazão máxima e consequentes inundações tem o potencial de carrear uma grande quantidade de nutrientes para dentro do ecossistema (Leroy & Marks, 2006; Acuña *et al.*, 2007; Gonçalves *et al.*, 2014). O transporte depende do tamanho e da densidade das partículas orgânicas, assim como das características físicas do rio, como profundidade, fluxo da água e obstáculos que as retenham (Afonso & Henry, 2002; Ardón *et al.*, 2009; Parron *et al.*, 2011). Este processamento ocorre em três fases distintas (lixiviação, condicionamento e fragmentação física), que são separadas por uma escala temporal. Entretanto, estas etapas do processamento de decomposição são interdependentes, não sendo possível uma distinção temporal entre cada uma delas (Allan & Castillo, 2007; Macdonald & Taylor, 2008; Cornut *et al.*, 2010) (Figura 2), e o restante é exportado rio abaixo pela corrente do rio para aproveitamento dos nutrientes disponíveis. (Afonso & Henry, 2002; Wantzen & Wagner 2006; Souza & Cunha *et al.*, 2015). A seguir se descrevem de forma geral o que ocorre em cada uma das fases do processo de decomposição foliar.

- I. A lixiviação é a perda rápida de constituintes hidrossolúveis da folha logo após a imersão no curso d'água. Esta fase dura algumas horas e representa até 30% da massa inicial foliar na maioria das espécies, proporcionando mudanças na composição química das folhas. Esta etapa depende de variáveis como a temperatura da água, correnteza, espécie e composição química da folha.
- II. Condicionamento é a modificação ou degradação da matéria orgânica pela atividade de microorganismos (fungos e bactérias) da matriz foliar, que além de digerirem compostos como celulose e lignina, fornecem o enriquecimento nutricional das folhas e ao mesmo tempo que se inicia a ação biológica da decomposição, tornando as folhas mais macias e palatáveis para os organismos invertebrados. Esta fase pode durar algumas semanas.
- III. Fragmentação física é resultante da abrasão física do fluxo da água e da atividade alimentar de invertebrados aquáticos, que são responsáveis pela degradação final do detrito vegetal, reduzindo a matéria orgânica particulada grossa em partículas menores. É um processo físico promovido por fatores como a turbulência ou a corrente do curso de água, e um processo biológico que pode demorar meses.

Figura 2. Modelo teórico do processamento e das interações ocorridas na decomposição dos detritos vegetais para uma folha de árvore com decomposição média-rápida em um córrego temperado (Adaptado de Allan, 1995; Gonçalves, 2005; Allan & Castillo, 2007).

Esta sequência de fases não deve ser vista apenas como um processo sucessivo ou temporal, pode ser visto também como eventos simultâneos que interagem entre si durante a decomposição da matéria orgânica (Allan & Castillo, 2007; Cornut *et al.*, 2010). O processo de decomposição permite estudar temas importantes na ecologia límnic como a ciclagem de nutrientes (Hepp *et al.*, 2010; Abelho, 2014) e alterações antrópicas nos ecossistemas aquáticos podem ser avaliadas através de modificações no processo de decomposição (Gessner & Chauvet, 2002; Zakia, *et al.*, 2009; Maestre *et al.*, 2012).

2.3. Os invertebrados aquáticos e a fragmentação folhar

A vegetação ripária tem uma estreita relação com o funcionamento e manutenção da diversidade em riachos, além da influência no estabelecimento das comunidades aquáticas (Maloney *et al.* 2009; Carvalho & Uieda, 2010; Leite-Rossi & Trivinho-Strixino, 2012). Sua remoção tem grandes efeitos sobre estes ecossistemas, já que afeta diretamente o aporte de detritos vegetais e a disponibilidade alimentar dos invertebrados aquáticos (Ardón & Pringle, 2008; Kominoski *et al.*, 2012), gerando assim impactos sobre a composição da fauna de organismos macroinvertebrados. (Danger & Robson, 2004; Spanhoff *et al.*, 2007; Yoshimura, 2012).

A distribuição e diversidade de macroinvertebrados bentônicos está relacionada a fatores abióticos como a temperatura, a concentração de oxigênio dissolvido, a velocidade da água, a abundância de recursos, a concentração de nutrientes, o tipo de substrato ou detrito, o tempo de exposição dos detritos, a diversidade do substrato e heterogeneidade do habitat (Taniguchi & Tokeshi, 2004; Brown, 2007; Abelho, 2008; Burdett & Watts, 2009; Suriano *et al.*, 2011). A eliminação, alteração ou variação da qualidade e variedade da matéria orgânica, representada na vegetação ciliar, pode alterar significativamente a abundância e a riqueza dos organismos presentes, sendo capaz de alterar a estrutura das comunidades dos grupos funcionais de macroinvertebrados e o funcionamento do ecossistema (Corbi & Trivinho-Strixino, 2006; Grönroos & Heino, 2012; Boyero *et al.*, 2012).

A comunidade de macroinvertebrados cumpre diferentes funções no processo de decomposição da matéria orgânica, assim, na ciclagem de nutrientes e disposição de energia na rede trófica, a comunidade de insetos aquáticos bentônicos pode ser

classificada em diferentes grupos tróficos funcionais de acordo com suas características morfológicas e comportamentais, como organismos fragmentadores, coletores, raspadores, filtradores e predadores. (Figura 3) Dentro do grupo dos coletores pode ocorrer uma subdivisão entre coletores-raspadores e coletores-filtradores, tendo organismos que cumprem com diferentes funções e se adaptam as condições do sistema (Merrit & Cummins, 1996; Gessner *et al.*, 1999; Graça, 2001; Allan & Castillo, 2007).

Figura 3. Desenho geral do processamento biológico da matéria orgânica num sistema aquático (Adaptado de Cummins & Klug, 1979 e Allan & Castillo, 2007).

A principal característica dos macroinvertebrados bentônicos é realizar a conversão física da MOPG em MOPF e MOD (Allan & Castillo, 2007; Boyero *et al.*, 2012; Gonçalves & Callisto, 2013). A ação fragmentadora destes organismos para a conversão da matéria orgânica facilita o carreamento destas pela correnteza para trechos a jusante do riacho, proporcionando os nutrientes e o fluxo de energia na rede trófica do riacho. A alimentação de organismos macroinvertebrados coletores é promovida na presença de fragmentadores (Sponseller & Benfield, 2001; Dudgeon & Gao, 2011; Raposeiro *et al.*, 2012), na qual a MOPG é utilizada diretamente como

alimento pelos fragmentadores ou como abrigo para outros grupos de invertebrados (Graça *et al.*, 2002; Moretti, 2005; Gonçalves *et al.*, 2007). Os organismos fragmentadores proporcionam através de abrasão, perfuração e escavação, a exposição do tecido vegetal, o que leva a produção de MOPF que se acumula na superfície do sedimento permanecendo disponível para os organismos coletores e raspadores para ser transferida aos níveis tróficos superiores (Graça *et al.*, 2002; Gonçalves *et al.*, 2006c).

Os fragmentadores e coletores são os principais consumidores primários em ambientes aquáticos florestados, agindo como um elo entre a matéria orgânica que entra nos corpos de água e os predadores invertebrados e vertebrados (Hieber & Gessner, 2002; Cheshire *et al.*, 2005; Gonçalves *et al.*, 2014). Os invertebrados fragmentadores têm um importante papel na aceleração de taxas de decomposição de detritos alóctones em riachos de baixa ordem em regiões tropicais e regiões temperadas (Hieber & Gessner, 2002; Royer & Minshall 2003; Gonçalves *et al.*, 2012). A grande diversidade existente de macroinvertebrados em ecossistemas aquáticos faz deles uma importante ferramenta para a conservação dos ecossistemas (Janke & Trivinho-Strixino 2007; Ardón *et al.*, 2009), pois eles refletem as condições dos recursos que podem ser tornar alterados ou ausentes por mudanças no ambiente devido a diferentes tipos de perturbação do ambiente.

2.4. As folhas exóticas e composição química das folhas

As espécies da vegetação ripária são em sua maioria diversas, o que deriva em uma alta heterogeneidade física e química da matéria orgânica nos ecossistemas aquáticos lóticos de baixa ordem. As espécies vegetais dependem de suas propriedades físicas e químicas como a dureza foliar, presença e concentração de compostos secundários e a razão C:N (Swan & Palmer, 2004; Nin *et al.*, 2009), como um dos principais fatores controladores da velocidade de decomposição dos detritos foliares (Leroy & Marks 2006; Begon *et al.* 2007; Lopes *et al.*, 2013). Os compostos químicos e alguns nutrientes presentes nas folhas variam nas diferentes espécies vegetais. Esses compostos químicos podem ser parte das folhas e geram a proteção necessária para plantas contra bactérias e fungos, podem permanecer ativos após a queda das folhas e são lixiviados e eliminados delas no decorrer do processo de

decomposição (Gessner *et al.*, 1999; Lima, 2003; Krusche *et al.*, 2005; Graça & Cressa, 2010).

O grau de alteração da vegetação gerado pelo cultivo de espécies exóticas ou pelo desmatamento, pode se refletir nos processos funcionais que ocorrem no rio (Valle *et al.*, 2013; Biasi *et al.*, 2013). A quantidade de compostos secundários presentes nas folhas de vegetação exótica introduzida podem ser tóxicos, alterar a qualidade da água e variar as condições para os organismos que ocupam este tipo de ecossistemas (Graça & Zimmer, 2005; Johnson *et al.*, 2006; Corbi & Trivinho-Strixino, 2008; Alonso *et al.*, 2010), podendo modificar o padrão de colonização da comunidade de invertebrados bentônicos que tende a ser diferente comparado com o padrão das espécies nativas (Graça *et al.*, 2002; Wantzen & Wagner, 2006). A importância do processo de fragmentação é de grande relevância para o fluxo de matéria orgânica dentro da cadeia trófica ao longo do riacho e têm um importante papel no fluxo de energia, na ciclagem e circulação dos nutrientes disponíveis no rio. (Perrings, 2011; Cardinale *et al.*, 2012)

A substituição da vegetação ripária nativa por florestas plantadas de espécies exóticas, como o *Eucalyptus*, pode causar a perda da qualidade e quantidade da matéria alóctone (Gessner & Chauvet, 2002; Gonçalves, 2005; Encalada *et al.*, 2010; Canhoto *et al.*, 2013), e resultar na exclusão e retardo do crescimento da comunidade de microorganismos, tornando as folhas pouco palatáveis para alguns fragmentadores, além, da baixa ou nula participação de diversos grupos de macroinvertebrados no processo de decomposição e principalmente, o grupo de organismos fragmentadores (Gonçalves *et al.*, 2007), que são um dos principais agentes da transformação da MOPG em MOPF no processo de decomposição e transformação da matéria orgânica disponível nos sistemas aquáticos alóctones (Graça *et al.*, 2002; Costa, *et al.*, 2005; Albarino *et al.*, 2008; Abelho, 2008).

3. OBJETIVOS

3.2. Objetivo geral

- » Avaliar o processo de decomposição foliar e a colonização da comunidade de macroinvertebrados em duas folhas nativas e uma exótica num riacho localizado em uma Unidade de Conservação (Floresta Nacional de Ipanema), SP, Brasil.

3.3. Objetivos específicos

- » Caracterizar a comunidade de macroinvertebrados bentônicos colonizados em folhas de plantas nativas e exótica, num riacho com mata ciliar.
- » Analisar o processo de decomposição e determinar os coeficientes de decomposição para folhas de espécies de plantas nativas e exótica em um riacho de primeira ordem.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área de estudo

O Ribeirão do Ferro está inserido em uma Unidade de Conservação Federal (U.C), a Floresta Nacional de Ipanema (Flona de Ipanema) localizada no interior do Estado de São Paulo, Brasil (Figura 4), entre a latitude $23^{\circ} 21'$ e $23^{\circ} 30'$ S e longitude de $47^{\circ} 30'$ e $47^{\circ} 45'$ W, englobando parte dos municípios de Iperó, Araçoiaba da Serra e Capela do Alto. Está localizada a 120 km da cidade de São Paulo, estendendo-se por uma área de 5.069 há. A região da Floresta Nacional de Ipanema caracteriza-se por apresentar clima tipo Cfa, segundo o sistema de Koeppen (baseado numa análise de 30 anos, entre 1968 e 1997), (Albuquerque & Rodrigues, 2000; Fávero *et al.* 2004; Bataghin, 2010) considerando-se um clima subtropical, Na U.C ocorrem diversos riachos, pequenos lagos, o rio Ipanema e a represa de Hedberg.

Figura 4. Localização e limites da Floresta Nacional de Ipanema, Estado de São Paulo; Latitude $23^{\circ} 21'$ e $23^{\circ} 30'$ e Longitude de $47^{\circ} 30'$ e $47^{\circ} 45'$ W (Bataghin, 2010).

A Floresta Nacional de Ipanema (Figura 5) tem como missão proteger, conservar e restaurar os remanescentes de vegetação nativa do domínio de Mata Atlântica, especialmente o Morro de Araçoiaba e seus ambientes associados como a floresta estacional semidecídua e o cerrado paulista (Albuquerque & Rodrigues, 2000; Smith *et al.* 2013). Além de seus atributos históricos e culturais, tem como objetivo promover o manejo florestal, o uso público e ser referência em integração socioambiental e de pesquisa (IBAMA, 2003; ICMBio, 2015a).

Figura 5. Floresta Nacional de Ipanema: localização, limites, zona de amortecimento e municípios. Imagem LANDSAT 5- 2011-09-03 (Fonte: Afonso, ICMBio 2015_b).

O Ribeirão do Ferro é um riacho típico de primeira ordem da Mata Atlântica, estando localizado dentro da Floresta Nacional de Ipanema, no relevo de 725 a 875m e encontra-se encaixado entre as vertentes onde ocorrem uns dos declives mais acentuados da Flona (IBAMA, 2003). Percorre a maior parte do seu curso áreas cobertas com vegetação ripária com grande quantidade de espécies foliares nativas preservadas e, em menor presença, espécies exóticas inseridas. A área de estudo apresenta uma precipitação média anual na ordem de 1.400 mm, com mínimo de 800 mm e máximo de 2.200 mm dos meses com menor pluviosidade vão de julho a novembro, e os meses com maior pluviosidade de março a maio (ICMBio, 2015_a).

4.2. Metodologia

4.2.1. Caracterização ambiental do Ribeirão do Ferro

Para caracterização ambiental do riacho Ribeirão do Ferro foram escolhidos três pontos ao longo do riacho e obtidos *in situ* alguns parâmetros físicos e químicos

da água: temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos, utilizando uma sonda multi-parâmetro da marca Oakton 600 Series Waterproof Portable Meters, estes parâmetros foram mensurados quinzenalmente durante a execução do experimento (julho a setembro de 2014 e fevereiro a abril de 2015).

Foi aplicado o protocolo de avaliação da diversidade de habitats de acordo com Callisto *et al.* 2002 (Anexo 1^a, Anexo 1^b) que permite caracterizar as condições ecológicas do sistema aquático, além de avaliar se existe ou não impactos antrópicos nestes ambientes. O substrato, predominantemente nos três pontos, varia de rochas a fundo arenoso com presença de material orgânico de origem alóctone como folhas, galhos e outros (Figura 6).

Figura 6. Pontos selecionados no Ribeirão do Ferro para disposição das malhas **(A)** Ponto 1 (23k 0231203) **(B)** Ponto 2 (23k 0232078) **(C)** Ponto 3 (23k0232044), Floresta Nacional de Ipanema, SP.

4.2.2. Delineamento experimental

Para o desenvolvimento do experimento foi utilizado o método de litter bags, que consiste numa forma de avaliação direta da taxa de decomposição da folha em

medidas de perda de massa do material em um intervalo de tempo conhecido. Foram realizadas coletas de folhas de espécies nativas das margens nos pontos estudados e espécie exótica de uma área de alta ocorrência dessa espécie. Foram escolhidas três espécies estabelecendo três tratamentos (Figura 7). Os dois primeiros tratamentos utilizando as duas espécies de folhas nativas mais abundantes e predominantes nas margens do riacho Ribeirão do Ferro (1) *Inga marginata* (2) *Matayba elaeagnoides* (Albuquerque & Rodrigues, 2000). Para o terceiro tratamento foi utilizada folhas da árvore exótica, (3) *Eucalyptus grandis*, distribuída amplamente na unidade de conservação.

Figura 7. (A) Folhas da árvore nativa *Inga marginata* **(B)** Folhas da árvore nativa *Matayba elaeagnoides* **(C)** Folhas da árvore exótica *Eucalyptus grandis*, utilizadas como tratamentos para o experimento de decomposição.

Do material foliar foram dispostos $\pm 4g$ de folha seca em cada uma das malhas plásticas de 20cm x 20cm de ± 10 mm de diâmetro de abertura (Canhoto *et al.*, 2005; Leroy & Marks, 2006; Nin *et al.* 2009; Raposeiro *et al.* 2014) (Figura 8). Estas foram dispersas nas áreas marginais ao longo do trecho escolhido, em cada um dos três pontos. As redes foram colocadas e presas por cordas às árvores marginais com os ajustamentos necessários. As malhas permitiram a entrada de macroinvertebrados bentônicos aquáticos que se alimentaram do material orgânico das folhas e o resultante destas. Estas ficaram imersas (Gonçalves *et al.*, 2007; Yoshimura, 2012;

Gonçalves *et al.*, 2014) durante um período máximo de 60 dias e retiradas em 4 períodos, 15, 30, 45 e 60 dias, após o início do experimento.

Figura 8. Modelo de malha 20x20 cm (*litter-bag*) usada no experimento de decomposição.

4.2.3. Triagem do folhiço

Os tratamentos de folhas foram fixados nas margens do riacho e fixação foi feita em árvores ribeirinhas através de um fio de nylon resistente, onde ficaram agrupados simulando acúmulos de folhas que ocorrem naturalmente. Os pacotes de folhas permaneceram por períodos de 15, 30, 45 e 60 dias. Após cada um dos pacotes foram retirados, colocados em sacos plásticos individuais, marcados com data, ponto, tipo de tratamento de folha e transportados em até o laboratório (Laboratório de limnologia USP-CRHEA, Laboratório de ecologia estrutural UNIP campus Sorocaba) (Figura 9). Junto ao experimento de decomposição foram realizadas medidas de temperatura, condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido e total de sólidos totais dissolvidos.

Figura 9. Malha de decomposição (Litter Bags) (A) Tratamento antes do início do experimento (B) Tratamento incubado para colonização e decomposição (C) Tratamento após de período

de imersão. Tratamentos alocados no Riacho Riberão do Ferro, Floresta Nacional de Ipanema, SP.

Todas as amostras foram levadas para o laboratório, onde os detritos foliares remanescentes dos tratamentos de folhas, foram lavados com água corrente sobre um conjunto de peneiras, sendo a primeira peneira de malha 0,500 mm e a segunda de malha 0,250 mm (Rezende *et al.*, 2012; Biasi *et al.*, 2013; Leite-Rossi *et al.* 2015), onde foram separados os detritos remanescentes de cada tratamento e os macroinvertebrados aderidos.

O material livre de resíduos e sedimentos aderidos, foi seco numa estufa durante 48h a 60°C para obtenção de peso do peso seco, para obter o valor total da massa remanescente de cada tratamento (Canhoto, & Graça, 2006; Torres *et al.*, 2013; Leite-Rossi & Trivinho-Strixino, 2012). O percentual de massa remanescente foi estabelecido a partir da massa inicial da amostra ($\pm 4g$) e o valor da massa remanescente seca, depois de seco o material na estufa. Este percentual foi obtido para todos os tratamentos em cada um dos períodos (15, 30, 45 e 60 dias).

O coeficiente de decomposição de cada uma das folhas estudadas (*Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*) foi obtido através do modelo exponencial de decaimento de massa proposto por Olson, 1963 (Petersen & Cummins, 1974; Webster & Benfield, 1986; Benfield, 2006).

$$W_t = W_0 e^{-kt}$$

W_t : Massa remanescente no tempo t (em dias)

W_0 : Massa inicial de cada tratamento

k: Coeficiente de decomposição

Através do valor desse coeficiente de decaimento foliar, as espécies são classificadas com taxas de lenta ($k < 0,005 \text{ d}^{-1}$), intermediária ($0,005 \text{ d}^{-1} < k < 0,010 \text{ d}^{-1}$) e rápida ($k > 0,010 \text{ d}^{-1}$) (Olson, 1963, Petersen & Cummins, 1974; Webster & Benfield, 1986; Benfield, 2006).

4.2.4. Identificação taxonômica

O material de cada um dos tratamentos foi retirado do local com fins de pesquisa para captura e transporte de espécimes da fauna silvestre por meio da autorização dada pela SISBIO para atividades com finalidade científica Número 43708-2) (Anexo 2).

Os macroinvertebrados encontrados e aderidos nas amostragens de cada um dos tratamentos foram armazenados em frascos com álcool 70%, marcando a amostra com data e o responsável pela coleta. Os organismos foram triados e contados utilizando microscópio estereoscópico. Com o auxílio de chaves taxonômicas os organismos foram identificados até o menor táxon possível (Bouchard *et al.*, 2004; Domínguez & Fernández, 2004; Cummins *et al.*, 2005; Borkent *et al.*, 2007, Passos *et al.* 2007; Mugnai *et al.*, 2010; Hamada *et al.*, 2014) – **Coleoptera** - Benetti *et al.*, 2003; Benetti *et al.*, 2006; Ottoboni Segura *et al.*, 2011; Segura *et al.*, 2011; Segura *et al.*, 2012; Colpani *et al.*, 2014 – **Diptera** – Pepinelli *et al.*, 2003; Kleine *et al.*, 2005; Strixino & Sonoda, 2006; Silva *et al.*, 2008; Sanseverino & Nessimian, 2008; Pinho, 2008; Anjos & Takeda, 2010; Trivinho-Strixino, 2011; Trivinho-Strixino *et al.*, 2013 – **Ephemeroptera** – Da Silva *et al.*, 2002; Da Silva *et al.*, 2003; Salles *et al.*, 2004; Mariano & Froehlich, 2007; Da-Silva *et al.*, 2010; Falcão *et al.*, 2011; Paciencia *et al.*, 2011 – **Hemiptera** – Nieser & Melo, 1997; Pelli *et al.*, 2006; Heckman, 2011; Nemesio & Melo, 2012; Floriano *et al.*, 2013; Nieser *et al.*, 2013; Rodrigues *et al.*, 2014 – **Odonata** – Machado *et al.*, 2000; Carvalho & Calil *et al.*, 2000; Costa *et al.*, 2004; Heckman, 2006; Souza *et al.*, 2007; Heckman, 2008; Dalzochio *et al.*, 2011; de Figueiredo *et al.*, 2013 – **Trichoptera** – Paprocki *et al.*, 2004; Pes *et al.*, 2005; Spies *et al.*, 2006; Calor, 2007; Spies & Froehlich, 2009; Calor, 2011. Após a identificação alguns organismos foram confirmados com ajuda de especialistas nas ordens coleoptera (Dra Melissa Ottoboni Segura) Diptera (Prof Dr Juliano Corbi) Hemiptera (Prof Dr Alan Lane de Melo) Os organismos foram classificados de acordo com os seguintes grupos tróficos funcionais: coletores, predadores, fragmentadores, raspadores e filtrador, os níveis tróficos foram atribuídos para cada morfoespécie segundo seu mecanismo alimentar (grupo funcional trófico) proposto (Merritt & Cummins. 1996; Callisto *et al.*, 2001; Cummins *et al.* 2005 Moretti *et al.* 2007_b; Costa

et al., 2006; Merritt *et al.*, 2008; da Silva *et al.* 2008; Silva *et al.* 2008; Laurindo *et al.* 2009 (Figura 10).

Figura 10. Representação geral dos grupos tróficos funcionais e sua relação na decomposição de matéria orgânica (Adaptado de Cummins & Klug, 1979).

4.2.5. Análise de dados

Foi organizada uma base de dados que contém as diferentes informações por ponto, data e época avaliada, onde foram dispostas informações como parâmetros físicos e químicos da água, massa remanescente para cada uma das espécies de folhas testadas, a porcentagem de perda das folhas, taxas de decomposição, abundância de macroinvertebrados, taxas colonizadas, grupos tróficos funcionais e densidade de macroinvertebrados para cada um dos tratamentos.

Foi aplicado o protocolo de avaliação da diversidade de habitats de acordo com Callisto *et al.* 2002, que avalia um conjunto de parâmetros em categorias descritas e pontuadas, a pontuação atribuída a cada um dos parâmetros avaliados, é feita com a observação das condições de habitat do sistema avaliado, os valores finais do protocolo se são o somatório dos valores atribuídos aos parâmetros avaliados.

As diferenças nas características físicas e químicas para cada época (seca e chuva), para cada ponto, e as diferenças entre as épocas foram verificadas através de um análises de compotentes principais (programa estatístico PAST3.0 para Windows). As taxas de decomposição (k) para cada um dos tratamentos de Inga

marginata, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis* foram determinadas através da utilização do modelo exponencial negativo $W_t = W_0 \cdot e^{-kt}$, onde W_t (Olson, 1963, Petersen & Cummins, 1974; Webster & Benfield, 1986; Benfield, 2006), calculadas utilizando o programa Mathematica® 10.1 onde foram encontrados os valores ótimos do modelo exponencial negativo para o ajuste da curva de decaimento para cada uma das folhas avaliadas.

A diferença entre as perdas de massa foi realizada por meio de uma análise de variância ANOVA One-Way, onde foram comparadas as massas remanescentes para cada um dos tratamentos de *Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis* em cada uma das datas testadas, quando os tratamentos apresentaram diferenças significativas ($\alpha < 0,05$), foi aplicado o teste de Tukey a posteriori. Para avaliar a diferença nas massas remanescentes da liteira entre as três espécies e os diferentes tempos de imersão do experimento, foi realizada análise de variância (ANOVA) Two-Way onde as três espécies de folhas, as datas do experimento (15, 30, 45, 60 dias) e a massa remanescente de cada uma, foram usadas dentro da análise estatístico (programa estatístico PAST3.0 para Windows). As perdas de massa entre os pontos foram avaliadas estatisticamente usando um análise ANOVA One-Way e as comparações a *posteriori* entre os pontos que apresentaram as maiores perdas foram realizadas a partir do teste de Tukey (programa estatístico PAST3.0 para Windows). Foram analisadas as diferenças na decomposição entre as épocas testadas onde foi usada uma análises ANOVA One-Way.

A diferença no número de organismos colonizados em cada folha foi analisada com um análise ANOVA One-Way realizando um teste a *posteriori* aplicando um teste de Tukey (programa estatístico PAST3.0 para Windows). Os organismos foram identificados até o menor nível taxonômico possível (gênero) e foram contados e divididos nas famílias correspondentes, determinando a porcentagem presente em cada uma das folhas testadas, assim foi determinado a porcentagem de cada um dos grupos tróficos funcionais colonizados em cada um dos tratamentos testados, a distribuição temporal dos grupos funcionais para os tratamentos de *Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*, foram analisadas com uma análises ANOVA One-Way, para determinar se existiam diferenças na distribuição dos organismos. A densidade foi analisada para cada uma das datas avaliadas e foram analisadas suas diferenças por meio de uma análise ANOVA One-Way com um teste

Tukey a *posteriori*, foram analisadas as diferenças na colonização dos organismos entre cada um dos pontos testados usando uma análise ANOVA One-Way foi aplicado o teste de Tukey a posteriori.

5. RESULTADOS

5.1. Caracterização ambiental do Ribeirão de Ferro

As Figuras 11 e 12 mostram a pluviosidade mensal segundo o Instituto Nacional de Meteorologia na Estação Sorocaba – A713 (Código OMM: 86907, Registro 16 UTC). Na época de seca de 2014, nos meses de julho a setembro se apresentaram precipitações entre 30 mm a 90 mm, nos meses de fevereiro a abril de 2015 se registrou uma precipitação entre 10 mm e 70 mm, o que para este período representa uma média-baixa quantidade de chuva, em comparação com as chuvas acumuladas registradas normalmente e as chuvas registradas no ano 2014, mostrando que o ano de 2015 foi um ano atípico em relação aos valores de chuva.

Figura 11. Pluviosidade acumulada mensal registrada na estação Sorocaba, pelo Instituto Nacional de Meteorologia, entre janeiro de 2014 e dezembro de 2014 (INMET, 2015).

Figura 12. Pluviosidade acumulada mensal registrada na estação Sorocaba, pelo Instituto Nacional de Meteorologia, entre janeiro de 2015 e dezembro de 2015 (INMET, 2015)

O riacho Ribeirão do Ferro apresentou sempre profundidades inferiores a um metro e larguras superiores a dois metros, para as duas épocas avaliadas, sendo maiores na época chuvosa (Tabela 1).

Tabela 1. Média da largura e profundidade de cada um dos pontos amostrados nas épocas de Seca e Chuva 2014 – 2015, Floresta Nacional de Ipanema, SP

	Profundidade (cm)		Largura (m)	
	Seca	Chuva	Seca	Chuva
Ponto 1	28,2	28,5	3,34	3,58
Ponto 2	22	36,2	2,41	2,34
Ponto 3	48,5	39	2,45	3,12

Algumas das características ambientais dos pontos, foram avaliadas com a aplicação do protocolo de avaliação da diversidade de habitats proposto por Callisto *et al.* 2002 (Anexo 1^a, Anexo 1^b), algumas das características das condições ecológicas avaliadas com o protocolo para cada um dos pontos avaliados são apresentadas na Tabela 2 (Tipo de ocupação as margens, tipo de fundo, tipo de substrato, erosão próxima nas margens, tipo de vazão).

Tabela 2. Caracterização ambiental de cada um dos pontos amostrados nas épocas de Seca e Chuva 2014 – 2015, Floresta Nacional de Ipanema, SP

Ponto	Caracterização
-------	----------------

Ponto 1	Mata ciliar preservada, Tipo de fundo rocha e areia, sedimento predominante cascalho e troncos, sem erosão nas margens, vazão baixo
Ponto 2	Mata ciliar conservada, Tipo de fundo rocha e areia, sedimento predominante cascalho, folhas e troncos, sem erosão nas margens, vazão moderado
Ponto 3	Mata ciliar conservada, Tipo de fundo areia, sedimento predominante areia e cascalho, sem erosão nas margens, vazão moderado

Através da pontuação específica para a cada área de estudo, o protocolo foi aplicado em cada um dos pontos analisados (Callisto *et al.* 2002), considerando as características ambientais avaliadas. O primeiro ponto teve uma avaliação de 95 pontos para a época seca e chuvosa, sendo a área com maiores pontuações na aplicação do protocolo, seguido do terceiro ponto com 80 pontos na época seca e 84 na época chuvosa, e o segundo ponto com uma avaliação de 78 pontos na época seca e 83 na chuvosa. Evidencia-se poucas diferenças nas características dos pontos (Figura 13), sendo todos os trechos considerados naturais, pois apresentaram valores acima de 60 pontos, de acordo com o protocolo (Callisto *et al.*, 2002).

Figura 13. Pontuações do protocolo de avaliação da diversidade de habitats (Callisto *et al.* 2002) de cada um dos pontos amostrados nas épocas de Seca e Chuva 2014 – 2015, Floresta Nacional de Ipanema, SP

Foram obtidos os valores dos parâmetros físicos e químicos do Ribeirão do Ferro (Tabela 3 e 4), onde se registraram valores de temperatura média de 17,49°C na época seca e 15,11°C para a época chuvosa, sendo os valores mais altos de temperatura registrados na época seca e as temperaturas mais baixas na época chuvosa, as medias nos valores de sólidos totais dissolvidos para época seca foi de 98,93 ppm e na chuvosa de 97,65 ppm, a condutividade elétrica média tivera um valor de 183,10 $\mu\text{S cm}^{-1}$ na época seca e de 182,13 $\mu\text{S cm}^{-1}$ para a época chuvosa, os valores de pH foram considerado próximo a ácido nas épocas de seca e chuva, com um valor médio de 6,42 na época seca e 6,44 na época chuvosa, o oxigênio dissolvido na água, apresentou um valor médio de 6,32 mg L^{-1} na época seca e na época chuvosa de 6,69 mg L^{-1} .

Tabela 3. Média e desvio padrão das características físicas e químicas da água dos pontos estudados no Riacho Ribeirão do Ferro na época Seca do ano 2014, referentes a 4 amostras durante os tempos amostrais de 15, 30, 45 e 60 dias. Floresta Nacional de Ipanema, SP.

Parâmetros SECA	MÉDIA		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
pH	6,56	6,50	6,20
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	6,32	6,44	6,21
Temperatura (°C)	17,48	17,42	17,56
Condutividade Elétrica (μS)	183,68	183,06	182,55
Total de Sólidos Dissolvidos (ppm)	98,41	98,36	100,01

Tabela 4. Média e desvio padrão das características físicas e químicas da água dos pontos estudados no Riacho Ribeirão do Ferro na época de Chuva do ano 2015, referentes a 4 amostras durante os tempos amostrais de 15, 30, 45 e 60 dias. Floresta Nacional de Ipanema, SP.

Parâmetros CHUVA	MÉDIA		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
pH	6,44	6,42	6,46
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	6,72	6,71	6,65

Temperatura (°C)	15,0	15,3	15,1
Condutividade Elétrica (µs)	182,00	182,42	181,98
Total de Sólidos Dissolvidos (ppm)	97,82	97,59	97,54

Não foram identificadas diferenças significativas nos diferentes parâmetros físicos e químicos da água (temperatura, total de sólidos dissolvidos, condutividade elétrica, pH e oxigênio dissolvido) entre os três pontos estudados na época seca ($F = 0,00088$; $p = 1$). Para a época chuvosa os dados físicos e químicos para os três pontos também não foram estatisticamente diferentes ($F = 0,00013$; $p = 1$). Não existem diferenças estatísticas nos dados físicos e químicos para as duas épocas avaliadas (seca e chuva $F = 0,00065$; $p = 1$) existindo pouca variação nos dados físicos e químicos nas épocas estudadas.

5.2. Decomposição foliar

5.2.1. Decomposição foliar na época de seca

As folhas de *Inga marginata* tiveram uma perda de massa foliar maior (69,5%) que as demais espécies, *Eucalyptus grandis* (65,9%) e *Matayba elaeagnoides* (52,8%), que perderam uma quantidade menor no mesmo intervalo de tempo. Verificou-se ainda que existe uma decomposição mais rápida nas folhas de *Inga marginata* e *Eucalyptus grandis* em relação a folha de *Matayba elaeagnoides*. O coeficiente de decomposição dos detritos foliares entre as três espécies de folhas estudadas apresentaram variações em sua taxa de decomposição (Figura 14 e 15), *Inga marginata* ($k = 0,02434 \text{ d}^{-1} \pm 0,0027$), *Eucalyptus grandis* ($k = 0,01831 \text{ d}^{-1} \pm 0,0016$) e *Matayba elaeagnoides* ($k = 0,01462 \text{ d}^{-1} \pm 0,0019$).

Figura 14. Coeficientes de decomposição para as folhas de *Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*, para época seca

Figura 15. Gráfico da representação do modelo exponencial de decaimento de massa para época de seca.

Foi observada uma série decrescente onde a taxa de decomposição das folhas de *Inga marginata* foi maior que as folhas de *Eucalyptus grandis* e *Matayba elaeagnoides* (Figura 16), sendo as três taxas de decomposição consideradas como rápidas. O peso seco remanescente para as espécies de folhas de *Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*, apresentou diferenças estatisticamente significativas na decomposição (ANOVA One-Way, $F = 3,804$; $p = 0,0326$). A relação entre os tratamentos e o tempo teve diferenças significativas (ANOVA Two-Way $F = 22,46$; $p < 0,0001$ e $F = 11,56$; $p = 0,0003$, respectivamente).

Figura 16. Porcentagem de massa remanescente seca dos detritos foliares das espécies (*Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*), nos dias 15, 30, 45 e 60, para época de seca.

Os pontos não tiveram diferenças significativas na perda de massa a o longo do experimento (ANOVA One-Way, $F = 0,1465$; $p = 0,8667$), considerando que as maiores perdas de massa foram encontradas nas folhas de *Inga marginata* e *Eucalyptus grandis*, com menores valores de perda nas folhas de *Matayba elaeagnoides*, e sendo os pontos 2 e 1 onde foram identificadas as maiores perdas de massa nas folhas testadas (Figura 17).

Figura 17. Porcentagem de perda de massa dos detritos foliares (*Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*) para cada ponto na época de seca.

5.2.2. Decomposição foliar na época chuvosa

A perda de massa na época chuvosa da folha de *Inga marginata* foi a mais alta com uma porcentagem de 77,7%, uma perda de 73,2% para as folhas de *Eucalyptus grandis* e com uma perda de 60,6% para as folhas de *Matayba elaeagnoides*, tendo uma decomposição maior nas folhas de *Inga marginata* e *Eucalyptus grandis* em relação as folhas de *Matayba elaeagnoides*.

As perdas de massa apresentaram diferenças no coeficiente de decomposição nas três espécies de folhas estudadas sendo as taxas de decomposição diferentes (Figura 18 e 19), *Inga marginata* ($k = 0,03439 \text{ d}^{-1} \pm 0,0027$), *Matayba elaeagnoides* ($k = 0,01827 \text{ d}^{-1} \pm 0,0017$) e *Eucalyptus grandis* ($k = 0,02434 \text{ d}^{-1} \pm 0,0020$).

Figura 18. Coeficientes de decomposição para as folhas de *Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis* para época de chuva.

Figura 19. Gráfico da representação do modelo exponencial de decaimento de massa para época de chuva.

Os valores de massa remanescente apresentaram diferenças entre as folhas, onde a taxa de decomposição de *Inga marginata* foi mais alta que *Eucalyptus grandis* e *Matayba elaeagnoides* (Figura 20), sendo as três taxas de decomposição consideradas como rápidas. O peso seco remanescente para as diferentes espécies de folhas testadas, foi considerado com diferenças significativas na decomposição (ANOVA One-Way; $F = 6,017$; $p = 0,0059$), sendo a relação entre os tratamentos e o tempo significativamente diferentes (ANOVA Two-Way $F = 72,4$; $p < 0,0001$ e $F = 46,87$; $< 0,0001$, respectivamente)

Figura 20. Porcentagem de massa remanescente seca dos detritos foliares das espécies (*Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*), nos dias 15, 30, 45 e 60, para época chuvosa.

Os pontos não tiveram diferenças significativas na perda de massa a o longo do experimento na época chuvosa (ANOVA One-Way, $F = 0,041$; $p = 0,9599$), considerando que as maiores perdas de massa foram encontradas nas folhas de *Inga marginata* e *Eucalyptus grandis*, e os valores de perda foram nas folhas de *Matayba elaeagnoides*, e sendo os pontos 1 e 3 foram nos que se apresentaram as maiores perdas de massa nas folhas testadas (Figura 21).

Figura 21. Porcentagem de perda de massa dos detritos foliares (*Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*) para cada ponto na época chuvosa.

5.2.3. Diferenças na decomposição entre as épocas seca e chuvosa

As perdas de massa foram diferentes nos três tipos de folhas estudadas (*Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*) considerando as épocas seca e chuvosa (ANOVA One-Way; $F = 1,813$; $p = 0,161$). A perda de massa das folhas de *Matayba elaeagnoides* foi inferior com respeito às perdas registradas nas folhas de *Inga marginata* e *Eucalyptus grandis* nas estações do ano avaliadas (seca e chuvosa), os valores mais representativos de perda de massa por folha e por época do ano, foram encontrados nas folhas de *Inga marginata*. Os valores de perda de massa da folha de *Eucalyptus grandis* também foram representativos, mas estes valores ficaram intermediários em comparação com os outros tipos de folhas como se mostra na figura 22.

Figura 22. Porcentagem de perdas de massas dos detritos foliares das espécies (*Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*), para época seca e chuvosa.

5.3. Colonização da comunidade de macroinvertebrados em folhas nativas e exóticas

5.3.1. Colonização da comunidade de macroinvertebrados na época de seca

Foram identificados 801 invertebrados bentônicos, com 423 indivíduos colonizados nas folhas de *Inga marginata*, 120 indivíduos nas folhas de *Matayba elaeagnoides* e 258 nas folhas de *Eucalyptus grandis* (Tabela 5), os quais apresentaram diferenças significativas na colonização dos organismos entre as os três tratamentos testados (ANOVA One-Way, $F = 8,322$; $p = 0,0004$) e existindo diferenças no número de organismos a o longo dos tempos de imersão (ANOVA One-Way, $F = 6,328$; $p < 0,0001$), estes distribuídos entre os taxa Insecta (Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Odonata e Trichoptera), Malacostraca (Decapoda, Amphipoda e Ostracoda), Gastropoda e Oligochaeta. O dia 30 apresentou os maiores valores de colonização em todos os tratamentos testados.

Tabela 5. Abundancia de Macroinvertebrados na época seca. **GAF:** Grupo funcional alimentar (Col: coletores, Pred: predadores, Frag: fragmentadores, Rasp: raspadores e Filt: filtrador), **T1:** Tratamento 1 folhas de *Inga marginata*, **T2:** Tratamento 2 folhas de *Matayba elaeagnoides*, **T3:** Tratamento 3 folhas de *Eucalyptus grandis*

TAXON			GAF	T1	T2	T3
NEMATODA			Rasp		9	5
ANNELIDA						
OLIGOCHAETA			Col	4	6	10
MOLLUSCA						
GASTROPODA	Thiaridae	<i>Melanoides</i>	Rasp	2	7	3
ARTHROPODA						
Acari	Hydracarina		Pred	8	10	6
MALACOSTRA						
Decapoda	Trichodactylidae	<i>Trichodactylus</i>	Frag	9	2	7
Amphipoda	Hyaellidae	<i>Hyaella</i>	Frag	39		24
Ostracoda	Cypridae		Filt	7	2	11
INSECTA						
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Copelatus</i>	Pred	11	7	4
	Dryopidae	Larva Dryopidae	Frag-Rasp			6
	Elmidae	<i>Mycrocylloepus</i>	Col - Rasp	12		8
Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i>	Col	38	19	22
		<i>Tanytarsus</i>	Col	24	9	
		<i>Pentaneura</i>	Pred			18
		<i>Ablablesmyia</i>	Pred	39	8	21
		<i>Endotribelos</i>	Frag	37	22	25
		<i>Nanocladius</i>	Col			18
		<i>Simulium</i>	Col - Filt	17		5
		<i>Hexatoma</i>	Frag	5	4	
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Miroculis</i>	Col	18		
		<i>Askola</i>	Col	7		8
		<i>Paracleodes</i>	Col	9		
Hemiptera	Baetidae					
	Helotrephidae		Pred			1
	Naucoridae	<i>Limnocoris</i>	Pred	13		5
Odonata	Pleidae	<i>Neoplea</i>	Pred	17	3	6
	Calopterigiade	<i>Hetaerina</i>	Pred	12		
	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	Pred	9	1	5
	Gomphidae	<i>Progomphus</i>	Pred	10		4
		<i>Phyllocycla</i>	Pred		1	3
		<i>Phyllogomphoides</i>	Pred	11		6
Trichoptera	Libellulidae	<i>Erythrodiplax</i>	Pred	9	5	
	Hydropsychidae	<i>Macronema</i>	Col	19	3	5
	Leptoceridae	<i>Oecetis</i>	Pred	8		4
	Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	Frag	20	2	12
	Odontoceridae	<i>Marilia</i>	Rasp	9		6

O dia 30, foi a data que registrou os maiores valores de indivíduos colonizados em cada um dos tratamentos, mas sendo registrados os valores mais significativos nas folhas de *Inga marginata*, com menores valores nas folhas de *Eucalyptus grandis* e *Matayba elaeagnoides* o dia 45 presente também valores representativos para os três tratamentos na colonização de organismos invertebrados a o longo do experimento (Figura 23).

Figura 23. Abundância de indivíduos colonizados nas folhas de *Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*, nos dias 15, 30, 45 e 60, para época de seca.

Estes organismos foram distribuídos em 24 famílias, sendo Chironomidae o grupo mais abundante nas três folhas testadas, representando 37,5% do total, seguido de Hyalellidae (7,9%), Gomphidae (4,4%), Calamoceratidae (4,2%) Leptophlebiidae (4,1%) do total dos organismos encontrados nas folhas de *Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis* na época de seca (Figura 24).

Figura 24. Porcentagem de famílias colonizadas nas folhas de *Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*, para época de seca.

Os macroinvertebrados foram classificados em cinco grupos alimentares funcionais como raspadores, coletores, predadores, fragmentadores e filtradores

(Figura 25), sendo a categoria do grupo de predador o mais representativo em todos os tratamentos (31,2%), sendo representada principalmente pelas ordens Hemíptera e Odonata. O grupo coletor foi o segundo mais abundante (30,7%), seguido do grupo fragmentador (25,2%), raspador (7,9%) e filtrador (4,9%) para todos os tratamentos de folhas testadas na época de seca.

Figura 25. Porcentagem dos grupos funcionais após o experimento nos tratamentos de *Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*, para época de seca.

A distribuição temporal dos grupos funcionais para os tratamentos de *Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*, apresentou diferenças significativas (ANOVA One-Way, $F = 6,447$; $p = 0,0003$) sendo os maiores grupos encontrados nas folhas de *Inga marginata*, (Figura 26), representados nos grupos coletores (32,7%) e predadores (32,5%), seguida da folha de *Eucalyptus grandis* com um 30% de organismos predadores e 27,4% de coletores, nas folhas de *Matayba elaeagnoides* com os grupos coletores (30,8%) e predadores (29,2%).

Figura 26. Abundância de grupos tróficos funcionais nos tratamentos de *Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*, nos dias 15, 30, 45 e 60, na época de seca.

O número de invertebrados por grama de folha (densidade) atingiu um pico no dia 30 nas folhas de *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*, com exceção das folhas de *Inga marginata* que atingiu um pico na data 45 (Figura 27), sendo esta a data onde se apresenta a maior abundância de macroinvertebrados dos tratamentos. Na época seca observam-se diferenças significativas na densidade de invertebrados entre as três espécies de folhas nas diferentes datas testadas (ANOVA One-Way; $F = 2,911$; $p = 0,093$)

Figura 27. Densidade média (ind g⁻¹) de massa remanescente após 15, 30, 45 e 60 dias de experimento nos diferentes tratamentos (*Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*) na época de seca.

Não se encontraram diferenças significativas no número de macroinvertebrados colonizados nos diferentes tratamentos para cada um dos pontos analisado (ANOVA One-Way, $F = 0,084$; $p = 0,9203$), sendo maior o número de macroinvertebrados achados nas folhas de *Inga marginata* seguidos das folhas de *Eucalyptus grandis* e *Matayba elaeagnoides*, os pontos 1 e 2 foram os que apresentaram os maiores valores de macroinvertebrados colonizados nos diferentes tratamentos (Figura 28).

Figura 28. Número de indivíduos colonizados nos detritos foliares (*Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*) para cada ponto na época seca.

5.3.2. Colonização da comunidade de macroinvertebrados em época chuvosa

556 invertebrados bentônicos foram identificados durante o experimento, sendo 304 indivíduos colonizados nas folhas de *Inga marginata*, 75 indivíduos nas folhas de *Matayba elaeagnoides* e 177 indivíduos nas folhas de *Eucalyptus grandis* (Tabela 6). Existem diferenças significativas na colonização dos organismos entre os três tipos de folhas testadas (ANOVA One-Way, $F = 6,068$; $p = 0,003$), além das diferenças significativas dos valores dos ao longo dos tempos de imersão das folhas (ANOVA One-Way, $F = 2,863$; $p = 0,0016$), sendo os organismos distribuídos entre a taxa

Insecta (Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Odonata e Trichoptera), Malacostraca (Decapoda, Amphipoda e Ostracoda) e Oligochaeta.

Tabela 6. Abundancia de Macroinvertebrados na época chuvosa. **GAF:** Grupo funcional alimentar (Col: coletores, Pred: predadores, Frag: fragmentadores, Rasp: raspadores e Filt: filtrador), **T1:** Tratamento 1 folhas de *Inga marginata*, **T2:** Tratamento 2 folhas de *Matayba elaeagnoides*, **T3:** Tratamento 3 folhas de *Eucalyptus grandis*.

TAXON			GAF	T1	T2	T3
ANNELIDA						
OLIGOCHAETA			Col	3	9	5
HIRUDINIA			Pred		6	3
ARTHROPODA						
Acari	Hydracarina		Pred	3	6	5
MALACOSTRA						
Decapoda	Trichodactylidae	<i>Trichodactylus</i>	Frag	9		5
Amphipoda	Hyalellidae	<i>Hyalella</i>	Frag	28	2	9
Ostracoda	Cypridae		Filt	3	8	5
INSECTA						
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Copelatus</i>	Pred	7		4
	Elmidae	<i>Mycrocylloepus</i>	Col - Rasp	11		7
Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i>	Col	34	12	21
		<i>Tanytarsus</i>	Col	27		14
		<i>Pentaneura</i>	Pred			22
		<i>Ablablesmyia</i>	Pred	35	9	
		<i>Endotribelos</i>	Frag	39	5	27
		<i>Nanocladius</i>	Col		5	
	Simuliidae	<i>Simulium</i>	Col - Filt	7		4
Ephemeroptera	Tipulidae	<i>Hexatoma</i>	Frag	3	8	
	Leptophlebiidae	<i>Miroculis</i>	Col	15		
		<i>Askola</i>	Col	3		2
	Baetidae	<i>Paracleodes</i>	Col	6		
Hemiptera	Naucoridae	<i>Limnocoris</i>	Pred	11		4
	Pleidae	<i>Neoplea</i>	Pred	12		4
Odonata	Calopterigiade	<i>Hetaerina</i>	Pred	9		
	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	Pred	2	4	4
	Gomphidae	<i>Progomphus</i>	Pred	6		4
		<i>Phyllocycla</i>	Pred			3
Trichoptera		<i>Phyllogomphoides</i>	Pred	3		2
	Libellulidae	<i>Erythrodiplax</i>	Pred	5		2
	Hydropsychidae	<i>Macronema</i>	Col	6		3
	Leptoceridae	<i>Oecetis</i>	Pred			2
	Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	Frag	10	3	9
	Odontoceridae	<i>Marilia</i>	Rasp	8		4

O dia 30 e 45, foram as datas que registraram os maiores valores de indivíduos colonizados em todos os tratamentos, a folhas de *Inga marginata* mostrou valores altos com respeito à os valores das folhas de *Eucalyptus grandis* e *Matayba elaeagnoides*. (Figura 29).

Figura 29. Abundância de indivíduos colonizados nas folhas de *Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*, nos dias 15, 30, 45 e 60, para época de chuva.

Estes organismos foram distribuídos em 21 famílias, sendo Chironomidae o grupo mais abundante, representando 45% do total, seguido de Hyalellidae (7%), Leptophlebiidae (3,6%), Elmidae (3,2%) Gomphidae (3,2%), dos organismos encontrados nas folhas de *Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis* na época de chuva (Figura 30).

Figura 30. Porcentagem de famílias colonizadas nas folhas de *Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*, para época chuvosa.

O grupo de coletores foi o grupo que apresentou o maior valor de indivíduos com 33,2 % em todos os tratamentos, distribuídos nas ordens Diptera e Ephemeroptera, o segundo grupo mais abundante foi o grupo predador (30,3%), seguido do grupo fragmentador (26,8%), raspador (5,1%) e filtrador (4,6%), identificados durante a época de chuva nas três das folhas de *Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis* testados (Figura 31).

Figura 31. Porcentagem dos grupos funcionais após o experimento nos tratamentos de *Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*, para época chuvosa.

A distribuição temporal dos grupos funcionais para os tratamentos de *Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis* em época chuva, apresentou diferenças significativas (ANOVA One-Way, $F = 6,589$; $p = 0,0002$) sendo os maiores grupos encontrados nas folhas de *Inga marginata* (Figura 32), representados nos grupos coletores (34,7%) e predadores (28,8%), seguida da folha de *Eucalyptus grandis* com um 31,9% de organismos predadores e 30,3% de coletores, nas folhas de *Matayba elaeagnoides* com os grupos coletores (33,8%) e predadores (32,5%).

Figura 32. Abundância de grupos tróficos funcionais nos tratamentos de *Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*, nos dias 15, 30, 45 e 60, na época chuvosa.

A densidade total de invertebrados aquáticos encontrados nos sacos de detritos atingiu um pico no dia 45 em todas as espécies, sendo esta a data onde se apresentaram maior abundância de macroinvertebrados ou maior perda de massa nos tratamentos (Figura 33). Foi observada diferenças significativas na densidade de macroinvertebrados nas três espécies de folhas nas diferentes datas testadas (ANOVA One-Way, $F = 3,378$; $p = 0,0086$).

Figura 33. Densidade média (ind g^{-1}) de massa remanescente após 15, 30, 45 e 60 dias de experimento nos diferentes tratamentos (*Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*) na época chuvosa.

Não se encontraram diferenças significativas no número de macroinvertebrados colonizados nos diferentes tratamentos para cada um dos pontos analisados (ANOVA One-Way, $F = 0,067$; $p = 0,9361$), sendo maior o número de macroinvertebrados achados nas folhas de *Inga marginata* e *Eucalyptus grandis* seguidos das folhas de *Matayba elaeagnoides*, os pontos 1 e 3 apresentaram os maiores valores de macroinvertebrados colonizados nos diferentes tratamentos (Figura 34).

Figura 34. Número de indivíduos colonizados nos detritos foliares (*Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*) para cada ponto na época chuvosa.

6. DISCUSSÃO

Os sistemas lóticos de baixa ordem apresentam uma vegetação riparia complexa com alta diversidade de espécies, representando diferentes habitats e proporcionando os recursos necessários para manter o equilíbrio da biota aquática sendo ecossistemas de grande importância ambiental (Teresa & Casatti, 2010; Pontes *et al.*, 2012; Brunetto *et al.*, 2014). As características ambientais de alguns destes habitats são distintos e podem depender da velocidade da água, da profundidade e o do tipo de substrato dominante (Cornut *et al.*, 2010; Parron *et al.*, 2011), sendo também estas características as que definem os habitats para a fauna de macroinvertebrados aquáticos, onde atualmente, pesquisas revelam a importância deste tipo de organismos no fluxo de matéria e energia, nas teias tróficas e na proporção de nutrientes fornecido ao sistema aquático em geral (Buss *et al.*, 2004; Fidelis *et al.*, 2008; Tonello *et al.*, 2014).

O material foliar depositado pode apresentar comunidades de fauna distintas, quanto as características do folhicho, o que pode explicar os efeitos do mesohabitat sobre a fauna associada ao folhicho que pode ser afetada pelo tipo de substrato disponível (Crisci-Bispo *et al.*, 2007; Telóken *et al.*, 2014). Todos estes fatores ambientais indicam a qualidade do sistema aquático e reflete nas comunidades de macroinvertebrados.

A pluviosidade do local pode ser um fator determinante no processo de decomposição das folhas, já que estes podem diferir em cada época, e podem gerar diferenças nos valores de vazão, temperatura da água, variações no tipo de fundo, que dependem do carreamento de sedimentos durante as chuvas, além de gerar alterações na estabilidade das margens (Vandermeer & Perfecto, 2007; Wantzen *et al.*, 2008; Firmino *et al.*, 2011). As precipitações apresentadas no Riberão do Ferro, foram diferentes para cada uma das épocas avaliadas. No trimestre (julho a setembro de 2014) onde foi feito o experimento na época seca, os valores da precipitação foram considerados baixos, o que era previsto, em comparação aos valores apresentados nos outros meses desse mesmo ano, e sendo considerada precipitações acumuladas normais entre 30 mm e 70 mm. No trimestre da época chuvosa (fevereiro a abril de 2015) onde se esperava maior pluviosidade ocorreu o contrário, sendo os valores de chuva menores do que o histórico normalmente registrado. O período chuvoso não

apresentou a ocorrência de chuvas esperada (70 mm a 150 mm), sendo o ano de 2015 considerado atípico para os valores de chuva acumulada registrada. Comparando os valores de pluviosidade registrados nos trimestres de julho a setembro de 2014 e fevereiro a abril de 2015, o que apresentou menores valores neste período (julho a setembro de 2014) foi determinado como época seca, e o período que apresentou os maiores valores de pluviosidade (fevereiro a abril de 2015) foi determinado como época chuvosa.

Devido a quantidade de chuvas registradas, nas duas épocas, os resultados evidenciaram diferenças no fluxo da água entre a época seca e chuvosa, considerando-se uma vazão baixo-moderado na época seca, pela baixa influência das chuvas nos meses anteriores (abril, maio e junho de 2014), já que tiveram valores que não ultrapassaram 40 mm de chuva registrada nestes meses. Na época chuvosa ocorreu um pequeno aumento do fluxo da água, onde foi considerado a vazão como moderado-alto, isto deve-se a influência das chuvas ocorridas nos meses de novembro e dezembro de 2014 e janeiro de 2015, acumulando 240 mm.

As condições ecológicas do Ribeirão de Ferro foram avaliadas para cada um dos pontos selecionados, considerando também a variação sazonal (época seca e chuvosa), com o propósito de conhecer se estas apresentaram diferenças. Os três pontos escolhidos apresentaram condições de ambientes naturais, possivelmente atribuído as margens com abundante mata ripária e em bom estado de conservação, como foi também registrado por Lobo *et al.*, 2011; Guimarães *et al.*, 2012; Oliveira & Nunes; 2015. Não existem evidências de erosão em áreas próximas, o substrato encontrado nos pontos difere entre rocha, cascalho e areia, a velocidade da correnteza foi um fator importante na retenção de detritos vegetais no riacho, o que influencia na composição do tipo de fundo e no processo de decomposição e transporte da matéria orgânica (Afonso & Henry, 2002; Graça & Canhoto, 2006; Li & Dudgeon, 2011).

Os pontos não apresentaram diferenças em suas características ambientais nem em seus parâmetros físicos e químicos (temperatura, total de sólidos dissolvidos, condutividade elétrica, pH e oxigênio dissolvido). Isso pode ser explicado pelos pontos, se encontrarem na mesma área de estudo (Ribeirão do Ferro), próximos um do outro. Estes pontos foram selecionados com características ambientais similares,

como vegetação riparia conservada, estabilidade nas suas margens, transparência da água, sem presença de áreas com erosão e sem possíveis alterações antrópicas.

As variações sazonais de temperatura da água dos corpos d'água de baixa ordem fazem parte do regime climático da área de influência desta, sendo esta dependente de fatores como a latitude, altitude, estação do ano, período do dia entre outros (Machado *et al.*, 2002; Bueno *et al.*, 2003; Matsuzaki *et al.*, 2004; Vasconcelos & Dias, 2014). Um dos fatores que influencia diretamente os valores de temperatura está relacionado com a abundância de vegetação das margens. As margens do Ribeirão do Ferro estão amplamente cobertas por vegetação, podendo ser citado inúmeras espécies nativas como *Acacia polyphylla*, *Jacaratia spinosa*, *Trichilia elegans*, *Urera bacífera*, *Inga marginata*, *Trichilia claussenii* e *Matayba elaeagnoides* (Albuquerque & Rodrigues, 2000). Esta constatação reforça o papel fundamental no aporte de matéria alóctone neste sistema de baixa ordem. Além disso, a vegetação ripária de grande porte encontrada neste local, provoca o sombreamento, limitando a quantidade de radiação solar que penetra no sistema aquático, desencadeando o resfriamento das águas (Zakia, *et al.*, 2009; Encalada *et al.*, 2010). Verificou-se o aumento das temperaturas no período seco, para os três pontos avaliados, podendo a água estar mais exposta à radiação solar, além de apresentar baixa quantidade de nuvens nesta época, encontrando-se esta época compreendida no período de queda foliar das espécies de folhas das árvores de *Inga marginata* e *Matayba elaeagnoides* (florescimento: outubro, novembro e dezembro) (Ferreira, 2007; Silva & Corrêa, 2008; Nascimento *et al.*, 2015), assim permitindo maior incidência de luz ao riacho.

A época chuvosa, apresentou valores menores de temperatura, sendo esta influenciada pelo maior volume de chuvas, que foram registradas neste período, além do aumento na quantidade de nuvens na área avaliada, encontrando-se esta época no período de frutificação (janeiro e fevereiro) das árvores de *Inga marginata* e *Matayba elaeagnoides* (Barddal *et al.*, 2005; Farias *et al.*, 2009), o que impediu e limitou a entrada de luz, isto podendo provocando baixas temperaturas na água para esta época (Cunha *et al.*, 2012; Ferreira & Cunha, 2013; Egler & Gusmão *et al.*, 2014).

Os valores de condutividade foram consideráveis nas duas épocas e nos pontos avaliados, sendo estes valores dependentes das concentrações iônicas e da temperatura (CETESB, 2003). Outro fator importante que pode influenciar nos valores de condutividade, é a entrada de grandes quantidades de detritos, que pode aumentar

da taxa de decomposição (Guereschi, 2004), além da possibilidade que o local de estudo tenha a influência de valores alto de condutividade elétrica, pela influência que tem esta área com a antiga exploração de minerais de ferro, que foram extraídos perto do Ribeirão do ferro até o ano de 1986 (Bataghin, 2010), podendo estes ainda se refletir nos altos valores de condutividade amostrados (Lima, 2001; Milanez & Porto, 2008). Por ser um sistema de baixa ordem, dependente da entrada de matéria alóctone, fazendo deste sistema abundante na quantidade de detritos depositados, que se pode comprovar com a composição do tipo de substratos constituído de cascalho, troncos e folhas, sendo diversa a vegetação encontrada com 68 espécies de árvores (Albuquerque & Rodrigues, 2000), encontradas na área de influência do Ribeirão de Ferro.

Os valores de sólidos totais dissolvidos, foram muito próximos para cada um dos pontos, e estes não tiveram variações considerando as épocas seca e chuvosa. A baixa quantidade de sólidos em suspensão sugere que o sistema aquático estudado, não se encontra exposto a impactos e interferências antrópicas significativas. O pH nas duas épocas apresentou valores próximos a pH ácidos. Segundo Donadio (2007) e Mercante (2012) as águas lólicas brasileiras apresentam valores de pH com tendência de neutra a ácida, sendo isto identificado em cada um dos pontos, e não tendo variações significativas nas duas épocas avaliadas. A concentração de oxigênio dissolvido é uma importante variável limnológica, tanto para a caracterização de ambientes aquáticos, quanto para a manutenção da vida aquática (Alves *et al.*, 2012; Moura *et al.*, 2012; Buzelli & da Cunha, 2013; Alves & Brito, 2016). Nos pontos avaliados, os valores de oxigênio dissolvido foram ótimos para a vida da comunidade aquática neste local, caracterizado por águas bem oxigenadas, sendo áreas com baixa profundidade, com boa movimentação de suas águas, permitindo uma boa oxigenação. As variações seguiram padrões climáticos, onde menores valores de oxigênio dissolvido na água se apresentam onde os valores de temperatura são maiores (Ferreira & Casatti, 2006).

O processo de decomposição depende de fatores físicos, químicos, biológicos e climáticos, estes foram identificados no recorrer do experimento, observando quais deste podem influência em maior medida o processo geral de decomposição de folhas nativas e exóticas.

Os fatores físicos e climáticos, exercem uma importante influência no processo de decomposição, já seja no processo de colonização de organismos ou mesmo no processo de fragmentação do material foliar (*Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*) exposto durante o experimento. Estes fatores a sua vez dependem dos valores de precipitação, gerando variações no aumento ou redução da velocidade da água, a vazão e isto provocando diferenças nas perdas de massa das espécies foliares testadas, e gerando diferenças nos valores de abundância de cada uma destas, no decorrer do tempo de imersão do experimento e na dinâmica da comunidade de microorganismos (Mathiriau & Chauvet, 2002), as folhas perderam algumas das características da sua composição, o que resultou em gradativo aumento nos valores de riqueza e abundancia e no aumento dos valores de perda de massa, até o fim do experimento.

Existiram diferenças significativas entre as perdas de massa nas três espécies, sendo a perda de massa da folha de *Inga marginata* significativamente maior à perda de massa das folhas de *Eucalyptus grandis* e *Matayba elaeagnoides* para as diferentes épocas. A precipitação pluviométrica constitui um fator importante sobre as perdas de massa e assim mesmo nas taxas de decomposição, evidenciando-se maior perda de massa no período de maior concentração de chuvas e menores valores de perdas de massa no período com menores valores de precipitação, sendo a pluviosidade um fator que pode considerar-se como regulador do processo de decomposição, a época chuvosa apresentou os maiores valores de perda de massa e sendo a folha de *Inga marginata*, a folha que apresentou as maiores perdas neste período. Os dados obtidos revelaram que as características do folhíço apresentaram variação entre cada um dos tratamentos testados (*Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*), sendo as taxas de decomposição foliar observadas, consideradas como rápidas ($k > 0,010 \text{ d}^{-1}$) de acordo com Olson (1963), Petersen & Cummins (1974), Webster & Benfield (1986), Benfield (2006).

Os pontos não apresentaram diferenças nos valores de riqueza de táxons, esperado por ter características similares de suas condições ambientais. Os valores de riqueza entre dois períodos climáticos, observou-se maior alteração faunística na época chuvosa, relacionados a influência da precipitação e principalmente por escoamento de água superficial (Mathuriau & Chauvet, 2002; Moulton e Magalhães, 2003; Leroy & Marks, 2006). A menor abundância de organismos coletados no período

chuvoso, se pode dever a alteração do Riberão de Ferro pelo aumento da velocidade e vazão da água, registrado no período chuvoso (julho a setembro de 2015), causando um aumento do carreamento de organismos (Barrella *et al.*, 2001), e sendo uma maior abundância registrado na época seca e este, período registro valores de chuva menores, sendo coletado neste período 801 indivíduos, mas na época chuvosa o valor foi reduzido, sendo 556 indivíduos os coletados neste período. Diferentes pesquisas em ambientes lóticos tropicais corroboram que variações na velocidade da água, e da vazão por fatores físicos ou climáticos, alteram a densidade de organismos invertebrados em maior parte no período chuvoso (Lima, 2002 e Crisci-Bispo, 2003; Leroy & Marks, 2006; Esteves & Gonçalves, 2011).

Os detritos depositados em remansos ou corredeiras também podem apresentar faunas bastante distintas, apesar de constituírem o mesmo tipo de substrato (Kobayashi & Kagaya, 2002; Crisci Bispo *et al.*, 2007). Portanto, tanto as características específicas de cada um desses mesohabitats (velocidade da água, profundidade, condições física e química), quanto as características do folhicho em cada um deles podem explicar os efeitos do mesohabitat sobre a fauna associada ao folhicho. As folhas de *Inga marginata* e *Eucalyptus grandis*, foram as espécies que registraram os maiores números de organismos invertebrados, entretanto, deve-se considerar que os organismos podem utilizar as bolsas de folhicho como substrato, mascarando alguma tendência na escolha de detritos com maior qualidade nutricional, a presença deste tipo de organismos também ajuda na decomposição e perda de massa dos detritos foliares que foram testados.

Não se encontrou uma relação entre o abundância de organismos macroinvertebrados e a perda de massa das folhas nos períodos avaliados, já que foram encontrados maiores valores de perda de massa na época chuvosa, mas este período foi o que apresentou os menores valores de organismos colonizados nos três tratamentos testados, a época seca apresentou menores valores de perda de massa em comparação da época chuvosa, mas apresentou o maior valor de organismos colonização nos três tratamentos.

A composição química do material foliar, pode afetar de grande maneira a colonização dos diferentes organismos nos detritos testados, os compostos das folhas de *Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*, pode gerar diferenças no processo de decomposição, gerando diferenças nas perdas de massa,

assim facilitando o não o desenvolvimento deste processo. Existem variações entre cada um dos tratamentos testados, seja pela origem das folhas (nativas e exótica), ou pela composição física e/ou química (macro e micronutrientes) destes tratamentos. As folhas testadas de *Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides* e *Eucalyptus grandis*, apresentaram diferenças significativas entre os valores de decomposição e colonização dos organismos, entre os tratamentos mesmo como para cada uma das épocas avaliadas. As espécies de folhas de mata ciliar de florestas tropicais, tem características na sua composição com cutina espessa (Moretti *et al.*, 2007_a), componentes químicos tóxicos, lignina e outros compostos (Marques *et al.*, 2000; Macdonald & Taylor, 2008). O conteúdo de g/kg de nitrogênio nas folhas de *Inga marginata* está entorno de 23,4 (Silva *et al.*, 2013; Carvalho, 2013) nas folhas de *Eucalyptus grandis* é de 19,8 (Costa, 2005) e na folha de *Matayba elaeagnoides* de 16,8 (Bündchen *et al.*, 2013), um baixo teor de celulosa nas folhas de *Inga marginata* e *Eucalyptus grandis* (Costa, *et al.*, 2005; Albarino *et al.*, 2008) e maiores teores de lignina nos diferentes tratamentos (Abelho, 2008; Canhoto *et al.*, 2013), provocando sua elevada lixiviação principalmente na época chuvosa (Abelho, 2001; Costa & Melo, 2008; Hepp *et al.*, 2010), nas folhas de *Matayba elaeagnoides* apresentou condições contrárias nos valores de celulosa e lignina, o que gerou essa folha apresentara diferenças em comparação dos outros tratamentos testados, o conteúdo destes compostos nos diferentes tratamentos mostram uma relação entre eles e os valores de perdas de massa com o número de macroinvertebrados colonizados.

A composição química de cada uma das folhas testadas, influenciaram a tornar estas folhas mais maleáveis o que permite uma rápida perda de seus compostos e desta forma uma rápida perda de massa nos tratamentos de *Inga marginata* e *Eucalyptus grandis*, as folhas tem compostos secundários (Graça *et al.*, 2002; Gonçalves & Callisto, 2013), que tornam a este recurso em alguns casos, pouco atrativo para os organismos invertebrados, como foi o caso das folhas *Matayba elaeagnoides*, isso foi verificado pelos baixos valores de riqueza e abundância nestas folhas, que foram a que apresentaram os menores valores. As perdas de compostos solúveis facilitam a colonização de fungos, os quais ajudam na eliminação de compostos inibidores (Hieber & Gessner, 2002; Cornut *et al.*, 2010). Depois da eliminação de alguns desses compostos é que os organismos macroinvertebrados colonizam as folhas e vão realizar a fragmentação física, que é importante para a

disposição de nutrientes no riacho (Abelho, 2008; Alonso *et al.*, 2010). Outro fator importante da decomposição foliar é a temperatura que influencia no desenvolvimento de organismos gerando condições ótimas para estes. Em menores temperaturas, a colonização pode ser mais lenta ou a ação de bactérias e fungos mais baixa, sendo seu metabolismo mais lento, e isto pode modificar o processo de decomposição não acondicionando os detritos dispostos (Ferreira & Canhoto, 2015; Mas-Martí *et al.*, 2015; Canhoto *et al.*, 2015)

A densidade da fauna nas diferentes datas do experimento, tiveram diferenças por fatores já mencionados (físicos, químicos, biológicos e climáticos), e estes relacionados com as perturbações físicas, presença de predadores e disponibilidade de alimento entre outras, estas variações além de ser em escala temporal, também apresentou diferenças nas densidades nos três tratamentos testados. Alguns grupos (Odonata, Diptera, Coleoptera, Ephemeroptera e Trichoptera), são organismos muito importantes, sendo diversos e sensíveis (Maloney *et al.* 2009; Wagenhoff *et al.*, 2012). Esses grupos fornecem informações da qualidade do sistema aquático, e sob este aspecto, podem refletir qualquer modificação de estrutura, diminuição de fluxo de matéria e energia (Dudgeon & Gao, 2011; Raposeiro *et al.*, 2012), ou restrição de recursos e nutrientes, expressando tendências de degradação, regeneração ou recuperação destes ambientes.

Os diferentes tratamentos avaliados tiveram diferenças significativas na colonização nestas espécies testadas. A comunidade presente foi representada pelas famílias Chironomidae, Hyalellidae Gomphidae, Calamoceratidae, Leptophlebiidae e Elmidae. A família Chironomidae apresentou os maiores valores de abundância, em todas as folhas testadas e nos diferentes períodos de imersão, ou que evidencia a capacidade deste grupo para colonizar independentemente da qualidade ou estágio de decomposição dos detritos foliares testados, como se pode evidenciar também em diferentes experimentos de decomposição (Ribeiro & Uieda, 2005; Gonçalves *et al.*, 2006a ;Boyer *et al.*, 2011), já que este grupo foi encontrado durante todo o experimento e nos três tratamentos testados, onde sua variação só dependeu do tempo de imersão do material foliar.

A classificação dos grupos trófico funcionais, associados aos detritos foliares, depende das condições do sistema aquático e das características do folhicho (Moretti *et al.*, 2007; Raposeiro *et al.*, 2014). Podem ainda estabelecer como os organismos

estão utilizando o recurso (direta ou indiretamente), como ser utilizado o recurso como alimento, os organismos predadores se alimentam de outros organismos invertebrados ou o acúmulo de MOPF é usado como substrato e abrigo (Moretti et al., 2007; Benson et al., 2013; Suga & Tanaka et al., 2013).

A época seca pode favorecer o desenvolvimento de biofilmes de restos de folha o que leva a produção de matéria orgânica fina, a qual é uma importante fonte de alimento para organismos pertencentes aos grupos funcionais coletores (catadores e filtradores) (Preto et al., 2005; Reche et al., 2010). Os grupos funcionais com maior presença foram os grupos predadores e coletores. O grupo fragmentador foi o terceiro grupo mais representativo, o grupo predador foi caracterizado pela ordem Odonata, o grupo coletor. Os efeitos da presença de folhas de *Eucalyptus grandis* pode constituir um recurso adicional para a biota, interferindo na possível colonização de organismos em folhas nativas como *Inga marginata* e *Matayba elaeagnoides*, além de apresentar características intermediárias em comparação das outras folhas testadas

O grupo coletor, foi o grupo com maior representatividade dentre as folhas testadas e sugere, que no processo de decomposição houve acumulação de MOPF na superfície das folhas (Moretti et al., 2007). A abundância quanto a densidade dos fragmentadores indicou média representatividade no processo de fragmentação foliar (Dobson et al., 2002; Gonçalves et al., 2006; Wantzen et al., 2008). A composição da assembleia de macroinvertebrados aquáticos teve algumas diferenças ao longo do tempo, sendo diferentes para os três tipos de folhas, e tendo proporções diferenciada nos três tratamentos, o que pode refletir nos padrões dos níveis tróficos.

É um detrito abundante e que pode proporcionar os nutrientes necessários para a cadeia trófica deste sistema aquático. A folha de *Eucalyptus grandis* representou ser o segundo detrito com características de perdas de massa consideráveis, junto com a colonização de organismos, enquanto que as folhas de *Matayba elaeagnoides* apresentaram os menores valores, na perda de massa junto com os menores valores de organismos colonizados neste detrito.

No processo de condicionamento o detrito da folha da espécie exótica de *Eucalyptus grandis*, conseguiu ser degradado ao igual que os demais detritos de folhas nativas, a presença das folhas de *Eucalyptus grandis* pode-se como constituir um recurso adicional para a biota e este pode interferir de grande maneira na colonização de

organismos invertebrados em folhas nativas como *Inga marginata*, *Matayba elaeagnoides*, além de apresentar características intermedias em comparação das outras folhas testadas, já que conseguiu ter uma perda de massa e uma colonização intermedia em comparação das outras folhas testadas, o processo de fragmentação foliar se pode ser afetado e ser interferido no processo natural da colonização de macroinvertebrados aquáticos, já que pode alterar a disponibilidade de nutrientes dentro das teias tróficas destes sistemas aquáticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abelho, M., (2008). Effects of Leaf Litter Species on macroinvertebrate colonization during decomposition in a Portuguese stream. *International review of Hydrobiology* 93: 358-372.
- Abelho, M. (2014). The effect of mixtures on colonisation of leaf litter decomposing in a stream and at its riparian zone. *Web Ecology*, 14(1), 13-22.
- Acuña, V., Giorgi, A., Muñoz, I., Sabater, F. & Sabater, S. (2007). Meteorological and riparian influences on organic matter dynamics in a forested Mediterranean stream. *Journal of the North American Benthological Society*, 26(1):54-69.
- Afonso, A.A.O. & Henry, R. (2002). Retention of particulate organic matter in a tropical headstream. *Hydrobiologia*, 482: 161-166.
- Agostinho, A.A.; Thomaz, S.M.; Gomes, L.C. (2005), Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. *Megadiversidade*. 1(1), 70-78.
- Albarino, R., Villanueva, V. D., & Canhoto, C. (2008). The effect of sunlight on leaf litter quality reduces growth of the shredder *Klapopteryx kuscheli*. *Freshwater Biology*, 53(9), 1881-1889.
- Albuquerque, G. B., & Rodrigues, R. R. (2000). The vegetation of the Araçoiaba Mountain, Ipanema National Forest, Iperó (SP). *Scientia Forestalis*, (58), 145-159.
- Allan, D.J. (1995). *Stream Ecology: Structure and function of Running Waters*. Chapman & Hall, Londres, 388 pp.
- Allan, J. D., (2004). Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 35: 257-284.
- Allan, J. D., & Castillo, M. M. (2007). *Stream ecology: structure and function of running waters*. Springer Science & Business Media.
- Alonso, A., González-Muñoz, N. & Castro-Díez, P. (2010). Comparison of leaf decomposition and macroinvertebrate colonization between exotic and native trees in a freshwater ecosystem. *Ecological Research* 25: 647-653.

- Alves, I. C. C., El-Robrini, M., Santos, M. D. L. S., Monteiro, S. D. M., Barbosa, L. P. F., & Guimarães, J. T. F. (2012). Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil).
- Alves Ribeiro, A. F., & Brito, R. F. (2016). Estudo Ambiental Do Rio Jacarecica No Povoado Candeias, Moita Bonita–Se. *REVISTA GEONORTE*, 3(6), 933-945.
- Anjos, A. F., & Takeda, A. M. (2010). Estrutura da comunidade das larvas de Chironomidae (Insecta: Diptera), em diferentes substratos artificiais e fases hídricas, no trecho superior do rio Paraná, Estado do Paraná, Brasil-*doi: 10.4025/actascibiolsci. v32i2. 5387. Acta Scientiarum. Biological Sciences*,32(2), 131-140.
- Ardón, M., & Pringle, C. M. (2008). Do secondary compounds inhibit microbial-and insect-mediated leaf breakdown in a tropical rainforest stream, Costa Rica?. *Oecologia*, 155(2), 311-323.
- Ardón, M., Pringle, C. M., & Eggert, S. L. (2009). Does leaf chemistry differentially affect breakdown in tropical vs temperate streams? Importance of standardized analytical techniques to measure leaf chemistry. *Journal of the North American Benthological Society*, 28(2), 440-453.
- Arnaiz, O. L., A. L. Wilson, R. J. Watts & M. M. Stevens, (2011). Influence of riparian condition on aquatic macroinvertebrate communities in an agricultural catchment in south-eastern Australia. *Ecological Research* 26: 123-131.
- Bataghin, F. A., Barros, F. D., & Pires, J. S. R. (2010). Distribuição da comunidade de epífitas vasculares em sítios sob diferentes graus de perturbação na Floresta Nacional de Ipanema, São Paulo, Brasil. *Brazilian Journal of Botany*, 33(3), 501-512.
- Barddal, M. L., Roderjan, C. V., Galvão, F., & Curcio, G. R. (2005). Fitossociologia do sub-bosque de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial, no município de Araucária, PR. *Ciência Florestal*, 14(1), 35-45.
- Begon M, Townsend CR, Harper JL. (2007). *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas* 4ª Ed. São Paulo: Artmed.
- Benetti, C. J., Cueto, J. A. R., & Fiorentin, G. L. (2003). Gêneros de Hydradeephaga (Coleoptera: Dytiscidae, Gyrinidae, Haliplidae, Noteridae) citados para o Brasil, com chaves para identificação. *Biota neotropica*, 3(1), 1-20.

- Benetti, C. J., Fiorentin, G. L., CUETTO, J., & Neiss, U. G. (2006). Chaves de identificação para famílias de coleópteros aquáticos ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil. *Neotropical Biology and Conservation*, 1(1), 24-28.
- Benfield, E. F. (2006). Decomposition of leaf material. *Methods in stream ecology*, 711-720.
- Benson, E. R., Wipfli, M. S., Clapcott, J. E., & Hughes, N. F. (2013). Relationships between ecosystem metabolism, benthic macroinvertebrate densities, and environmental variables in a sub-arctic Alaskan river. *Hydrobiologia*, 701(1), 189-207.
- Biasi, C., Tonin, A. M., Restello, R. M., & Hepp, L. U. (2013). The colonisation of leaf litter by Chironomidae (Diptera): the influence of chemical quality and exposure duration in a subtropical stream. *Limnologia-Ecology and Management of Inland Waters*, 43(6), 427-433.
- Borkent, A., Spinelli, G. R., Adis, J., Arias, J. R., Rueda-Delgado, G., & Wantzen, K. M. (2007). Aquatic biodiversity in Latin America. *Aquatic biodiversity in Latin America*, 4.
- Bouchard, R.W., Jr. (2004) Guide to aquatic macroinvertebrates of the Upper Midwest. Water Resources Center, University of Minnesota, St. Paul, MN 208pp
- Boyero, L., Pearson, R. G., Dudgeon, D., Graça, M. A. S., Gessner, M. O., Albariño, R. J., & Callisto, M. (2011). Global distribution of a key trophic guild contrasts with common latitudinal diversity patterns. *Ecology*, 92(9), 1839-1848.
- Boyero, L., R. G. Pearson, D. Dudgeon, V. Ferreira, M. A. S. Graça, M. O. Gessner, A. J. Boulton, E. Chauvet, C. M. Yule, R. J. Albariño, A. Ramírez, J. E. Helson, M. Callisto, M. Arunachalam, J. Chará, R. Figueroa, J. M. Mathooko, J. F. Gonçalves Jr, M. S. Moretti, A. M. Chará-Serna, J. N. Davies, A. Encalada, S. Lamothe, L. M. Buria, J. Castela, A. Cornejo, A. O. Y. Li, C. M'Erumba, V. D. Villanueva, M. del Carmen Zúñiga, C. M. Swan y L. A. Barmuta (2012). "Global Patterns of Stream Detritivore Distribution: Implications for Biodiversity Loss in Changing Climates." *Global Ecology and Biogeography* 21(2): 134-141.
- Brown, B. L., (2007). Habitat heterogeneity and disturbance influence patterns of community temporal variability in a small temperate stream. *Hydrobiologia* 586: 93-106.

- Brunetto, R. S., Belotti, A., Sobral, L. S., & Gottardi, E. (2015). Estrutura florística e fitossociológica de remanescentes da mata ciliar do lajeado São José-Chapécó (SC). UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde= Journal of Health Sciences.
- Bueno, A A P.: Bond-Buckup, G & Ferreira, B.D.P (2003) Estrutura da comunidade de invertebrados bentônicos em dois cursos d'água do Rio Grande do Sul, Brasil, Revista Brasileira de zoologia, 20(1);115-125
- Bunn, S.E., Davies, P.M. & Winning, M. (2003). Sources of organic carbon supporting the food web of an arid zone floodplain river. *Freshwater Biology*, 48: 619-635.
- Bündchen, M., Boeger, M. R. T., Reissmann, C. B., & Silva, S. L. C. D. (2013). Status nutricional e eficiência no uso de nutrientes em espécies arbóreas da floresta subtropical no sul do Brasil.
- Burdett, A. S. & Watts, R. J., (2009). Modifying living space: an experimental study of the influences of vegetation on aquatic invertebrate community structure. *Hydrobiologia* 618: 161-173.
- Buss, D. F.; Baptista, D. F.; Nessimian, J. L. & Egler, M. (2004). Substrate specificity, environmental degradation and disturbance structuring macroinvertebrate assemblages in neotropical streams. *Hydrobiologia* 518: 179–188.
- Buzelli, G. M., & da Cunha-Santino, M. B. (2013). Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP/Diagnosis and analysis of water quality and trophic state of Barra Bonita reservoir, SP. *Revista Ambiente & Água*, 8(1), 186.
- Callisto, M., Barbosa, F. A. R., & Moreno, P. (2000). Macrobenthic diversity on different habitats in an altitudinal lake surrounded by Eucalyptus plantations and secondary Atlantic Forest (southeast Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, 12(1), 55-61.
- Callisto, M., Ferreira, W., Moreno, P., Goulart, M. D. C., & Petrucio, M. (2002). Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). *Acta Limnologica Brasiliensia*, 14(1), 91-98.
- Callisto, M., Goulart, M., Medeiros, A.O., Moreno, P. & Rosa, C.A. (2004). Diversity assessment of benthic macroinvertebrates, yeasts, and microbiological indicators along a longitudinal gradient in Serra do Cipó, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 64(4): 743-755.

- Calor, A.R. (2007). Trichoptera. In: Guia on-line de Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/index_trico.
- Calor, A.R. Checklist of Trichoptera (Insecta) from São Paulo State, Brazil. *Biota Neotrop.* 11(1a)
- Câmara, C.D. Critérios e indicadores para o monitoramento hidrológico de florestas plantadas. 2004. 163 p. Tese – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.
- Canhoto, C., Graça, M. A., & Bärlocher, F. (2005). Feeding preferences. In *Methods to Study Litter Decomposition* (pp. 297-302). Springer Netherlands.
- Canhoto, C., & Graça, M. A. (2006). Leaf litter processing in low order streams. *Limnetica*, 25(1), 1-10.
- Canhoto, C., & Laranjeira, C. (2007). Leachates of *Eucalyptus globulus* in intermittent streams affect water parameters and invertebrates. *International Review of Hydrobiology*, 92(2), 173-182.
- Canhoto, C., Calapez, R., Gonçalves, A. L., & Moreira-Santos, M. (2013). Effects of *Eucalyptus* leachates and oxygen on leaf-litter processing by fungi and stream invertebrates. *Freshwater Science*, 32(2), 411-424.
- Canhoto, C., Gonçalves, A. L., & Bärlocher, F. (2016). Biology and ecological functions of aquatic hyphomycetes in a warming climate. *Fungal Ecology*, 19, 201-218.
- Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., & Naeem, S. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 486(7401), 59-67.
- Carvalho, A. L., & Calil, E. R. (2000). Chaves de identificação para as famílias de Odonata (Insecta) ocorrentes no Brasil, adultos e larvas. *Papéis avulsos de Zoologia*, 41(15), 223-241.
- Carvalho, E.M. & Uieda, V.S. (2010). Input of litter in deforested and forested areas of a tropical headstream. *Brazilian Journal of Biology*, 70, 283-288.

- Carvalho, P. E. R. (2013). Algumas características ecológicas e silviculturais de quatro espécies florestais do estado do Paraná.
- CETESB. SÃO PAULO. (2003) Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2002. São Paulo. 263 p
- Cheshire, K. Boyero, L & Pearson, R.G. (2005). Food webs in tropical Australian streams: shredders are not scarce. *Freshwater Biology*, 50: 748–769
- Chung, N., Bae, M. J., Li, F., Kwon, Y. S., Kwon, T. S., Kim, J. S., & Park, Y. S. (2012). Habitat characteristics and trophic structure of benthic macroinvertebrates in a forested headwater stream. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 15(3), 495-505.
- Collier, K.J., B.J. Smith & N.J. Halliday. (2004). Colonization and use of pine Wood versus native wood in New Zealand plantation forest streams: implications for riparian management. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* 14: 179-199.
- Colpani, D., Benetti, C. J., & Hamada, N. (2014). A checklist of the Gyrinidae (Coleoptera: Adephaga) of Brazil. *Zootaxa*, 3889(2), 185-213.
- Corbi, J. J.; Trivinho-Strixino, S. (2006). Influence of taxonomic resolution of stream macroinvertebrate communities on the evaluation of different land uses. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 18, n. 4, p. 469 – 476.
- Corbi, J. J. & S. Trivinho-Strixino, (2008). Relationship between sugar cane cultivation and stream macroinvertebrate communities. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 51: 769-779.
- Corbi, J. J., Kleine, P., & Trivinho-Strixino, S. (2013). Are aquatic insect species sensitive to banana plant cultivation?. *Ecological indicators*, 25, 156-161.
- Cornut, J., Elger, A., Lambrigot, D., Marmonier, P., & Chauvet, E. (2010). Early stages of leaf decomposition are mediated by aquatic fungi in the hyporheic zone of woodland streams. *Freshwater Biology*, 55(12), 2541-2556.
- Costa, J. M., de Souza, L. O. I., & Oldrini, B. B. (2004). *Chave para identificação das famílias e gêneros das larvas conhecidas de Odonata do Brasil: comentários e registros bibliográficos (Insecta, Odonata)* (No. 99). Museu Nacional.

- Costa, G. S., Gama-Rodrigues, A. C. D., & Cunha, G. D. M. (2005). Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte fluminense. *Revista Árvore*, 29(4), 563-570.
- Costa, S. S. & Melo, A. S. (2008). Beta diversity in stream macroinvertebrate assemblages: among-site and among-microhabitat components. *Hydrobiologia* 598: 131-138.
- Couceiro, S.R.M.; Hamada, N.; Luz, S.L.B.; Forsberg, B.R.; Pimentel, T.P. (2006). Deforestation and sewage effects on aquatic macroinvertebrates in urban streams in Manaus, Amazonas, Brazil. *Hydrobiologia*, 575(1), 271–284.
- Crisci-Bispo, V. L., Bispo, P. C., & Froehlich, C. G. (2007). Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages in litter in a mountain stream of the Atlantic Rainforest from Southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 24(3), 545-551.
- Cummins, K.W. Petersen, R. C; Howard, F. O; Wuycheck, J. C & Holt, V. I. (1973). The utilization of leaf litter by stream Detritivores. *Ecology* 54 (2): 336-345.
- Cummins KW. (1974). Structure and function of stream ecosystems. *BioScience* 24: 631-641.
- Cummins, K. W., & Klug, M. J. (1979). Feeding ecology of stream invertebrates. *Annual review of ecology and systematics*, 147-172.
- Cummins, K.W.; Merritt R. W. & Andrade P.C.N. (2005). The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, Londres, 40: 69-89.
- Cunha, J. E., Rufino, I. A., da Silva, B. B., & de Chaves, I. B. (2012). Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe, PB, utilizando-se sensoriamento remoto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(5), 539-549.
- Da-Silva, E. R., Nessimian, J. L., & Coelho, L. B. N. (2010). Leptophlebiidae ocorrentes no Estado do Rio de Janeiro, Brasil: habitats, meso-habitats e hábitos das ninfas (Insecta: Ephemeroptera)/Leptophlebiidae from Rio de Janeiro State, Brazil: nymphal habitats, mesohabitats, and habits (Insecta: Ephemeroptera). *Biota Neotropica*, 10(4), 87.

- Danger, A. R & Robson, B .L. (2004). The effects of land use on leaf-litter processing by macroinvertebrates in an Australian temperate coastal stream. *Aquatic Science* 66: 296-304.
- Dalzochio, M. S., Costa, J. M., & Uchôa, M. A. (2011). Diversity of Odonata (Insecta) in lotic systems from Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul State, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 55(1), 88-94.
- Donadio, N. M. M., Galbiatti, J. A., & Paula, R. D. (2005). Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. *Engenharia Agrícola*, 25(1), 115-125.
- Dudgeon, D., A. H. Arthington, M. O. Gessner, Z.-I. Kawabata, D. J. Knowler, C. Lévêque, R. J. Naiman, A.-H. Prieur-Richard, D. Soto, M. L. J. Stiassny & C. A. Sullivan, (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews* 81: 163-82.
- Dudgeon, D., & Gao, B. W. (2011). The influence of macroinvertebrate shredders, leaf type and composition on litter breakdown in a Hong Kong stream. *Fundamental and Applied Limnology/Archiv für Hydrobiologie*, 178(2), 147-157.
- Egler, C. A., & Gusmão, P. P. (2014). Gestão costeira e adaptação às mudanças climáticas: o caso da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 14(1), 65-80.
- Encalada, A.C., C.M. Canhoto, J. Calles & M.A.S Graça.v Ferreira (2010). Riparian land use and the relationship between the Benthos and litter decomposition in Tropical Montane Streams. *Fresh water biology* 55(8): 1719-1733.
- Ensign, S. H., & Doyle, M. W. (2006). Nutrient spiraling in streams and river networks. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 111(G4).
- Esteves, F.A. & Gonçalves Jr., J.F., (2011). Etapas do Metabolismo Aquático. In: Esteves, F.A. (Ed.), *Fundamentos de Limnologia*, third ed. Interciência, Rio de Janeiro, Brasil, pp. 119–124.
- Fávero, O.A., Nucci, J.C. & Biasi, M. (2004). Vegetação natural potencial e mapeamento da vegetação e usos atuais das terras da Floresta Nacional de Ipanema, Iperó/SP: Conservação e gestão ambiental. *RA'E GA O Espaço Geográfico em Análise* 8:55-68.

- Falcão, J. N., Salles, F. F., & Hamada, N. (2011). Baetidae (Insecta, Ephemeroptera) ocorrentes em Roraima, Brasil: novos registros e chaves para gêneros e espécies no estágio ninfal. *Revista Brasileira de Entomologia*, 55(4), 516-548.
- Farias, J. A. C., Teixeira, I. F., Pes, L., & Alvarez Filho, A. (2009). Estrutura fitossociológica de uma Floresta Estacional Decidual na região de Santa Maria, RS. *Ciência Florestal*, 4(1), 109-128.
- Fernández, H., & Domínguez, E. (2001). Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos Sudamericanos. *Entomotropica*, 16(3), 219.
- Ferreira, C.P. & Casatti, L. (2006) Influência da estrutura do habitat sobre a ictiofauna de um riacho em uma micro-bacia de pastagem. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 23, n. 3, p.642-651.
- Ferreira, W. C., Botelho, S. A., Davide, A. C., & Faria, J. M. R. (2007). Avaliação do crescimento do estrato arbóreo de área degradada revegetada à margem do Rio Grande, na Usina Hidrelétrica de Camargos, MG. *Revista Árvore*, 31(1), 177-185.
- Ferreira, D. M., & Cunha, C. (2013). Simulação numérica do comportamento térmico do reservatório do Rio Verde. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, 18(1), 83-93.
- Ferreira, V., & Canhoto, C. (2015). Future increase in temperature may stimulate litter decomposition in temperate mountain streams: evidence from a stream manipulation experiment. *Freshwater Biology*, 60(5), 881-892.
- Fidelis, L., Nessimian, J. L., & Hamada, N. (2008). Distribuição espacial de insetos aquáticos em igarapés de pequena ordem na Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 38(1), 127-134.
- Figueiredo, N. D. S. B., Pires, M. M., Davanzo, R. C. S., & Kotzian, C. B. (2013). Diversidade de larvas de Odonata (Insecta) da Bacia do Rio Ibicuí, Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciência e Natura*, 35(2), 84.
- Firmino, P. F., Malafaia, G., & de Lima Rodrigues, A. S. (2011). Diagnóstico da integridade ambiental de trechos de rios localizados no município de Ipameri, Sudeste do Estado de Goiás, através de um protocolo de avaliação rápida. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, 15(2), 1-12.

- Floriano, C. F. B., Oliveira, I. A. D. V., & Melo, A. L. D. (2013). New records and checklist of aquatic and semi-aquatic Heteroptera (Insecta: Hemiptera: Gerromorpha and Nepomorpha) from the Southern region of Mato Grosso do Sul, Brazil. *Biota Neotropica*, 13(1), 210-219.
- Galindo-Leal, C. (2003). Putting the pieces back together: Fragmentation and landscape conservation. In: C. Galindo-Leal & I.G. Câmara (eds.). *The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook*. pp. 372-380. Center for Applied Biodiversity Science e Island Press, Washington. D.C.
- Gartner, T.B. & Cardon, Z.G. (2004). Decomposition dynamics in mixed-species leaf litter. *Oikos*, 104 (2): 230-246.
- Gonçalves, J.F.Jr. (2005). Decomposição de detritos foliares em riachos: composição química, invertebrados e microrganismos. Tese de Doutorado, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (MG), Brasil.
- Gonçalves, J.F.Jr.; França, J.S. & Callisto, M. (2006_a). Dynamics of allochthonous organic matter in a tropical brazilian headstream. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 49: 967–973.
- Gonçalves, J. F., J. S. França, A. O. Medeiros, C. A. Rosa & M. Callisto. (2006_b). Leaf Breakdown in a Tropical Stream. *Internat. Rev. Hydrobiol* 91: 164-177.
- Gonçalves Jr, J. F., Graça, M. A., & Callisto, M. (2006_c). Leaf-litter breakdown in 3 streams in temperate, Mediterranean, and tropical Cerrado climates. *Journal of the North American Benthological Society*, 25(2), 344-355.
- Gonçalves, J. F., Graça, M. A. S., & Callisto, M. (2007). Litter decomposition in a Cerrado savannah stream is retarded by leaf toughness, low dissolved nutrients and a low density of shredders. *Freshwater Biology*, 52(8), 1440-1451.
- Gonçalves, A. L., Gama, A. M., Ferreira, V., Graça, M. A., & Canhoto, C. (2007). The breakdown of Blue Gum (*Eucalyptus globulus* Labill.) bark in a Portuguese stream. *Fundamental and Applied Limnology/Archiv für Hydrobiologie*, 168(4), 307-315.

- Gonçalves, J. F., de Souza Rezende, R., França, J., & Callisto, M. (2012). Invertebrate colonisation during leaf processing of native, exotic and artificial detritus in a tropical stream. *Marine and Freshwater Research*, 63(5), 428-439.
- Gonçalves, J.F.Jr & Callisto, M. (2013). Organic-matter dynamics in the riparian zone of a tropical headwater stream in Southern Brasil. *Aquatic Botany* 109: 8– 13
- Gonçalves, J. F., de Souza Rezende, R., Gregório, R. S., & Valentin, G. C. (2014). Relationship between dynamics of litterfall and riparian plant species in a tropical stream. *Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters*, 44, 40-48.
- Gessner, M.O., Chauvet, E & Dobson, M. (1999). A perspective on leaf litter breakdown in streams. *Oikos*, 85 (2): 377-384.
- Gessner, M.O. & Chauvet, E. (2002). A case for using litter breakdown to assess functional stream integrity. *Ecological Application* 12: 498-510.
- Graça, M.A.S. (2001) - The role of invertebrates on leaf litter decomposition in streams – a review, *Internat. Rev. Hydrobiol.*, N86, pp. 383 – 393.
- Graça, M.A.S.; Pozo, J.; Canhoto, C. & Elozegi, A. (2002). Effects of Eucalyptus plantations on detritus, decomposers, and detritivores in streams. *The Scientific World Journal*, 2:1173–1185.
- Graça, M.A.S.; Bärlocher, F.; Gessner, M.O. (2005). *Methods to Study Litter Decomposition: A Practical Guide*, Springer, 957pp.
- Graça, M.A.S. & Zimmer, M. (2005). Leaf toughness. In: Graça, M.A.S., Barlocher, F. & Gessner, M.O. *Methods to Study Litter Decomposition: A Practical Guide*. Springer, Netherlands, 342p.
- Graça, M.A.S. & Canhoto, C., (2006). Leaf litter processing in low order streams. *Limnetica* 25, 1–10.
- Graça, M. A., Cressa, C. (2010). Leaf quality of some tropical and temperate tree species as food resource for stream shredders. *International Review Hydrobiology*, v. 95, p. 27– 41.

- Grönroos, M., & Heino, J. (2012). Species richness at the guild level: effects of species pool and local environmental conditions on stream macroinvertebrate communities. *Journal of Animal Ecology*, 81(3), 679-691.
- Guimarães, A.; Rodrigues, A. S. L.; Malafaia, G. (2012). Adequação de um protocolo de avaliação rápida de rios para ser usado por estudantes do ensino fundamental. *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 241-260
- Guereschi, R. M. (2004). Macroinvertebrados bentônicos em córregos da Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP: Subsídios para monitoramento ambiental. 118p.
- Hamada, N., Nessimian, J. L., & Querino, R. B. (2014). Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia. Manaus, INPA. 724p.
- Hepp, L. U., S. V. Milesi, C. Biasi & R. M. Restello, (2010). Effects of agricultural and urban impacts on macroinvertebrates assemblages in streams (Rio Grande do Sul, Brazil). *Zoologia* 27: 106-113.
- Heckman, C. W. (2006). *Encyclopedia of South American Aquatic Insects: Odonata-Anisoptera: Illustrated Keys to Known Families, Genera, and Species in South America*. Springer Science & Business Media.
- Heckman, C. W. (2008). *Encyclopedia of South American aquatic insects: Odonata-Zygoptera: Illustrated keys to known families, genera, and species in South America*. Springer Science & Business Media.
- Heckman, C. W. (2011). *Encyclopedia of South American Aquatic Insects: Hemiptera – Heteroptera: Illustrated Keys to Known Families, Genera, and Species in South America* Springer Science & Business Media. Olympia Washington, USA
- Hieber, M & Gessner, M.O (2002). Contribution of stream detritivores, fungi, and bacteria to leaf breakdown based on biomass estimates. *Ecology* 83(4): 1026-1038
- Hoover, T. M., J. S. Richardson & N. Yonemitsu. (2006). Flow-substrate interactions create and mediate leaf litter resource patches in streams. *Freshwater Biology* 51: 435-447.
- IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. (2003). Plano de Manejo: Floresta Nacional de Ipanema, Iperó. Ministério do Meio

Ambiente, Brasília. Em: http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/flona_ipanema.pdf

- ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. (2015_a) Aspectos Naturais, Floresta Nacional de Ipanema. Em: <http://www.icmbio.gov.br/flonaipanema/floresta-nacional-de-ipanema.html>
- ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. (2015_b) Mapas e Limites, Floresta Nacional de Ipanema. Em: <http://www.icmbio.gov.br/flonaipanema/mapas-e-limites.html>
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. (2015). Estações e dados. Em http://www.inmet.gov.br/sim/gera_graficos.php
- Jacob, M., Viedenz, K., Polle, A., Thomas, F.M., (2010). Leaf litter decomposition in temperate deciduous forest stands with a decreasing fraction of beech (*Fagussylvatica*). *Oecologia* 164, 1083–1094.
- Janisch, J.E., Wondzell, S.M., & Ehinger, W.J. (2012) Headwater stream temperature: Interpreting response after logging, with and without riparian buffers, Washington, USA, *For Ecol Manage.* 270, 302 -313.
- Janke, H., & Trivinho-Strixino, S. (2007). Colonization of leaf litter by aquatic macroinvertebrates: a study in a low order tropical stream. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 19(1), 109-115.
- Johnson, M. S., Lehmann, J., Selva, E. C., Abdo, M., Riha, S., & Couto, E. G. (2006). Organic carbon fluxes within and streamwater exports from headwater catchments in the southern Amazon. *Hydrological Processes*, 20(12), 2599-2614.
- Junqueira, M.V. et al. (2000). Biomonitoramento da qualidade das águas da Bacia do Alto Rio das Velhas (MG/Brasil) através de macroinvertebrados. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 12, p. 73-87
- Kiffney, P.M. & Richardson, J.S. (2010). Organic matter inputs into headwater streams of southwestern British Columbia as a function of riparian reserves and time since harvesting. *Forest Ecology and Management*, 260, 1931–1942.

- Kleine, P. A. N. D., & Trivinho-Strixino, S. (2005). Chironomidae and other aquatic macroinvertebrates of a first order stream: community response after habitat fragmentation. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 17(1), 81-90.
- Kobayashi, S., & Kagaya, T. (2002). Differences in litter characteristics and macroinvertebrate assemblages between litter patches in pools and riffles in a headwater stream. *Limnology*, 3(1), 37-42.
- Kobayashi, S. & Kagaya, T. (2004). Litter patch types determine macroinvertebrate assemblages in pools of Japanese headwater stream. *Journal of the North American Benthological Society*, 23 (1): 78-89.
- Kominoski J. S., Marczak L. B. & Richardson J. S., (2011). Riparian forest composition affects stream litter decomposition despite similar microbial and invertebrate communities. *Ecology* 92: 151–159.
- Kominoski, J. S., Larranaga, S., & Richardson, J. S. (2012). Invertebrate feeding and emergence timing vary among streams along a gradient of riparian forest composition. *Freshwater Biology*, 57(4), 759-772.
- Krusche, A.V, Ballester, M.V.R., Victoria, R.L., Bernardes, M.C., Leite, N.K., et al. (2005). Efeitos das mudanças do uso da terra na biogeoquímica dos corpos d'água da bacia do rio Ji-Paraná, Rondônia. *Acta Amazônica*, 35(2):197-205.
- Lagos, A.R. & Muller, B.L.A. (2007). Hotspot brasileiro: Mata Atlântica. *Saúde & Ambiente em revista, Duque de Caxias* 2 (2): 35-45.
- Lan, N.K, Asaeda, T. & Manatunge, J. (2006). Decomposition of aboveground and belowground organs of wild rice (*Zizania latifolia*): mass loss and nutrient changes. *Aquatic Ecology*, 40:13-21.
- Larned, S.T. (2000). Dynamics of coarse riparian detritus in a Hawaiian stream ecosystem: a comparison of drought and post-drought conditions. *Journal North American Benthological Society*, 19 (2): 215-234.
- Leite-Rossi, L. A., & Trivinho-Strixino, S. (2012). Are sugarcane leaf-detritus well colonized by aquatic macroinvertebrates?. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 24(3), 303-313.

- Leite-Rossi, L. A., Rodrigues, G. N., & Trivinho-Strixino, S. (2015). Aquatic macroinvertebrate colonization of artificial substrates in low-order streams. *Biotemas*, 28(3), 69-77.
- Leite-Rossi, L. A., Saito, V. S., Cunha-Santino, M. B., & Trivinho-Strixino, S. (2015). How does leaf litter chemistry influence its decomposition and colonization by shredder Chironomidae (Diptera) larvae in a tropical stream?. *Hydrobiologia*, 1-12.
- Lepori, F., D. Palm & B. Malmqvist. (2005). Effects of stream restoration on ecosystem functioning: detritus retentiveness and decomposition. *J. Appl. Ecol.* 42: 228-238
- Leroy CJ, Marks JC. (2006). Litter quality, stream characteristics and litter diversity influence decomposition rates and macroinvertebrates. *Freshwater Biology* 51: 605-617.
- Li, A. O., & Dudgeon, D. (2011). Leaf litter retention in tropical streams in Hong Kong. *Fundamental and Applied Limnology/Archiv für Hydrobiologie*, 178(2), 159-170.
- Lima, I. V. D., Pedrozo, M. D. F. M., & da Bahia, B. G. D. E. (2001). Ecotoxicologia do ferro e seus compostos. In *Cadernos de Referencia Ambiental*, 004. CRA.
- Lima, W.P. (2003). Relações Hidrológicas em Matas Ciliares, p. 293-300. In: Raoul Henry. (Org.). *Ecótonos nas Interfaces dos Ecossistemas Aquáticos*. São Carlos - SP: RiMa Editora, 349p.
- Lobo, E. A., Voos, J. G., & Fiedler E. A. (2011). Utilização de um protocolo de avaliação rápida de impacto ambiental em sistemas lóticos do Sul do Brasil. *Caderno de Pesquisa*, 23(1), 18-32.
- Lopes, M. L., Martins, P., Rodrigues, A. M., & Quintino, V. (2013). Macroinvertebrates communities associated with the decomposition of *Phragmites australis* and *Fucus vesiculosus* in transitional systems. *Journal of Sea Research*, 83, 72-82.
- Lorion, C. M., & Kennedy, B. P. (2009). Riparian forest buffers mitigate the effects of deforestation on fish assemblages in tropical headwater streams. *Ecological Applications*, 19(2), 468-479.

- MacDonald, E. E., & Taylor, B. R. (2008). Factors influencing litter decomposition rates in upstream and downstream reaches of river systems of eastern Canada. *Fundamental and Applied Limnology/Archiv für Hydrobiologie*, 172(1), 71-86.
 - Machado, A. B. M., Lencioni, F. A., & Santos, T. C. (2000). *Diversidade e distribuição dos Odonata (Insecta) no Estado de São Paulo, Brasil: Parte I: Lista das espécies e registros bibliográficos*. Museu Nacional.
 - Machado, E. C., Medina, C. L., Gomes, M. D., & Habermann, G. (2002). Variação sazonal da fotossíntese, condutância estomática e potencial da água na folha de laranjeira 'Valência'. *Scientia Agricola*, 53-58.
 - Maestre, F. T., Quero, J. L., Gotelli, N. J., Escudero, A., Ochoa, V., Delgado-Baquerizo, M. & García-Palacios, P. (2012). Plant species richness and ecosystem multifunctionality in global drylands. *Science*, 335(6065), 214-218.
 - Maloney, K. O., Weller, D. E., Russell, M. J., & Hothorn, T. (2009). Classifying the biological condition of small streams: an example using benthic macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society*, 28(4), 869-884.
 - Mariano, R.. & Froehlich, C.G. 2007. Ephemeroptera. In: Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. Froehlich, C.G. (org.). Disponível em: <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guiaonline>
 - Marques, A. R., García, Q. S., Rezende, J. P., & Fernandes, G. W. (2000). Variations in leaf characteristics of two species of Miconia in the Brazilian cerrado under different light intensities. *Tropical Ecology*, 41(1), 47-60.
 - Mathuriau, C., & Chauvet, E. (2002). Breakdown of leaf litter in a neotropical stream. *Journal of the North American Benthological Society*, 21(3), 384-396.
- Matsuzaki, M., Mucci, J. L. N., & Rocha, A. A. (2004). Comunidade fitoplanctônica de um pesqueiro na cidade de São Paulo. *Revista de Saúde Pública*, 38(5), 679-686.
- Mas-Martí, E., Muñoz, I., Oliva, F., & Canhoto, C. (2015). Effects of increased water temperature on leaf litter quality and detritivore performance: a whole-reach manipulative experiment. *Freshwater Biology*, 60(1), 184-197.

- Mercante, C. T. J., Martins, Y. K., do Carmo, C. F., Osti, J. S., Pinto, C. S. R. M., & Tucci, A. (2012). Qualidade da água em viveiro de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): caracterização diurna de variáveis físicas, químicas e biológicas, São Paulo, Brasil. *Bioikos*, 21(2).
- Merritt, R. W. e Cummins, K. W. (1996). An introduction to the aquatic insects of north America. Third edition. Kendall/Hunt Publishing Company.
- Milanez, B., & Porto, M. F. S. (2008). A ferro e fogo: impactos da siderurgia para o ambiente e a sociedade após a reestruturação dos anos 1990. Artigo apresentado no VI Encontro Nacional da Anppas. Brasília.
- Mokany, K., Westcott, D. A., Prasad, S., Ford, A. J., & Metcalfe, D. J. (2014). Identifying priority areas for conservation and management in diverse tropical forests. *PloS one*, 9(2), e89084.
- Moore, A. A.; Palmer, M.A. (2005), Invertebrate Biodiversity in agricultural and urban headwater streams: Implications for conservation and management. *Ecological Applications*, 15 (4): 1169 – 1177.
- Moretti, M. D. S. (2005). Decomposição de detritos foliares e sua colonização por invertebrados aquáticos em dois córregos na Cadeia do Espinhaço (MG). Belo Horizonte, UFMG, 63p (Master Thesis).
- Moretti, M. S., J. F. Jr Gonçalves, R. Ligeiro & M. Callisto. (2007_a). Invertebrates Colonization on Native Tree Leaves in a Neotropical Stream (Brazil). *Internat. Rev. Hydrobiol.* 92 199-210.
- Moretti M, Gonçalves JF Jr, Callisto M. (2007_b). Leaf breakdown in two tropical streams: differences between single and mixed species packs. *Limnologia* 37: 250-258.
- Moulton, T. P., & Magalhães, S. A. P. (2003). Responses of leaf processing to impacts in streams in Atlantic rain Forest, Rio de Janeiro, Brazil-a test of the biodiversity-ecosystem functioning relationship?. *Brazilian Journal of Biology*, 63(1), 87-95.
- Moura, R. S. D., Pelli, A., Terra, A. P. S., & Okura, M. H. (2012). Qualidade da água de minas em área urbana na cidade de Uberaba (MG). *Revista Baiana de saúde pública*, 33(2), 231.

- Mugnai, R., Nessimian, J. L., & Baptista, D. F. (2010). Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro. Technical Books Editora.
- Murphy, M. L., (2001). Primary production. In Naiman, R. J. & R. E. Bilby (eds), River Ecology and Management: Lessons from the Pacific Coastal Ecoregion. Springer, New York: 144–168.
- Naiman, R. J., H. Décamps & M. E. McClain, (2005). Riparia – ecology, conservation, and management of streamside communities. Elsevier, Amsterdam.
- Naiman, R. J., Decamps, H., & McClain, M. E. (2010). Riparia: ecology, conservation, and management of streamside communities. Academic Press.
- Nascimento, D. F. D., Leles, P. S. D. S., Oliveira Neto, S. N. D., Moreira, R. T. S., & Alonso, J. M. (2015). Crescimento inicial de seis espécies florestais em diferentes espaçamentos.
- Nemesio, A., & Melo, A. L. (2012). Nomenclatural issues in Rhagovelia Mayr (Hemiptera: Heteroptera: Gerromorpha: Veliidae). *Zootaxa*, 3230, 65-66.
- Nessimian, J. L., Venticinque E. M., Zuanon J., P. de Marco Junior., Gordo M., Fidelis L., Batista J.D. & Juen L. (2008). Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. *Hydrobiologia* 614: 117-131.
- Nieser N., Chen P.-P. & De Melo A. L. (2013) A new species and new synonymy in Limnocris (Hemiptera: Heteroptera: Naucoridae) from Brazil. *Acta Musei Moraviae, Scientiae biologicae* 98(2).
- Nieser, N., & Melo, A. L. D. (1997). *heterópteros aquáticos de Minas Gerais*. Editora Ufmg.
- Pelli, A., Nieser, N., & Melo, A. L. (2006). Nepomorpha and Gerromorpha (Insecta: Heteroptera) from the Serra da Canastra, southwestern Minas Gerais state, Brazil. *Lundiana*, 7(1), 67-72.
- Nin, C. S., Ruppenthal, E. L., & Rodrigues, G. G. (2009). Produção de folhicho e fauna associada de macroinvertebrados aquáticos em curso d'água de cabeceira em Floresta Ombrófila do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil-DOI: 10.4025/actasciobiolsci. v31i3. 355. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 31(3), 263-271.

- Olson, D. H., Leirness, J. B., Cunningham, P. G., & Steel, E. A. (2014). Riparian buffers and forest thinning: Effects on headwater vertebrates 10 years after thinning. *Forest Ecology and Management*, 321, 81-93.
- Oliveira F.M & Nunes T. S. (2015) Aplicação de protocolo de avaliação rápida para caracterização da qualidade ambiental do manancial de captação (Rio Pequeno) do município de Linhares, ES. *Natureza on line* 13 (2): 86-91
- Ottoboni Segura, M., Valente-Neto, F., & Fonseca-Gessner, A. A. (2011). Chave de famílias de Coleoptera aquáticos (Insecta) do Estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica*, 11(1).
- Oyakawa, O.T; Akama, A; Mautari, K.C & Nolasco, J.C. (2006). Peixes de riachos de Mata Atlântica nas unidades de conservação do vale do Rio Ribeira de Iguapé no Estado de São Paulo, São Paulo: Neotrópica.
- Paciencia, G. D. P., Yokoyama, E., Bispo, P. C., Crisci-Bispo, V. L., & Takebe, I. V. (2011). Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera em corredeiras de riachos do Parque Estadual Intervales, Estado de São Paulo. *EntomoBrasilis*, 114-118.
- Paprocki, H., Holzenthal, R. W., & Blahnik, R. J. (2004). Checklist of the Trichoptera (Insecta) of Brazil I. *Biota Neotropica*, 4(1), 1-22.
- Parron, L. M., Bustamante, M. M. C., & Markewitz, D. (2011). Fluxes of nitrogen and phosphorus in a gallery forest in the Cerrado of central Brazil. *Biogeochemistry*, 105(1-3), 89-104.
- Passos, M. I. S., Nessimian, J. L., & Ferreira Jr, N. (2007). Chaves para identificação dos gêneros de Elmidae (Coleoptera) ocorrentes no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 51(1), 42-53.
- Pepinelli, M., Trivinho-Strixino, S., & Hamada, N. (2003). New records of Simuliidae (Diptera, Nematocera) in the State of São Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 47(4), 653-655.
- Pereira, D. L., Melo, A. L. D., & Hamada, N. (2007). Chaves de identificação para famílias e gêneros de Gerromorpha e Nepomorpha (Insecta: Heteroptera) na Amazônia Central. *Neotrop. entomol*, 36(2), 210-228.

- Perrings, C., Naeem, S., Ahrestani, F. S., Bunker, D. E., Burkill, P., Canziani, G., ... & Kinzig, A. (2011). Ecosystem services, targets, and indicators for the conservation and sustainable use of biodiversity. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(9), 512-520.
- Pes, A. M. O., Hamada, N., & Nessimian, J. L. (2005). Chaves de identificação de larvas para famílias e gêneros de Trichoptera (Insecta) da Amazônia Central, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 49(2), 181-204.
- Petersen, R.C.; Cummins, K.W. (1974) Leaf processing in a woodland stream. *Freshwater Biology* 4:343–368.
- Pettit, N.E., Davies, T., Fellman, J.B., Grierson, P.F., Warfe, D.M., Davies, P.M., (2012). Leaf litter chemistry, decomposition and assimilation by macroinvertebrates in two tropical streams. *Hydrobiologia* 680, 63–77.
- Pinto, L.P. & Brito, C.W. (2005). Dinâmica da perda de biodiversidade na Mata Atlântica brasileira: uma introdução. Belo Horizonte: SOS Mata Atlântica / Conservação Internacional do Brasil.
- Pontes, P. P., Rodrigues A. M., & Fernandes G.M. (2012): "Efeito do uso e ocupação do solo na qualidade da água na micro-bacia do Córrego Banguelo-Contagem/Effect of land use and occupation in water quality in the micro-basin of Banguelo Creek-Contagem." *Revista Ambiente & Água* 7.3 183.
- Pozo, J., Casas, J., Menéndez, M., Mollá, S., Arostegui, I., Basaguren, A., Casado, C., Descals, E., García-Avilés, J., González, J.M., Larrañaga, A., López, E., Lusi, M., Moya, O., Pérez, J., Riera, T., Roblas, N., Salinas, M.J., 2011. Leaf-litter decomposition in headwater streams: a comparison of the process among four climatic regions. *J.N. Am. Benthol. Soc.* 30, 935–950.
- Preto, A. D. L., Cavalli, R. O., Pissetti, T. L., Abreu, P. C. O. V. D., & Wasielesky Junior, W. F. B. (2005). Efeito da densidade de estocagem sobre o biofilme e o desempenho de pós-larvas do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* cultivadas em gaiolas.
- Raposeiro, P.M., Cruz, A.M., Hughes, S.J., Costa, A.C., (2012). Azorean freshwater invertebrates: status, threats and biogeographic notes. *Limnetica* 31, 13–22.

- Raposeiro, P. M., Martins, G. M., Moniz, I., Cunha, A., Costa, A. C., & Gonçalves, V. (2014). Leaf litter decomposition in remote oceanic islands: The role of macroinvertebrates vs. microbial decomposition of native vs. exotic plant species. *Limnologia-Ecology and Management of Inland Waters*, 45, 80-87.
- Reche, M. H. L. R., Pittol, M., & Fiuza, L. M. (2010). Bactérias e bioindicadores de qualidade de águas de ecossistemas orizícolas da região sul do Brasil. *CEP*, 94930, 030.
- Rezende, R. S., Martins, N. M., & Gregório, R. S. (2012). Leaf breakdown in an Atlantic Rain Forest stream. *Austral Ecology*, 37(7), 807-815.
- Richardson, J.S., Bilby R.E. & Bondar, C.A. (2005). Organic matter dynamics in small streams of the Pacific Northwest. *Journal of the American Water Resources Association*, 41(4), 921-934.
- Ricklefs, R. E. (2010). *A Economia da Natureza*. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, p. 572.
- Rodrigues, R.R. & Shepherd, G.J. (2009). Fatores condicionantes da vegetação ciliar. In: Rodrigues, R.R. e Leitão-Filho, H.F. (eds.), Pp 101-107. *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: EDUSP, 2ª ed. 2ª reimp. 320p.
- Rodrigues, H. D., Moreira, F. F., Nieser, N., Chen, P. P., Melo, A. L., Dias-Silva, K., & Giehl, N. F. (2014). The genus *Paravelia* Breddin, 1898 (Hemiptera: Heteroptera: Veliidae) in Brazil, with descriptions of eight new species. *Zootaxa*, 3784(1), 001-047.
- Royer, T. V., & Minshall, G. W. (2003). Controls on leaf processing in streams from spatial-scaling and hierarchical perspectives. *Journal of the North American Benthological Society*, 22(3), 352-358.
- Sabater, S., Elosegi, A., Acuña, V., Basaguren, A., Muñoz, I., & Pozo, J. (2008). Effect of climate on the trophic structure of temperate forested streams. A comparison of Mediterranean and Atlantic streams. *Science of the Total Environment*, 390(2), 475-484.
- Salles, F. F., Da-Silva, E. R., Serrão, J. E., & Francischetti, C. N. (2004). Baetidae (Ephemeroptera) na Região Sudeste do Brasil: novos registros e chave para os gêneros no estágio ninfal. *Neotropical Entomology*, 33(5), 725-735.

- Santiago, L.S. (2007). Extending the leaf economics spectrum to decomposition: evidence from a tropical forest. *Ecology*, E.U.A., 88(5):1126-1131.
- Segura, M. O., Fonseca-Gessner, A. A., Spies, M. R., & Siegloch, A. E. (2012). Water beetles in mountainous regions in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 72(2), 311-321.
- Sensolo, D., L. U. Hepp, V. Decian & R. M. Restello, (2012). Influence of landscape on assemblages of Chironomidae in Neotropical streams. *Annales de Limnologie International Journal of Limnology* 48: 391-400.
- Shortle, J. S., D. G. Abler & M. Ribaud, (2001). Agriculture and water quality: the issues. In *Environmental policies for agricultural pollution control*. CABI Publishing, London: 1-18.
- Silva, L. D. C. R., & Corrêa, R. S. (2008). Sobrevivência e crescimento de seis espécies arbóreas submetidas a quatro tratamentos em área minerada no cerrado.
- Silva, J. S. O., da Cunha Bustamante, M. M., Markewitz, D., Krusche, A. V., & Ferreira, L. G. (2011). Effects of land cover on chemical characteristics of streams in the Cerrado region of Brazil. *Biogeochemistry*, 105(1-3), 75-88.
- Silva de Resende, A., Carneiro Campello, E. F., Tavares Arantes Silva, G., Menezes Rodrigues, K., de Oliveira, D., Roberson, W., & Fernandes Correia, M. E. (2013). Edaphic arthropods during organic matter decomposition. *Agronomía Colombiana*, 31(1), 89-94.
- Silva-Junior, E. F., Moulton, T. P., Boëchat, I. G., & Gücker, B. (2014). Leaf decomposition and ecosystem metabolism as functional indicators of land use impacts on tropical streams. *Ecological Indicators*, 36, 195-204.
- Silva, F. L., Ruiz, S. S., Moreira, D. C., & Bochini, G. L. (2008). Composição e Diversidade de Imaturos de Chironomidae (Insecta, Diptera) no Ribeirão dos Peixes, Dois Córregos, SP. *Revista Brasileira de Biociências*, 6(4).
- Spanhoff, B; Bischof, R; Bohme, A; Lorenz, S. (2007) Assessing the impact of effluents from a modern wastewater treatment plant on breakdown of coarse particulate organic matter on benthic macroinvertebrates in a lowland river. *Water, Air and Soil pollution* 180: 119-129.

- Spies, Marcia R., Claudio G. Froehlich, and Carla B. Kotzian. "Composition and diversity of Trichoptera (Insecta) larvae communities in the middle section of the Jacuí River and some tributaries, State of Rio Grande do Sul, Brazil." *Iheringia. Série Zoologia* 96.4 (2006): 389-398.
- Spies, M. R., & Froehlich, C. G. (2009). Inventory of caddisflies (Trichoptera: Insecta) of the Campos do Jordão State Park, São Paulo State, Brazil. *Biota Neotropica*, 9(4), 211-218.
- Sponseller, R.A & Benfield, E. (2001). Influences of land use leaf breakdown in southern Appalachian headwater streams: A multiple-scale analysis. *Journal of the North American Benthological Society* 20 (1) 44-59.
- Souza, L.O.I.; Costa, J. M. & Oldrini, B. B. (2007). Odonata. In: Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. Froehlich, C.G. (org.). Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online
- Souza, C. A., & Cunha, S. B. (2015). Pantanal de Cáceres-MT: dinâmica das margens do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a estação ecológica da ilha de Taianã-MT. *Revista Eletrônica AGB-TL*, 1(5), 24.
- Smith, W.S, Renata Cassemiro Biagioni, R.C, Halcsik, L. (2013) Fish fauna of Floresta Nacional de Ipanema, São Paulo State, Brazil, *Biota Neotrop.* 2013, 13(2): 175-181.
- Strayer, D. L., (2006). Challenges for freshwater invertebrate conservation. *Journal of the North American Benthological Society* 25: 271-287.
- Suga, C. M., & Tanaka, M. O. (2013). Influence of a forest remnant on macroinvertebrate communities in a degraded tropical stream. *Hydrobiologia*, 703(1), 203-213.
- Suriano, M. T., Fonseca-Gessner, A. A., Roque, F. O., & Froehlich, C. G. (2011). Choice of macroinvertebrate metrics to evaluate stream conditions in Atlantic Forest, Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 175(1-4), 87-101.
- Swan, C.M. & Palmer, M.A. (2004). Leaf diversity alters litter breakdown in a Piedmont stream. *Journal of the North American Benthological Society*, 23 (1): 15-28.

- Taniguchi, H. & Tokeshi, M., (2004). Effects of habitat complexity on benthic assemblages in a variable environment. *Freshwater Biology* 49: 1164–1178.
- Tank, J.L., Rosi-Marshall, E.J., Griffiths, N.A., Entekin, S.A. & Stephen, M.L. (2010). A review of allochthonous organic matter dynamics and metabolism in streams. *Journal of the North American Benthological Society*, 29, 118–146.
- Telóken, F., Albertoni, E. F., Hepp, L. U., & Palma-Silva, C. (2014). Invertebrados aquáticos associados a serapilheira de *Salix humboldtiana* em um riacho subtropical. *Ecología austral*, 24 (2), 220-228.
- Teresa, F. B., & Casatti, L. (2010). Importância da vegetação ripária em região intensamente desmatada no sudeste do Brasil: um estudo com peixes de riacho. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 444-453.
- Tomimatsu, H.; Yamagishi, H.; Tanaka, I.; Sato, M.; Kondo, R.; Konno, Y. (2011). Consequences of forest fragmentation in an understory plant community: extensive range expansion of native dwarf bamboo. *Plant Species Biology* 26: 3-12.
- Tonello, G., Loureiro, R. C., Krause, P., Silva, C., Ongaratto, R. M., Sepp, S., ... & Hepp, L. U. (2014). Colonização de invertebrados durante a decomposição de diferentes detritos vegetais em um riacho subtropical. *Revista Brasileira de Biociências*, 12(2), 98.
- Tonhasca, A. 2005. *Ecologia e história natural da Mata Atlântica*. Ed. Interciência, Rio de Janeiro.
- Torres, R., Lugo, C., Gordon, E., & Suárez-Villasmil, L. (2013). In situ leaf decomposition of *Heliconia Marginata* in a herbaceous wetland (Barlovento, Venezuela) *Polibotánica*, (35), 21-40.
- Trevisan, A. & Hepp, L.U. (2007) Dinâmica de componentes químicos vegetais e fauna associada ao processo de decomposição de espécies arbóreas em um riacho do norte do Rio Grande do Sul, Brasil. *Neotropical Biology and Conservation*. v. 2. n.1. p.54 - 60
- Trivinho-Strixino, S., Da Silva, F. L., & De Oliveira, C. S. N. (2013). *Tapajos cristinae* gen. n., sp. n. (Diptera: Chironomidae: Chironominae) from the Neotropical region. *Zootaxa*, 3710(4), 395-399.
- Tundisi, J. G., & Tundisi, T. M. (2008). *Limnologia*. São Paulo: Oficina de textos.

- Tundisi, J. G., & Tundisi, T. M. (2010). Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos/Potencial impacts of changes in the Forest Law in relation to water resources. *Biota Neotropica*, 10(4), 67.
- Valle, I. C., Buss, D. F., & Baptista, D. F. (2013). The influence of connectivity in forest patches, and riparian vegetation width on stream macroinvertebrate fauna. *Brazilian Journal of Biology*, 73(2), 231-238.
- Vandermeer, J., & Perfecto, I., (2007). The agricultural matrix and a future paradigm for conservation. *Conserv. Biol.* 21, 274–277.
- Vasconcelos, H. C. G., & Dias, M. T. (2014). Influência da sazonalidade na infestação de *ergasilus Turucuyus* (Copepoda: Ergasilidae) em *acestrorhynchus falcistrotris* e *hemiodus unimaculatus* (Osteichthyes: Characiformes) do reservatório Coaracy Nunes, Estado Do Amapá, Brasil. *Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)*, 4(1), 106-110.
- Verhoeven, J.T.A., Arheimer, B., Yin, C.Q., Hefting, M.M., (2006). Regional and global concerns over wetlands and water quality. *Trends Ecol. Evol.* 21, 96–103.
- Vondracek, B., Blann, K.L., Cox, C.B., Nerbonne, J.F., Mumford, K.F., Nerbonne, B.A., Sovell, L.A., Zimmerman, J.K.H., (2005). Land use, spatial scale, and stream systems: lessons from an agricultural region. *Environ. Manage.* 36, 775–791.
- Wagenhoff, A., Townsend, C. R., & Matthaei, C. D. (2012). Macroinvertebrate responses along broad stressor gradients of deposited fine sediment and dissolved nutrients: a stream mesocosm experiment. *Journal of Applied Ecology*, 49(4), 892-902.
- Wallace, J. B.; Eggert, S. T.; Meyer, J. L & Webster, J. R. (1997). Multiple Trophic Levels of a Forested Stream Linked to Terrestrial Litter Inputs. *Science* 277: 102- 104.
- Wantzen, K.M.; R. Wagner; R. Suetfeld & W.J. Junk. (2002). How do plant-herbivore interactions of trees influence coarse detritus processing by shredders in aquatic ecosystems of different latitudes? *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, Alemanha, 28: 1-7.

- Wantzen, K. M., & Wagner, R. (2006). Detritus processing by invertebrate shredders: a neotropical-temperate comparison. *Journal of the North American Benthological Society*, 25(1), 216-232.
- Wantzen, K. M.; Yule, C. M.; Mathooko, J. M.; Pringle, C. M. (2008). Organic Matter Processing in Tropical Streams in *Tropical Stream Ecology*. Elsevier, 43–64.
- Ward J.V.; Wiens J.A. (2001), Ecotones of riverine ecosystems: role and typology, spatio-temporal dynamics, and river regulation. *Ecohydrology and Hydrobiology*, 1, 25–36.
- Webster, J. R & Benfield, E.F. (1986) Vascular plant breakdown in freshwater ecosystems, *Annu Ver. Ecol Syst* 17: 567-594.
- Yoshimura, M., (2012). Effects of forest disturbances on aquatic insect assemblages. *Entomological Science* 15: 145-154.
- Yule, C. M., Leong, M. Y., Liew, K. C., Ratnarajah, L., Schmidt, K., Wong, H. M., & Boyero, L. (2009). Shredders in Malaysia: abundance and richness are higher in cool upland tropical streams. *Journal of the North American Benthological Society*, 28(2), 404-415.
- Zakia, M. J. B., Ferraz, F. F. B., Righetto, A. M., & de Paula Lima, W. (2009). Delimitação da zona ripária em uma microbacia. *Revista Agrogeoambiental*, 1(1).
- Zhang, D., Hui, D., Luo, Y., & Zhou, G. (2008). Rates of litter decomposition in terrestrial ecosystems: global patterns and controlling factors. *Journal of Plant Ecology*, 1(2), 85-93.

ANEXOS

Anexo 1^a

Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas, modificado do protocolo da Agência de Proteção Ambiental de Ohio (EUA) (EPA, 1987). (Obs.: 4 pontos (situação natural), 2 e 0 pontos (situações leve ou severamente alteradas).

P1: Ponto 1 Ponto (23k 0231203) P2: Ponto 2 (23k 0232078) P3: Ponto 3 (23k0232044) Floresta Nacional de Ipanema, SP

Localização: <i>Riacho Ribeirão do Ferro EPOCA SECA</i>
Data de Coleta: 26 /07 / 2014 Hora da Coleta: 10:43
Tempo (situação do dia): <i>Baixa Luminosidade</i>
Modo de coleta (coletor): Surber
Tipo de Ambiente: Córrego (X) Rio ()
Largura média: <i>Ponto 1: 3.34m Ponto 2: 2.41m Ponto 3: 2.45m</i>
Profundidade média: <i>Ponto 1: 28.2cm Ponto 2: 22cm Ponto 3: 48.5cm</i>
Temperatura da água: <i>Ponto 1: 17.48°C Ponto 2: 17.42°C Ponto 3: 17.56°C</i>

PARÂMETROS	PONTUAÇÃO		
	4 Pontos	2 Pontos	0 Pontos
1.Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	Vegetação natural <i>P1 P2 P3</i>	Campo de pastagem/Agricultura/ Monocultura/ Reflorestamento	Residencial/ Comercial/ Industrial
2. Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito	Ausente <i>P1 P2 P3</i>	Moderada	Acentuada
3. Alterações antrópicas	Ausente <i>P1 P2</i>	Alterações de origem doméstica (esgoto, lixo) <i>P3</i>	alterações de origem industrial/ urbana (fábricas, siderurgias, canalização, retificação do curso do rio)
4. Cobertura vegetal no leito	Parcial <i>P1</i>	Total <i>P2 P3</i>	Ausente
5. Odor da água	Nenhum <i>P1 P2 P3</i>	Esgoto (ovo podre)	óleo/industrial

6. Oleosidade da água	Ausente <i>P1 P2 P3</i>	Moderada	Abundante
7. Transparência da água	Transparente <i>P1 P2 P3</i>	turva/cor de chá-forte	opaca ou colorida
8. Odor do sedimento (fundo)	Nenhum <i>P1 P2 P3</i>	Esgoto (ovo podre)	óleo/industrial
9. Oleosidade do fundo	Ausente <i>P1 P2 P3</i>	Moderado	Abundante
10. Tipo de fundo	pedras/cascalho <i>P1 P2</i>	Lama/areia <i>P3</i>	cimento/canalizado

Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas, modificado do protocolo de Hannaford et al. (1997). (Obs.: 5 pontos (situação natural), 3, 2 e 0 pontos (situações leve ou severamente alteradas).

PARÂMETROS	PONTUAÇÃO			
	5 Pontos	3 Pontos	2 Pontos	0 Pontos
11. Tipos de fundo	Mais de 50% com habitats diversificados; pedaços de troncos submersos; cascalho ou outros habitats estáveis. <i>P1 P2</i>	30 a 50% de habitats diversificados; habitats adequados para a manutenção das populações de organismos aquáticos. <i>P3</i>	10 a 30% de habitats diversificados; disponibilidade de habitats insuficiente; substratos freqüentemente modificados.	Menos que 10% de habitats diversificados; ausência de habitats óbvia; substrato rochoso instável para fixação dos organismos.
12. Extensão de rápidos	Rápidos e corredeiras bem desenvolvidas; rápidos tão largos quanto o rio e com o comprimento igual ao dobro da largura do rio. <i>P1 P3</i>	Rápidos com a largura igual à do rio, mas com comprimento menor que o dobro da largura do rio. <i>P2</i>	Trechos rápidos podem estar ausentes; rápidos não tão largos quanto o rio e seu comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Rápidos ou corredeiras inexistentes.

13. Frequência de rápidos	Rápidos relativamente freqüentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 5 e 7. <i>P1 P3</i>	Rápidos não freqüentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 7 e 15. <i>P2</i>	Rápidos ou corredeiras ocasionais; habitats formados pelos contornos do fundo; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 15 e 25.	Geralmente com lâmina d'água "lisa" ou com rápidos rasos; pobreza de habitats; distância entre rápidos dividida pela largura do rio maior que 25.
14. Tipos de substrato	Seixos abundantes (prevalecendo em nascentes). <i>P1</i>	Seixos abundantes; cascalho comum.	Fundo formado predominantemente por cascalho; alguns seixos presentes. <i>P2 P3</i>	Fundo pedregoso; seixos ou lamoso.
15. Deposição de lama	Entre 0 e 25% do fundo coberto por lama. <i>P1 P2 P3</i>	Entre 25 e 50% do fundo coberto por lama.	Entre 50 e 75% do fundo coberto por lama.	Mais de 75% do fundo coberto por lama
16. Depósitos sedimentares	Menos de 5% do fundo com deposição de lama; ausência de deposição nos remansos.	Alguma evidência de modificação no fundo, principalmente como aumento de cascalho, areia ou lama; 5 a 30% do fundo afetado; suave deposição nos remansos. <i>P1 P2 P3</i>	Deposição moderada de cascalho novo, areia ou lama nas margens; entre 30 a 50% do fundo afetado; deposição moderada nos remansos.	Grandes depósitos de lama, maior desenvolvimento das margens; mais de 50% do fundo modificado; remansos ausentes devido à significativa deposição de sedimentos.
17. Alterações no canal do rio	Canalização (retificação) ou dragagem ausente ou mínima; rio com padrão normal. <i>P1 P3</i>	Alguma canalização presente, normalmente próximo à construção de pontes; evidência de modificações há mais de 20 anos. <i>P2</i>	Alguma modificação presente nas duas margens; 40 a 80% do rio modificado.	Margens modificadas; acima de 80% do rio modificado.
18 Características do fluxo das águas	Fluxo relativamente igual em toda a largura do rio; mínima quantidade de substrato exposta. <i>P1 P3</i>	Lâmina d'água acima de 75% do canal do rio; ou menos de 25% do substrato exposto. <i>P2</i>	Lâmina d'água entre 25 e 75% do canal do rio, e/ou maior parte do substrato nos "rápidos" exposto.	Lâmina d'água escassa e presente apenas nos remansos.

19. Presença de mata ciliar	<p>Acima de 90% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas; mínima evidência de deflorestamento; todas as plantas atingindo a altura “normal”.</p> <p><i>P1 P2 P3</i></p>	<p>Entre 70 e 90% com vegetação ripária nativa; deflorestamento evidente mas não afetando o desenvolvimento da vegetação; maioria das plantas atingindo a altura “normal”.</p>	<p>Entre 50 e 70% com vegetação ripária nativa; deflorestamento óbvio; trechos com solo exposto ou vegetação eliminada; menos da metade das plantas atingindo a altura “normal”.</p>	<p>Menos de 50% da mata ciliar nativa; defloresta- mento muito acentuado.</p>
20 Estabilidade das margens	<p>Margens estáveis; evidência de erosão mínima ou ausente; pequeno potencial para problemas futuros. Menos de 5% da margem afetada.</p> <p><i>P1 P2 P3</i></p>	<p>Moderadamente estáveis; pequenas áreas de erosão freqüentes. Entre 5 e 30% da margem com erosão.</p>	<p>Moderadamente instável; entre 30 e 60% da margem com erosão. Risco elevado de erosão durante enchentes.</p>	<p>Instável; muitas áreas com erosão; freqüentes áreas descobertas nas curvas do rio; erosão óbvia entre 60 e 100% da margem.</p>
21. Extensão de mata ciliar	<p>Largura da vegetação ripária maior que 18 m; sem influência de atividades antrópicas (agropecuária, estradas, etc.).</p> <p><i>P1</i></p>	<p>Largura da vegetação ripária entre 12 e 18 m; mínima influência antrópica.</p> <p><i>P2 P3</i></p>	<p>Largura da vegetação ripária entre 6 e 12 m; influência antrópica intensa.</p>	<p>Largura da vegetação ripária menor que 6 m; vegetação restrita ou ausente devido à atividade antrópica.</p>
22. Presença de plantas aquáticas	<p>Pequenas macrófitas aquáticas e/ou musgos distribuídos pelo leito.</p>	<p>Macrófitas aquáticas ou algas filamentosas ou musgos distribuídas no rio, substrato com perifiton.</p>	<p>Algas filamentosas ou macrófitas em poucas pedras ou alguns remansos, perifiton abundante e biofilme.</p> <p><i>P1</i></p>	<p>Ausência de vegetação aquática no leito do rio ou grandes bancos macrófitas (p.ex. aguapé).</p> <p><i>P2 P3</i></p>

Anexo 1^b

Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas, modificado do protocolo da Agência de Proteção Ambiental de Ohio (EUA) (EPA, 1987). (Obs.: 4 pontos (situação natural), 2 e 0 pontos (situações leve ou severamente alteradas).

P1: Ponto 1 Ponto (23k 0231203) P2: Ponto 2 (23k 0232078) P3: Ponto 3 (23k0232044) Floresta Nacional de Ipanema, SP

Localização: <i>Riacho Ribeirão do Ferro EPOCA CHUVOSA</i>
Data de Coleta: 22 /02 / 2015 Hora da Coleta: 10:29
Tempo (situação do dia): <i>Presença de nuvens</i>
Modo de coleta (coletor): Surber
Tipo de Ambiente: Córrego (X) Rio ()
Largura média: <i>Ponto 1: 3.58m Ponto 2: 2.34m Ponto 3: 3,12m</i>
Profundidade média: <i>Ponto 1: 28.5cm Ponto 2: 36.2cm Ponto 3: 39cm</i>
Temperatura da água: <i>Ponto 1: 15°C Ponto 2: 15.32°C Ponto 3: 15.1°C</i>

PARÂMETROS	PONTUAÇÃO		
	4 Pontos	2 Pontos	0 Pontos
1.Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	Vegetação natural <i>P1 P2 P3</i>	Campo de pastagem/Agricultura/ Monocultura/ Reflorestamento	Residencial/ Comercial/ Industrial
2. Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito	Ausente <i>P1 P2 P3</i>	Moderada	Acentuada
3. Alterações antrópicas	Ausente <i>P1 P2 P3</i>	Alterações de origem doméstica (esgoto, lixo)	alterações de origem industrial/ urbana (fábricas, siderurgias, canalização, retificação do curso do rio)
4. Cobertura vegetal no leito	Parcial <i>P1 P2</i>	Total <i>P3</i>	Ausente

5. Odor da água	Nenhum <i>P1 P2 P3</i>	Esgoto (ovo podre)	óleo/industrial
6. Oleosidade da água	Ausente <i>P1 P2 P3</i>	Moderada	Abundante
7. Transparência da água	Transparente <i>P1 P2 P3</i>	turva/cor de chá-forte	opaca ou colorida
8. Odor do sedimento (fundo)	Nenhum <i>P1 P2 P3</i>	Esgoto (ovo podre)	óleo/industrial
9. Oleosidade do fundo	Ausente <i>P1 P2 P3</i>	Moderado	Abundante
10. Tipo de fundo	pedras/cascalho <i>P1 P2</i>	Lama/areia <i>P3</i>	cimento/canalizado

Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas, modificado do protocolo de Hannaford et al. (1997). (Obs.: 5 pontos (situação natural), 3, 2 e 0 pontos (situações leve ou severamente alteradas).

PARÂMETROS	PONTUAÇÃO			
	5 Pontos	3 Pontos	2 Pontos	0 Pontos
11. Tipos de fundo	Mais de 50% com habitats diversificados; pedaços de troncos submersos; cascalho ou outros habitats estáveis. <i>P1 P2 P3</i>	30 a 50% de habitats diversificados; habitats adequados para a manutenção das populações de organismos aquáticos.	10 a 30% de habitats diversificados; disponibilidade de habitats insuficiente; substratos freqüentemente modificados.	Menos que 10% de habitats diversificados; ausência de habitats óbvia; substrato rochoso instável para fixação dos organismos.
12. Extensão de rápidos	Rápidos e corredeiras bem desenvolvidas; rápidos tão largos quanto o rio e com o comprimento igual ao dobro da largura do rio. <i>P1 P3</i>	Rápidos com a largura igual à do rio, mas com comprimento menor que o dobro da largura do rio. <i>P2</i>	Trechos rápidos podem estar ausentes; rápidos não tão largos quanto o rio e seu comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Rápidos ou corredeiras inexistentes.

13. Frequência de rápidos	Rápidos relativamente freqüentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 5 e 7. <i>P1 P3</i>	Rápidos não freqüentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 7 e 15. <i>P2</i>	Rápidos ou corredeiras ocasionais; habitats formados pelos contornos do fundo; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 15 e 25.	Geralmente com lâmina d'água "lisa" ou com rápidos rasos; pobreza de habitats; distância entre rápidos dividida pela largura do rio maior que 25.
14. Tipos de substrato	Seixos abundantes (prevalecendo em nascentes). <i>P1</i>	Seixos abundantes; cascalho comum. <i>P2 P3</i>	Fundo formado predominantemente por cascalho; alguns seixos presentes.	Fundo pedregoso; seixos ou lamoso.
15. Deposição de lama	Entre 0 e 25% do fundo coberto por lama. <i>P1 P2 P3</i>	Entre 25 e 50% do fundo coberto por lama.	Entre 50 e 75% do fundo coberto por lama.	Mais de 75% do fundo coberto por lama
16. Depósitos sedimentares	Menos de 5% do fundo com deposição de lama; ausência de deposição nos remansos.	Alguma evidência de modificação no fundo, principalmente como aumento de cascalho, areia ou lama; 5 a 30% do fundo afetado; suave deposição nos remansos. <i>P1 P2</i>	Deposição moderada de cascalho novo, areia ou lama nas margens; entre 30 a 50% do fundo afetado; deposição moderada nos remansos. <i>P3</i>	Grandes depósitos de lama, maior desenvolvimento das margens; mais de 50% do fundo modificado; remansos ausentes devido à significativa deposição de sedimentos.
17. Alterações no canal do rio	Canalização (retificação) ou dragagem ausente ou mínima; rio com padrão normal. <i>P1 P3</i>	Alguma canalização presente, normalmente próximo à construção de pontes; evidência de modificações há mais de 20 anos. <i>P2</i>	Alguma modificação presente nas duas margens; 40 a 80% do rio modificado.	Margens modificadas; acima de 80% do rio modificado.
18 Características do fluxo das águas	Fluxo relativamente igual em toda a largura do rio; mínima quantidade de substrato exposta.	Lâmina d'água acima de 75% do canal do rio; ou menos de 25% do substrato exposto.	Lâmina d'água entre 25 e 75% do canal do rio, e/ou maior parte do substrato nos "rápidos" exposto.	Lâmina d'água escassa e presente apenas nos remansos.

	<i>P1</i> <i>P2</i> <i>P3</i>			
19. Presença de mata ciliar	Acima de 90% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas; mínima evidência de deflorestamento; todas as plantas atingindo a altura “normal”. <i>P1</i> <i>P2</i> <i>P3</i>	Entre 70 e 90% com vegetação ripária nativa; deflorestamento evidente mas não afetando o desenvolvimento da vegetação; maioria das plantas atingindo a altura “normal”.	Entre 50 e 70% com vegetação ripária nativa; deflorestamento óbvio; trechos com solo exposto ou vegetação eliminada; menos da metade das plantas atingindo a altura “normal”.	Menos de 50% da mata ciliar nativa; deflorestamento muito acentuado.
20 Estabilidade das margens	Margens estáveis; evidência de erosão mínima ou ausente; pequeno potencial para problemas futuros. Menos de 5% da margem afetada. <i>P1</i> <i>P2</i> <i>P3</i>	Moderadamente estáveis; pequenas áreas de erosão frequentes. Entre 5 e 30% da margem com erosão.	Moderadamente instável; entre 30 e 60% da margem com erosão. Risco elevado de erosão durante enchentes.	Instável; muitas áreas com erosão; frequentes áreas descobertas nas curvas do rio; erosão óbvia entre 60 e 100% da margem.
21. Extensão de mata ciliar	Largura da vegetação ripária maior que 18 m; sem influência de atividades antrópicas (agropecuária, estradas, etc.). <i>P1</i>	Largura da vegetação ripária entre 12 e 18 m; mínima influência antrópica. <i>P2</i> <i>P3</i>	Largura da vegetação ripária entre 6 e 12 m; influência antrópica intensa.	Largura da vegetação ripária menor que 6 m; vegetação restrita ou ausente devido à atividade antrópica.
22. Presença de plantas aquáticas	Pequenas macrófitas aquáticas e/ou musgos distribuídos pelo leito.	Macrófitas aquáticas ou algas filamentosas ou musgos distribuídas no rio, substrato com perifiton.	Algas filamentosas ou macrófitas em poucas pedras ou alguns remansos, perifiton abundante e biofilme. <i>P1</i>	Ausência de vegetação aquática no leito do rio ou grandes bancos macrófitas (p.ex. aguapé). <i>P2</i> <i>P3</i>

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 43708-1	Data da Emissão: 14/04/2014 17:08	Data para Revalidação*: 14/05/2015
* De acordo com o art. 33 da IN 154/2009, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: WELBER SENTEIO SMITH	CPF: 149.720.258-24
Título do Projeto: Papel dos macroinvertebrados na fragmentação foliar em riachos tropicais localizados na Floresta Nacional de Ipanema, SP, Brasil.	
Nome da Instituição : Fundação Dom Aguirre	CNPJ: 71.487.094/0001-13

Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Montagem do experimento e coleta dos macroinvertebrados	07/2014	12/2017

Observações e ressalvas

1	As atividades de campo exercidas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas a autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia.
2	Esta autorização NAO exige o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de obter as anuências previstas em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena (FUNAI), da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador de área dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso.
3	Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Instrução Normativa IBAMA nº 154/2007 ou na Instrução Normativa ICMBio nº 10/2010, no que especifica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou didáticas no âmbito do ensino superior.
4	A autorização para envio ao exterior de material biológico não consignado deverá ser requerida por meio do endereço eletrônico www.ibama.gov.br (Serviços on-line - Licença para importação ou exportação de flora e fauna - CITES e não CITES).
5	O titular de licença ou autorização e os membros da sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condição in situ.
6	O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da violação da legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou revogada pelo ICMBio e o material biológico coletado apreendido nos termos da legislação brasileira em vigor.
7	Este documento não dispensa o cumprimento da legislação que dispõe sobre acesso a componente do patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva, ou ao conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, para fins de pesquisa científica, bioprospecção e desenvolvimento tecnológico. Veja maiores informações em www.mma.gov.br/cgen .
8	Em caso de pesquisa em UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, o pesquisador titular desta autorização deverá contactar a administração da unidade a fim de CONFIRMAR AS DATAS das expedições, as condições para realização das coletas e de uso da infra-estrutura da unidade.

Outras ressalvas

1	O pesquisador e equipe deverão se reunir antes do início dos trabalhos de campo com a equipe da Coordenação de Pesquisa da Flona de Ipanema para discutirem os procedimentos em campo, cronograma de atividades e dirimirem eventuais dúvidas.
---	--

Equipe

#	Nome	Função	CPF	Doc. Identidade	Nacionalidade
1	Heidi Marcela Suarez Robayo	PESQUISADORA	236.939.698-92	AO044825 Colombia-	Brasileira

Locais onde as atividades de campo serão executadas

#	Município	UF	Descrição do local	Tipo
1		SP	FLORESTA NACIONAL DE IPANEMA	UC Federal

Atividades X Táxons

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº154/2007. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 92344312

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 43708-1	Data da Emissão: 14/04/2014 17:08	Data para Revalidação*: 14/05/2015
* De acordo com o art. 33 da IN 154/2009, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: WELBER SENTEIO SMITH	CPF: 149.720.258-24
Título do Projeto: Papel dos macroinvertebrados na fragmentação foliar em riachos tropicais localizados na Floresta Nacional de Ipanema, SP, Brasil.	
Nome da Instituição : Fundação Dom Aguirre	CNPJ: 71.487.094/0001-13

#	Atividade	Táxons
1	Captura de animais silvestres in situ	Hemiptera, Trichoptera, Plecoptera, Odonata, Annelida, Bivalvia, Diptera, Coleoptera, Gastropoda, Megaloptera, Hymenoptera, Ephemeroptera
2	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Ephemeroptera (*Qtde: 100), Annelida (*Qtde: 30), Gastropoda (*Qtde: 100), Trichoptera (*Qtde: 100), Hymenoptera (*Qtde: 50), Coleoptera (*Qtde: 100), Odonata (*Qtde: 100), Megaloptera (*Qtde: 50), Hemiptera (*Qtde: 100), Plecoptera (*Qtde: 100), Diptera (*Qtde: 100), Bivalvia (*Qtde: 50)

* Quantidade de indivíduos por espécie, por localidade ou unidade de conservação, a serem coletados durante um ano.

Material e métodos

1	Método de captura/coleta (Invertebrados)	Peneira, Coleta manual, Puçá
2	Método de captura/coleta (Invertebrados Aquáticos)	Peneira, Coleta manual, Puçá
3	Método de captura/coleta (Invertebrados Terrestres)	Puçá, Peneira, Coleta manual

Destino do material biológico coletado

#	Nome local destino	Tipo Destino
1	Fundação Dom Aguirre	

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº154/2007. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 92344312

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 43708-1	Data da Emissão: 14/04/2014 17:08	Data para Revalidação*: 14/05/2015
* De acordo com o art. 33 da IN 154/2009, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: WELBER SENTEIO SMITH	CPF: 149.720.258-24
Título do Projeto: Papel dos macroinvertebrados na fragmentação foliar em riachos tropicais localizados na Floresta Nacional de Ipanema, SP, Brasil.	
Nome da Instituição : Fundação Dom Aguirre	CNPJ: 71.487.094/0001-13

Registro de coleta imprevista de material biológico

De acordo com a Instrução Normativa nº154/2007, a coleta imprevista de material biológico ou de substrato não contemplado na autorização ou na licença permanente deverá ser anotada na mesma, em campo específico, por ocasião da coleta, devendo esta coleta imprevista ser comunicada por meio do relatório de atividades. O transporte do material biológico ou do substrato deverá ser acompanhado da autorização ou da licença permanente com a devida anotação. O material biológico coletado de forma imprevista, deverá ser destinado à instituição científica e, depositado, preferencialmente, em coleção biológica científica registrada no Cadastro Nacional de Coleções Biológicas (CCBIO).

Táxon*	Qtde.	Tipo de amostra	Qtde.	Data

* Identificar o espécime no nível taxonômico possível.

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº154/2007. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 92344312