

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**

*Campus* MACAÉ – PROFESSOR ALOÍSIO TEIXEIRA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS  
E CONSERVAÇÃO (PPG-CIAC)

**CARREAMENTO ANTRÓPICO DE SEDIMENTOS ALTERA A ESTRUTURA E A  
FUNÇÃO DE UM IGARAPÉ AMAZÔNICO: UM ESTUDO DE CASO COM A  
COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS  
BENTÔNICOS, NA FLONA CARAJÁS, PA (BRASIL)**

**Vanessa da Silva Cordeiro**

Macaé

2018

**Carreamento antrópico de sedimentos altera a estrutura e a função de um igarapé amazônico: um estudo de caso com a comunidade de macroinvertebrados bentônicos na FLONA Carajás, PA (Brasil)**

**Vanessa da Silva Cordeiro**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Conservação, Núcleo em Ecologia e Desenvolvimento Sócio-Ambiental da Universidade Federal do Rio de Janeiro, *Campus* Professor Aloísio Teixeira, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais e Conservação.

**Orientador:** Prof. Dr. Reinaldo Luiz Bozelli

**Co-orientador:** Prof. Dr. Cláudio C. Marinho

**Co-orientador:** Prof. Dr. Marcos P. F. Barros

Macaé

Agosto/2018

Cord794c Cordeiro, Vanessa da Silva  
Carreamento antrópico de sedimentos altera a estrutura e a função de um igarapé amazônico: um estudo de caso com a comunidade de macroinvertebrados bentônicos na FLONA Carajás, PA (Brasil) / Vanessa da Silva Cordeiro. -- Rio de Janeiro, 2018. 138 f.

Orientador: Reinaldo Luiz Bozelli.  
Coorientador: Cláudio Cardoso Marinho. Coorientador:  
Marcos Paulo Figueiredo de Barros

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Campus Macaé, Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais e Conservação, 2018.

1. Igarapés. 2. Macroinvertebrados Bentônicos. 3. Diversidade Funcional. 4. Sedimentos Finos. 5. Atividade de Mineração. I. Bozelli, Reinaldo Luiz, orient. II. Marinho, Cláudio Cardoso, coorient. III. Barros, Marcos Paulo Figueiredo de, coorient. IV. Título.

### CIP - Catalogação na Publicação

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática da UFRJ com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

CARREAMENTO ANTRÓPICO DE SEDIMENTOS ALTERA A  
ESTRUTURA E A FUNÇÃO DE UM IGARAPÉ AMAZÔNICO: UM  
ESTUDO DE CASO COM A COMUNIDADE DE  
MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS NA FLONA CARAJÁS,  
PA (BRASIL).

Vanessa da Silva Cordeiro

Orientador: Reinaldo Luiz Bozelli

Dissertação de mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Conservação, *Campus* UFRJ-Macaé Professor Aloísio Teixeira, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais e Conservação.

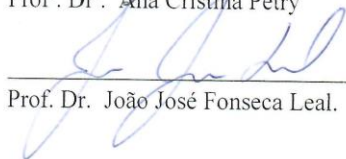
Aprovado por:



Presidente: Prof. Dr. Reinaldo Luiz Bozelli



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Cristina Petry



Prof. Dr. João José Fonseca Leal.

Macaé – RJ

Agosto de 2018

Dedico este trabalho a minha mãe, que me criou desde os cinco anos de idade, sozinha, com mais três outras filhas e não pôde viver para ver esta vitória.

## Agradecimentos

Como está sendo bom chegar até aqui! Como foi bom realizar um sonho e concluir o meu mestrado. Reproduzindo a fala do apóstolo Paulo posso dizer: que combati o bom combate, terminei a corrida e guardei a fé (II Timóteo 4:7-8). Vou começar agradecendo àquele que me sustentou até aqui, de quem eu dependo. Sem ele eu nada poderia ter feito. Agradeço ao meu Criador, meu pai e meu Deus. Agradeço a ele também pelos anjos que ele colocou na minha vida em forma de pessoas que me ajudaram, me auxiliaram e permitiram que eu chegasse até aqui. Sem eles eu também não teria concluído essa etapa.

Agradeço à minha família que me permitiu chegar até aqui. A minha mãe que infelizmente não está mais presente entre nós. A minha madrinha pelos conselhos e apoio em tudo que eu precisei. Às minhas primas Fabiana e Fabíola pelo cuidado, amor e atenção dedicados a mim e aos meus sobrinhos e afilhados por fazerem a minha vida mais feliz. Agradeço também ao meu primo Mário Marcos Ribeiro Neto por ter me apresentado ao laboratório da Limnologia e ter me apoiado nesta trajetória. Agradeço também ao meu pai, por me ter dado a vida e por todo auxílio durante o mestrado.

Agradeço ao meu Orientador Reinaldo Luiz Bozelli por ter aceito me orientar, por todo auxílio nesta etapa, por sua paciência e por todo suporte em todos os momentos que eu precisei. Muito obrigada! Agradeço também ao meu Co-Orientador Cláudio Cardoso Marinho por ter acreditado em mim. Por ter me apoiado e ajudado para que eu conseguisse chegar ao mestrado. Muito obrigada! Agradeço também ao meu Co-orientador Marcos Paulo Barros pela assistência que tive em Macaé, muito obrigada.

Agradeço especialmente às minhas colegas Rayanne e Clarice que tiraram minhas dúvidas, revisaram meu trabalho, pela paciência e disponibilidade de vocês para comigo. Muito Obrigada! Foi muito bom saber que eu posso contar com vocês. Agradeço também à Maria Silvina por sua ajuda e paciência, muito obrigada. Agradeço também à Larissa Corrêa por ter me auxiliado nesse processo, por ter se disponibilizado a me ajudar. Muito obrigada! Agradeço também à Professora Aliny Pires por seu auxílio, muito obrigada.

Agradeço também à minha banca de qualificação formada pelos professores Ana Petry e Emiliano Calderon, muito obrigada, pois vocês contribuíram bastante para o meu trabalho. Agradeço também ao professor Jorge Nessimian que prontamente me auxiliou tirando minhas

dúvidas. Agradeço a todos os professores do PPGCiac, que contribuíram para o meu crescimento profissional e desenvolvimento do meu senso crítico. Agradeço à FAPERJ por bolsa concedida e à Vale S/A pelo apoio financeiro ao trabalho.

Agradeço pela possibilidade de ter morado com pessoas que me fizeram crescer e olhar a vida por um ângulo diferente. Obrigada a vocês : Larissa, Lorena, Alejandra e Rafael.

Agradeço muito aos meus colegas de trabalho tanto do laboratório de Limnologia do Rio, quanto aos de Macaé pelo companheirismo. Pelo convívio agradável que vocês me proporcionaram nesta caminhada. Muito Obrigada. Desculpem-me por não citar o nome de todos, pois provavelmente eu esqueceria o nome de alguém, mas agradeço a todos vocês por me proporcionarem bons momentos para o meu crescimento pessoal e profissional também.

## EPÍGRAFE

“Desde que Deus criou o mundo, as suas qualidades invisíveis, isto é, o seu poder eterno e a sua natureza divina, têm sido vistas claramente. Os seres humanos podem ver tudo isso nas coisas que Deus tem feito e, portanto, eles não têm desculpa nenhuma.”

Romanos 1:20 NTLH



## RESUMO

O carreamento acidental de sedimentos finos para o leito de igarapés amazônicos pode causar prejuízos para a biodiversidade e conseqüentemente para as funções ecossistêmicas. No entanto, são relativamente poucos os trabalhos que têm sido realizados com o propósito de compreender os efeitos das atividades de mineração, que são as principais responsáveis por esse tipo de impacto. Em 2010, em decorrência de obras civis e com o aumento da pluviosidade, uma considerável proporção de sedimento fino foi carregado para o leito do igarapé Kalunga, localizado na Mina de Manganês do Azul, FLONA de Carajás, PA (Brasil). Nesse trabalho a comunidade de macroinvertebrados bentônicos foi utilizada como ferramenta para avaliar as conseqüências do carreamento de sedimentos sobre a sua biodiversidade e estimar alterações em funções sistêmicas do trecho afetado do igarapé. Para avaliar possíveis alterações em parâmetros limnológicos, os seguintes dados físicos e químicos da coluna d'água foram aferidos: concentração de oxigênio, condutividade elétrica, fósforo total, matéria orgânica, nitrogênio total, pH, temperatura, turbidez, e vazão. Além disso, foram avaliados o percentual de cobertura do dossel e a composição do substrato. Os efeitos do carreamento foram avaliados a partir de comparações entre o trecho do igarapé impactado (Kalunga) e um trecho de outro igarapé não impactado (Referência) ao longo de um gradiente longitudinal. As coletas foram realizadas em três subtrechos de ambos os igarapés (seis no total) em dois períodos de chuvas e dois de estiagem, entre os anos de 2014 e 2016. Foi possível identificar alterações na qualidade da água, redução na cobertura de dossel e alterações na composição do substrato. A análise de similaridade indicou diferenças significativas na abundância e ocorrência dos táxons. Houve alteração na base trófica da comunidade de macroinvertebrados que deixou de ser composta predominantemente por coletores catadores passando a ser dominada por predadores. Todos os grupos tróficos, com exceção dos coletores filtradores apresentaram uma redução significativa em sua abundância e riqueza nos trechos impactados. Conclui-se a partir dos resultados que as alterações dos substratos exerceram um papel mais importante na estrutura trófica e taxonômica da comunidade de macroinvertebrados bentônicos do que o aumento da turbidez (sólidos em suspensão).

**Palavras-chave:** igarapés, macroinvertebrados bentônicos, diversidade funcional, sedimentos finos, atividade de mineração.

## ABSTRACT

Accidental transport of fine sediments to the bed of Amazonian streams can cause many damages on biodiversity and consequently on ecosystem functions. However, relatively few studies are carried out to understand the effects of mining activities, which are mainly responsible for this kind of impact. In 2010, as a result of civil works and increased rainfall, a considerable proportion of fine sediment was carried to the Kalunga stream bed, located at the Manganese Azul mine, FLONA, Carajás, PA (Brazil). In this work the community of benthic macroinvertebrates was used as a tool to evaluate the consequences of the sediment transport on its biodiversity and to estimate changes in the systemic functions of the affected section of the stream. To evaluate possible changes in limnological parameters, the following physical and chemical data of the water column were measured: oxygen concentration, electrical conductivity, total phosphorus, organic matter, total nitrogen, pH, temperature, turbidity, and flow. In addition, the percentage of canopy cover and substrate composition were evaluated. The effects of the trip were evaluated from comparisons between the section of the impacted creek (Kalunga) and a section of another non impacted creek (Reference) along a longitudinal gradient. The effects of sediment transport were obtained through comparisons between an impacted 'igarapé' (Kalunga) and a pristine one (Reference) along a longitudinal gradient. The collections were carried out in three sub-basements of both igarapés (six in total) in two rainy periods and two dry periods between 2014 and 2016. It was possible to identify changes in water quality, reduction in canopy cover and changes in substrate composition. The Similarity Analysis indicated significant differences in the abundance and occurrence of macroinvertebrates taxa. We could also notice that there was a change in the trophic base of the macroinvertebrate community that was no predominantly composed of collectors but was dominated by predators. All trophic groups, except for the filter-collectors, showed a significant reduction in their abundance and richness in impacts sections. It is concluded from the results that the substrate changes played a much more important role in the trophic and taxonomic structure of the community of benthic macroinvertebrates than the increase in turbidity (suspended solids).

**Key words:** igarapés, benthic macroinvertebrates, functional diversity, fine sediments, Mining activity.

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1.** Mapa com a localização da (FLONA de Carajás), no Pará. A FLONA de Carajás se encontra nos municípios de Parauapebas (maior extensão) e Canaã dos Carajás, destacados em cinza neste mapa. No interior da FLONA se encontra a Mina de Manganês do Azul, utilizada para extração e beneficiamento de manganês e onde ocorreu o extravasamento de sedimentos para um igarapé.....10

**Figura 2.** Mapa com a localização dos trechos de igarapés estudados. Os pontos em vermelho indicam os trechos do igarapé Kalunga que estão sob influência direta da atividade de mineração e cujos pontos 2 e 3 receberam sedimentos e podem ser considerados impactados. Os pontos em azul indicam os trechos do igarapé Referência, igarapé não impactado, que está fora de influência da atividade de mineração.....12

**Figura 3.** Trechos de igarapés avaliados durante a pesquisa. Figura A referente ao trecho Referência\_01, figura B referente ao trecho Referência\_02, figura C referente ao trecho Referência\_03, figura D referente ao trecho Kalunga\_01, figura E referente ao trecho Kalunga\_02 e figura F referente ao trecho Kalunga\_03.....14

**Figura 4.** A figura representa as médias das variáveis limnológicas mensuradas nos trechos 1, 2 e 3 dos igarapés Referência e Kalunga ao longo de um gradiente longitudinal. Os losangos azuis indicam os trechos do igarapé Referência; os quadrados vermelhos indicam os trechos do igarapé Kalunga e as barras representam o desvio padrão da média..... 23

**Figura 5.** Análise de Componentes Principais com as variáveis ambientais (temperatura da água, pH, condutividade elétrica, turbidez, vazão, N-total, P-total e dossel) dos igarapés Referência e Kalunga. Os dois primeiros eixos plotados explicam 61,9% da variação dos dados.  
**Abreviaturas:** **Temp\_H2O** =Temperatura da água; **Ref\_01**=Referência 01; **Ref\_02**=Referência 02; **Ref\_03**=Referência 03; **Kal\_01**= Kalunga 01; **Kal\_02**= Kalunga 02; **Kal\_03**=Kalunga 03.....26

**Figura 6.** Comparação da cobertura de dossel entre os trechos dos igarapés Kalunga (1, 2 e 3) e Referência (1, 2 e 3) em um gradiente longitudinal. As comparações foram feitas através de

Análise de Variância, indicando valores significativamente menores de cobertura do dossel para o trecho Kalunga 2. Letras diferentes indicam diferenças significativas (pós-teste de Tukey) e barras indicam os valores do erro padrão.....29

**Figura 7.** Proporções das contribuições dos componentes do leito dos igarapés Referência e Kalunga nos trechos 1, 2 e 3 de ambos os igarapés. A avaliação do leito foi realizada através da metodologia do “quadrat” e a distribuição dos componentes foi realizada em percentual de cobertura do substrato. **Abreviaturas:** **Ref\_01**=Referência 1; **Ref\_02**=Referência 2; **Ref\_03**=Referência 3; **Kal\_01**= Kalunga 1; **Kal\_02**= Kalunga 2; **Kal\_03**= Kalunga 3; **Tron**=Tronco; **Ped**=Pedra; **Casc**=Cascalho; **Gal**=Galho; **Ra**=Raiz; **Fol**=Folhiço; **MO**=Matéria Orgânica dissolvida sobre o substrato; **Ar** =Areia.....30

**Figura 8.** Análise de Componentes Principais com os Componentes do leito (Areia, Cascalho, Folhiço, Galho, Matéria Orgânica (MO), Pedra, Silte e Argila, Raiz e Tronco) dos igarapés Referência e Kalunga. Os dois primeiros eixos plotados explicam 57,41% da variação dos dados. **Abreviaturas:** Ref\_01=Referência 01; Ref\_02=Referência 02; Ref\_03=Referência 03; Kal\_01= Kalunga 01; Kal\_02= Kalunga 02; Kal\_03= Kalunga 03.....32

**Figura 9a.** Análise granulométrica em percentual dos sedimentos amostrados dos igarapés Referência: trechos 1, 2 e 3 e Kalunga trechos 01, 02 e 03. Abreviaturas: Ref\_01=Referência 01; Ref\_02=Referência 02; Ref\_03=Referência 03; Kal\_01= Kalunga 01; Kal\_02= Kalunga 02; Kal\_03= Kalunga 03; Sil e Arg. = Silte e Argila; A. M. F.= Areia Muito Fina; A. F.= Areia Fina; A. M.= Areia Média; A. G.= Areia Grossa; A. M. G.= Areia Muito Grossa.....33

**Figura 9b.** Análise comparativa com base nos dados percentuais de silte e argila dos sedimentos amostrados dos trechos de igarapés não impactados (Referência 1, 2 e 3 e Kalunga 1) e impactados (Kalunga 2 e 3). Barras representam o desvio padrão da média. Letras diferentes indicam diferenças significativas..... 33

**Figura 10.** Curva de rarefação com o número total de táxons coletados (93) nas amostras do igarapé Referência (Controle). De acordo com o estimador Jaknife 1 (127), o número de táxons coletados corresponde ao percentual de 73,23% da riqueza total estimada do igarapé.....34

**Figura 11.** Curva de rarefação com o número total de táxons coletados (67) nas amostras do igarapé Kalunga (Impactado). De acordo com o estimador Jackknife 1 (98), o número de táxons coletados corresponde ao percentual de 68,25% da riqueza total estimada do igarapé.....**35**

**Figura 12.** Análise de Variância (ANOVA) com a riqueza dos Igarapés Kalunga (trechos 1, 2 e 3) e Referência (trechos 1, 2 e 3) ao longo de um gradiente longitudinal. Barras azuis representam os valores médio da riqueza do igarapé Referência, barras vermelhas representam os valores médios da riqueza do igarapé Kalunga e barras pretas representam o desvio padrão da média. Letras diferentes representam diferenças significativas.....**39**

**Figura 13.** Variação da abundância (número logaritimizado de indivíduos) de macroinvertebrados distribuídos entre os trechos do igarapé Kalunga (1, 2 e 3) e Referência (1, 2 e 3) ao longo de um gradiente longitudinal. Barras azuis representam os valores médios de abundância do igarapé Referência, barras vermelhas representam os valores médios da abundância do igarapé Kalunga e barras pretas representam o desvio padrão da média. Letras diferentes representam diferenças significativas.....**40**

**Figura 14.** Variação da Diversidade Simpson de táxons de macroinvertebrados bentônicos presentes nos trechos dos igarapés Kalunga (1, 2 e 3) e Referência (1, 2 e 3). Barras azuis representam a diversidade dos trechos do igarapé Referência, barras vermelhas representam a diversidade nos trechos do igarapé Kalunga e e barras pretas representam o desvio padrão da diversidade média.....**40**

**Figura 15.** Classificação Taxonômica dos Macroinvertebrados Bentônicos coletados nos trechos dos igarapés Kalunga (1,2,3) e Referência (1,2,3) ao longo de um gradiente longitudinal. Siglas: REF\_01=Referência 01; REF\_02=Referência\_02; REF\_03=Referência 03; KAL\_01=Kalunga\_01; KAL\_02=Kalunga-02; KAL\_03=Kalunga=03. Obs. As ordens pertencentes a classe insecta foram representadas com barras que apresentam bordas na cor preta.....**42**

**Figura 16a.** Análise de agrupamento (distância euclidiana) para os trechos do igarapé Kalunga e Referência, realizada com abundância total de macroinvertebrados em trechos impactados por carreamento de sedimentos antropogênicos (Kalunga 02 e Kalunga 03) e trechos não

impactados (Kalunga 01, Referência 01, Referência 02 e Referência 03). Legenda: REF\_01=Referência 01; REF\_02=Referência 02; REF\_03=Referência 3; KAL\_01= Kalunga 01; KAL\_02= Kalunga 02; KAL\_03= Kalunga 03.....43

**Figura 16b.** Análise de agrupamento (distância euclidiana) para os trechos do igarapé Kalunga e Referência, realizada com ocorrência de macroinvertebrados em trechos impactados por carreamento de sedimentos antropogênicos (Kalunga 02 e Kalunga 03) e trechos não impactados (Kalunga 01, Referência 01, Referência 02 e Referência 03). Legenda: REF\_01=Referência 01; REF\_02=Referência 02; REF\_03=Referência 3; KAL\_01= Kalunga 01; KAL\_02= Kalunga 02; KAL\_03= Kalunga 03.....44

**Figura 17.** Análise de Coordenadas Principais baseada nos dados de abundância total (matriz de Bray Curtis) da comunidade de macroinvertebrados dos trechos de igarapé impactados (Kalunga 02 e 03) por carreamento de sedimento antropogênico e trechos de igarapé não impactados (Kalunga 01 e Referência 01, 02, 03). O polígono em vermelho representa a distribuição da fauna em trechos impactados e o polígono em azul representa a distribuição da fauna em trechos não impactados. **Legenda:** REF\_01=Referência 01; REF\_02=Referência 02; REF\_03=Referência 3; KAL\_01= Kalunga 01; KAL\_02= Kalunga 02; KAL\_03= Kalunga 03. ....45

**Figura 18.** Análise de Coordenadas Principais baseada nos dados de ocorrência (matriz de Jaccard) da comunidade de macroinvertebrados dos trechos de igarapé impactados (Kalunga 02 e 03) por carreamento de sedimento antropogênico e trechos de igarapé não impactados (Kalunga 01 e Referência 01, 02, 03). O polígono em vermelho representa a distribuição da fauna em trechos impactados e o polígono em azul representa a distribuição da fauna em trechos não impactados. **Legenda:** REF\_01=Referência 01; REF\_02=Referência 02; REF\_03=Referência 3; KAL\_01= Kalunga 01; KAL\_02= Kalunga 02; KAL\_03= Kalunga 03.....43

**Figura 19.** Análise de Correspondência Canônica (ACC) com a Ordenação das variáveis abióticas e bióticas (A) e os trechos dos igarapés(B) Referência (1,2,3) e Kalunga (1,2,3). Apenas o primeiro eixo apresenta valor significativo ( $p < 0,05$ ) com 35,85% da explicação total da variância. Siglas dos trechos dos igarapés: REF\_01= Referência 01;

REF\_02=Referência\_02; REF\_03=Referência 03; KAL\_01= Kalunga\_01; KAL\_02=Kalunga-02; KAL\_03=Kalunga=03. As abreviaturas dos táxons presentes na ACC estão disponíveis anexo 11.....47

**Figura 20.** Análise de Correspondência Destendenciada (ACD) com uma matriz de Correlação de Pearson com os dados de abundância total de macroinvertebrados bentônicos e os valores dos substratos em % (obtidos através da metodologia do “quadrat”) dos trechos 1, 2, 3 dos igarapés Kalunga e Referência.....49

**Figura 21.** Análise de Correspondência Destendenciada (ACD) com uma matriz de Correlação de Pearson com os dados de presença e ausência (matriz binária de 0 ou 1) de macroinvertebrados bentônicos e os valores dos substratos em % (obtidos através da metodologia do “quadrat”) dos trechos 1, 2, 3 dos igarapés Kalunga e Referência.....50

**Figura 22.** Categorização da fauna coletada da comunidade de macroinvertebrados bentônicos dos trechos dos igarapés Kalunga (01, 02, 03) e Referência (01, 02, 03) em categorias de grupos funcionais tróficos, representados em percentuais de abundância.....51

**Figura 23.** Distribuição da abundância dos táxons enquadrados na categoria trófica de Coletor Catador nos trechos dos igarapés Kalunga (1, 2, 3) e Referência (1, 2, 3) (A) e a distribuição da abundância e da riqueza desta categoria ao longo de um gradiente longitudinal no igarapé Referência (B) e Kalunga (C). As abreviaturas dos táxons presentes no gráfico se encontram no anexo 11.....52

**Figura 24.** Distribuição da abundância dos táxons enquadrados na categoria trófica de Coletor Filtrador nos trechos dos igarapés Kalunga (1, 2, 3) e Referência (1, 2, 3) (A) e a distribuição da abundância e da riqueza desta categoria ao longo de um gradiente longitudinal no igarapé Referência (B) e Kalunga (C). As abreviaturas dos táxons presentes no gráfico se encontram no anexo 11.....53

**Figura 25.** Distribuição da abundância dos táxons enquadrados na categoria trófica de Fragmentador nos trechos dos igarapés Kalunga (1, 2, 3) e Referência (1, 2, 3) (A) e a distribuição da abundância e da riqueza desta categoria ao longo de um gradiente longitudinal

no igarapé Referência (B) e Kalunga (C). As abreviaturas dos táxons presentes no gráfico se encontram no anexo 11.....54

**Figura 26.** Distribuição da abundância dos táxons enquadrados na categoria trófica Predador nos trechos dos igarapés Kalunga (1, 2, 3) e Referência (1, 2, 3) (A) e a distribuição da abundância e da riqueza desta categoria ao longo de um gradiente longitudinal no igarapé Referência (B) e Kalunga (C). As abreviaturas dos táxons presentes no gráfico se encontram no anexo 11.....55

**Figura 27.** Distribuição da abundância dos táxons enquadrados na categoria trófica Raspador nos trechos dos igarapés Kalunga (1, 2, 3) e Referência (1, 2, 3) (A) e a distribuição da abundância e da riqueza desta categoria ao longo de um gradiente longitudinal no igarapé Referência (B) e Kalunga (C). As abreviaturas dos táxons presentes no gráfico se encontram no anexo 11.....56

**Figura 28.** Análise de Componentes Principais com as métricas bióticas (Número de famílias, Número de táxons, Táxons Sensíveis, EPT/Chironomidae, % EPT, % Coletores apanhadores (catadores), % Fragmentadores) utilizadas para a determinação da qualidade da água e integridade biótica dos igarapés Kalunga e Referência. Siglas: Ref\_01=Referência 01; Ref\_02=Referência\_02; Ref\_03=Referência 03; Kal\_01=Kalunga\_01; Kal\_02=Kalunga-02; Kal\_03=Kalunga=03.....60

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Trechos de igarapés estudados com as coordenadas geográficas, ordem do trecho e situação ambiental. As coletas nos trechos de igarapés foram realizadas nos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).....12

**Tabela 2.** Tabela com a descrição dos trechos (01, 02, 03) dos igarapés Kalunga e Referência.....14



<b>Tabela 3.</b> Índice de integridade de habitat para avaliação das características físicas dos trechos de igarapés e condições das áreas.....	<b>16</b>
<b>Tabela 4.</b> Avaliação da qualidade da água com base em métricas bióticas dos trechos dos igarapés Kalunga e Referência (01, 02, 03), de acordo com índice multimétrico de Couceiro <i>et al.</i> (2012). Os critérios para os termos de classificação para qualidade da água foram elaborados pelos autores.....	<b>20</b>
<b>Tabela 5.</b> Médias das variáveis limnológicas dos trechos amostrados dos igarapés Referência (1, 2 e 3) e Kalunga (1, 2 e 3). Os valores entre parêntese representam os valores de desvio. <b>Legenda:</b> Abreviaturas: Temp_H <sub>2</sub> O=Temperatura da água; <b>Ref_01</b> =Referência 01; <b>Ref_02</b> =Referência 02; <b>Ref_03</b> =Referência 03; <b>Kal_01</b> = Kalunga 01; <b>Kal_02</b> = Kalunga 02; <b>Kal_3</b> = Kalunga 03. Os valores obtidos são referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).....	<b>22</b>
<b>Tabela 6.</b> Sumário das análises de variância (one-way ANOVA) e dos testes Kruskal-Wallis referentes às variáveis limnológicas e dossel dos trechos do igarapé Kalunga versus igarapé Referência. Valores em negrito indicam diferenças significativas. Os valores obtidos são referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).....	<b>23</b>
<b>Tabela 7.</b> Sumário dos testes de Tukey e de Bonferroni realizados posteriormente às análises de variância (ANOVA one-way) e aos testes de Kruskal-Wallis, referentes as variáveis ambientais dos igarapés Referência e Kalunga. Os resultados obtidos são referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017). Valores em negrito indicam diferenças significativas.....	<b>24</b>
<b>Tabela 8.</b> Avaliação da integridade de habitat nos trechos dos igarapés Referência (1,2,3) e Kalunga (1,2,3). Scores obtidos são referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).....	<b>26</b>

**Tabela 9.** Médias das variáveis estruturais dossel e os componentes do leito em percentual (%) dos trechos amostrados dos igarapés Referência (1, 2 e 3) e Kalunga (1, 2 e 3) estimadas pelo método do “quadrat”. Siglas: **Kal**= igarapé Kalunga, **Ref**=igarapé Referência. Os valores são referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).....**27**

**Tabela 10.** Resultado do pós-teste Tukey, realizado com os valores de cobertura de dossel dos trechos dos igarapés Referência (01, 02 e 03) e Kalunga (01, 02 e 03), estimados através da metodologia do “quadrat”. Os valores obtidos são referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017). Valores em negrito indicam diferenças significativas.....**28**

**Tabela 11.** Análise granulométrica com a média percentual dos sedimentos amostrados dos igarapés Referência: trechos 1, 2 e 3 e Kalunga trechos 1, 2 e 3. Os valores obtidos são referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).....**32**

**Tabela 12.** Ocorrência de táxons (táxons presentes assinalados com X) nos trechos dos igarapés Referência (01, 02 e 03) e Kalunga (01, 02 e 03) ao longo de um gradiente longitudinal. Os táxons amostrados na tabela são o somatório das amostragens dos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017)..... **36**

**Tabela 13.** Resumo das Análises de Variâncias (ANOVA one way) e do teste de Kruskal Wallis realizados com os trechos dos igarapés Kalunga (01,0 2 e 03) e Referência (01,02 e 03). Os valores obtidos são referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).....**41**

**Tabela 14.** Sumário dos pós-teste de Tukey realizado posteriormente às análises de variância de riqueza e de abundância da comunidade de macroinvertebrados nos trechos dos igarapés Referência e kalunga (01, 02 e 03). Os resultados foram obtidos a partir das amostragens referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).Valores em negrito indicam diferenças significativas.....**41**

**Tabela 15.** Sumário dos testes T e Mann Whitney referentes à riqueza e a abundância das guildas tróficas de Coletores-Catadores, Coletores-Filtradores, Fragmentadores, Predadores e Raspadores dos trechos impactados do igarapé Kalunga (02 e 03) e dos trechos preservados dos igarapés Kalunga (01) e Referência( 01, 02 e 03). **Legenda:** Valores em negrito representam diferenças significativas. Abreviaturas: Col-Cat = Coletor-Catador, Col-Fil=Coletor-Filtrador, Frag.=Fragmentador, Pred.=Predador, Rasp.=Raspador..... **57**

**Tabela 16.** Estimativa de funções ecossistêmicas baseada em razões entre grupos funcionais tróficos de macroinvertebrados bentônicos nos trechos dos igarapés Kalunga e Referência (01, 02, 03). Os resultados foram obtidos a partir do somatório das amostragens referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017). Abreviaturas: Col-Cat=Coletor-Catador, Col-Fil=Coletor-Filtrador, Coletores = Coletor-Catador + Coletor-Filtrador, Frag.=Fragmentador, Pred.=Predador, Rasp.=Raspador.....**58**

**Tabela 17.** Avaliação da Qualidade da água dos trechos dos igarapés Kalunga e Referência (01, 02, 03), com base no índice multimétrico biótico para avaliação da integridade dos igarapés amazônicos de Couceiro (2012). Os resultados foram obtidos a partir do somatório das amostragens referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).....**59**

**Tabela 18.** Avaliação da qualidade dos trechos estudados dos igarapés foi obtida a partir do somatório das amostragens referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017). A classificação foi elaborada pela autora baseado nos aspectos bióticos da comunidade de macroinvertebrados.....**60**

## **LISTA DE ANEXOS**

**Anexo 1.** Valores estimados de cobertura de dossel através da metodologia do “quadrat” em porcentual para os trechos dos igarapés Kalunga e Referência (1, 2 e 3) nos períodos de Estiagem (Setembro de 2014 e Novembro de 2016) e Chuvas (Abril de 2016 e Abril de 2017).  
..... **88**

**Anexo 2.** Proporção dos Componentes do leito para cada trecho dos igarapés Kalunga e Referência (1, 2 e 3) amostrado nos períodos de Estiagem (Setembro de 2014 e Novembro de 2016) e Chuvas (Abril de 2016 e Abril de 2017). Observação: zero (0) = ausência do item. Siglas: Ar= areia; MO= Matéria Orgânica; Fol=Folhiço; Ra:= Raiz; **Gal**=Galho; **Casc**: Cascalho; **Ped**: Pedra; **Tron**: Troncos; **Sil/Arg**= Silte e Argila.....**89**

**Anexo 3.** Proporção das frações de granulometria em percentual para cada trecho dos igarapés Kalunga e Referência (1, 2 e 3) amostrado nos períodos de Estiagem (Setembro de 2014 e Novembro de 2016) e Chuvas (Abril de 2016 e Abril de 2017). Observação: **NULL**= Dados ausentes permanentemente.....**90**

**Anexo 4.** Autovalores da Análise de Componentes Principais com os dados dos Componentes do leito dos trechos dos Igarapés Kalunga e Referência (1, 2 e 3).....**91**

**Anexo 5.** Variáveis Limnológicas amostradas em campo para os igarapés Referência e Kalunga em dois períodos de Chuvas (Abril de 2016 e Abril 2017) e em dois períodos de Estiagem, (Setembro de 2014 e Novembro de 2016). Legenda: **Temp.H<sub>2</sub>O(°C)** =Temperatura da água; **Cond.** = Condutividade Elétrica; **Turb.** =Turbidez. **NULL**: Dados não monitorados ou ausentes permanentemente; **MO** = Matéria Orgânica; **P.tl** =Fósforo total; **N.tl** = Nitrogênio total. **Observação**: Durante o período de Estiagem de 2016, o trecho Referência 1 se extinguiu temporariamente e o trecho Referência 2 apresentava-se como remanso.....**91**

**Anexo 6.** Autovalores da Análise de Componentes Principais com os dados das variáveis Limnológicas e da cobertura do dossel dos trechos dos Igarapés Kalunga e Referência (1, 2 e 3).....**92**

**Anexo 7.** Classificação taxonômica e abundância da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em todos os trechos dos igarapés Referência (Referência 01, Referência 02, Referência 03) e Kalunga (Kalunga 01, Kalunga 02, Kalunga 03) no período de Estiagem (Setembro) de 2014. **Legenda**: **Ref\_01**: Referência 01; **Ref\_02**: Referência 02; **Ref\_03**: Referência 03; **Kal\_01**: Kalunga 01; **Kal\_02**: Kalunga\_02; **Kal\_03**: Kalunga 03; Gên./Mor/Sf= Gênero/Morfotipo/Subfamília. **Observação**: Os táxons presentes na coluna (Gên/Mor/Sf) que

não estão enquadrados na categoria de gênero foram classificados como Morfotipo ou Subfamília.....93

**Anexo 8.** Classificação taxonômica e abundância da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em todos os trechos dos igarapés Referência (Referência 01, Referência 02, Referência 03) e Kalunga (Kalunga 01, Kalunga 02, Kalunga 03) no período de Chuva (Abril) de 2016. **Legenda:** **Ref\_01:** Referência 01; **Ref\_02:** Referência 02; **Ref\_03:** Referência 03; **Kal\_01:** Kalunga 01; **Kal\_02:** Kalunga\_02; **Kal\_03:** Kalunga 03; Gên./Mor/Sf= Gênero/Morfotipo/Subfamília. **Observação:** Os táxons presentes na coluna (Gên/Mor/Sf) que não estão enquadrados na categoria de gênero foram classificados como Morfotipo ou Subfamília.....97

**Anexo 9.** Classificação taxonômica e abundância da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em todos os trechos dos igarapés Referência (Referência 01, Referência 02, Referência 03) e Kalunga (Kalunga 01, Kalunga 02, Kalunga 03) no período de Estiagem (Novembro) de 2016. **Legenda:** **Ref\_01:** Referência 01; **Ref\_02:** Referência 02; **Ref\_03:** Referência 03; **Kal\_01:** Kalunga 01; **Kal\_02:** Kalunga\_02; **Kal\_03:** Kalunga 03; Gên./Mor/Sf= Gênero/Morfotipo/Subfamília. **Observação:** Os táxons presentes na coluna (Gên/Mor/Sf) que não estão enquadrados na categoria de gênero foram classificados como Morfotipo ou Subfamília.....101

**Anexo 10.** Classificação taxonômica e abundância da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em todos os trechos dos igarapés Referência (Referência 01, Referência 02, Referência 03) e Kalunga (Kalunga 01, Kalunga 02, Kalunga 03) no período de Chuva (Abril) de 2017. **Legenda:** **Ref\_01:** Referência 01; **Ref\_02:** Referência 02; **Ref\_03:** Referência 03; **Kal\_01:** Kalunga 01; **Kal\_02:** Kalunga\_02; **Kal\_03:** Kalunga 03; Gên./Mor/Sf= Gênero/Morfotipo/Subfamília. **Observação:** Os táxons presentes na coluna (Gên/Mor/Sf) que não estão enquadrados na categoria de gênero foram classificados como Morfotipo ou Subfamília.....105

**Anexo 11.** Lista de Abreviatura dos Táxons.....109

**Anexo 12.** Autovalores da Análise de Correspondência Destendenciada (DCA) baseada nos dados de Abundância Total e nos dados de contribuição de cada substrato para formação dos leitos nos trechos dos igarapés Kalunga e Referência. Observação: Autovalores representam o percentual de explicação de cada eixo.....**110**

**Anexo 13.** Autovalores da Análise de Correspondência Destendenciada (DCA) baseada nos dados de ocorrência e nos dados de contribuição de cada substrato para formação dos leitos nos trechos dos igarapés Kalunga e Referência. Observação: Autovalores representam o percentual de explicação de cada eixo.....**110**

**Anexo 14.** Categorização dos Macroinvertebrados em Grupos Funcionais Tróficos e sua distribuição ao longo de um gradiente longitudinal nos igarapés Referência e Kalunga (trechos 1, 2 e 3). **Siglas: Ref\_01** =Referência\_01; **Ref\_02**=Referência\_02; **Ref\_03**=Referência\_03; **Kal\_01**=Kalunga\_01; **Kal\_02**=Kalunga\_02; **Kal\_03**=Kalunga\_03.....**111**

**Anexo 15** - Autovalores da Análise de Componentes Principais com as métricas bióticas (Número de famílias, Número de táxons, Táxons Sensíveis, EPT/Chironomidae, % EPT, % Coletores Catadores, % Fragmentadores) utilizadas para a determinação da qualidade da água e integridade biótica dos igarapés Kalunga e Referência. Siglas: Ref\_01=Referência 01; Ref\_02=Referência\_02; Ref\_03=Referência 03; Kal\_01=Kalunga\_01; Kal\_02=Kalunga-02; Kal\_03=Kalunga=03.....**114**

## Sumário

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>xvi</b>
<b>LISTA DE ANEXOS.....</b>	<b>xix</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 Degradação dos recursos hídricos e os impactos sobre a biodiversidade e o funcionamento dos ecossistemas.....	1
1.2 Igarapés amazônicos e a comunidade de macroinvertebrados.....	2
1.3 Efeitos de atividades de mineração na Amazônia e o carreamento de sedimentos para o leito de um igarapé.....	4
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>7</b>
2.1 Objetivo Geral.....	7
Hipótese:.....	7
Predições:.....	7
2.2 Objetivos Específicos:.....	7
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>8</b>
3.1 Área de Estudo.....	8
3.2 Delineamento amostral.....	11
3.2.1 Descrição dos trechos de igarapé.....	14
3.3 Materiais e métodos.....	14
3.3.1 Metodologia para realização de avaliação em campo.....	15
3.4. Coleta e identificação dos organismos da comunidade de macroinvertebrados bentônicos.....	17
3.5 Análise de Dados.....	17
<b>4. RESULTADOS:.....</b>	<b>20</b>
4.1 Variáveis limnológicas: parâmetros físico-químicos.....	20
4.2 Variáveis Estruturais.....	26
4.3 Variáveis Bióticas: Comunidade de Macroinvertebrados Bentônicos.....	34

4.4	Composição Taxonômica da Comunidade de Macroinvertebrados Bentônicos:.....	41
4.5	Relação entre as variáveis abióticas e os macroinvertebrados bentônicos.....	46
4.6	Categorização Trófica da Comunidade de Macroinvertebrados Bentônicos.....	50
4.7	Avaliação de atributos de igarapés associados a funções ecossistêmicas com base em aspectos funcionais dos macroinvertebrados.....	57
5.	DISCUSSÃO .....	61
5.1	Caracterização dos igarapés com base em aspectos estruturais e limnológicos.....	61
5.2	Macroinvertebrados bentônicos como indicadores das condições ambientais.....	65
5.3	Avaliação de atributos e funções ecossistêmicas com base em grupos funcionais tróficos.....	68
6.	CONCLUSÃO.....	73
7.	PERSPECTIVAS FUTURAS.....	74
8.	REFERÊNCIAS BLIOGRÁFICAS.....	75
9.	ANEXOS.....	88



## **1. INTRODUÇÃO**

A água é um recurso essencial para a vida na Terra. Ecossistemas aquáticos preservados em sua biodiversidade e funcionalidade fornecem ao homem serviços imprescindíveis como suprimento de água limpa, produção de alimentos e outros produtos, geração de energia, além de serviços estéticos, culturais e recreacionais (Andrade *et al.*, 2009). Mas apesar disto, e provavelmente em razão de suas inúmeras utilidades, os recursos hídricos passaram a sofrer alterações por ações antrópicas como a degradação da qualidade e alterações em ciclos biogeoquímicos (Vitousek *et al.*, 1997; Moraes & Jordão, 2001; Pereira, 2011 ).

### **1.1 Degradação dos recursos hídricos e os impactos sobre a biodiversidade e o funcionamento dos ecossistemas**

A pressão antrópica sobre os ecossistemas aquáticos continentais tem resultado em considerável declínio da biodiversidade. Os ecossistemas aquáticos podem ser os mais ameaçados com relação à perda de espécies, porque as taxas de extinções podem ser bem maiores do que as que ocorrem em ecossistemas terrestres (Sala *et al.*, 2000 ). Preservar a biodiversidade é fundamental para a manutenção de serviços ecossistêmicos e principalmente para preservação da qualidade dos corpos d'água. (Pereira, 2011).

O principal fator que torna os ecossistemas aquáticos dulcícolas mais vulneráveis é uma riqueza muito superior àquela encontrada nos ecossistemas terrestres, quando comparada em relação sua proporcionalidade. Os ecossistemas dulcícolas ocupam apenas 0,08 % da cobertura da Terra, entretanto, abrigam 40 % da diversidade de peixes encontrada no mundo e 33 % da diversidade de vertebrados (Dudgeon *et al.*, 2006). A riqueza é um dos aspectos que a biodiversidade contempla, entretanto o termo biodiversidade engloba também outros, como a diversidade genética e funcional de uma população, comunidade e ecossistema (Naeem *et al.*, 1996). A sua redução pode comprometer a provisão de serviços e processos ecológicos que sustentam a vida na Terra (Naeem *et al.*, 1999). A sua importância e influência pode variar de acordo com as funções que as espécies exercem e com as peculiaridades de cada ecossistema (Johnson *et al.*, 1996).

Uma revisão realizada com dados de 192 trabalhos desenvolvidos por todo mundo, incluindo ecossistemas aquáticos continentais e oceanos, constatou que a perda

de 21 a 40 % da biodiversidade pode ser tão prejudicial a algumas funções ecossistêmicas (p. ex., produtividade) quanto a poluição ambiental ou as mudanças climáticas (Melo, 2012). Quando a redução é mais severa e resulta em perda de 41 a 60 % da biodiversidade, os prejuízos sobre a produtividade são semelhantes aos efeitos de acidificação ou excessiva produção de dióxido de carbono (Melo, 2012). Um fator que pode contribuir para degradação de recursos hídricos e a redução da biodiversidade é a supressão da vegetação ripária. Sua remoção pode favorecer a erosão das margens resultando em assoreamento e conseqüentemente em degradação destes ecossistemas. Sendo assim, impactos que resultem na remoção parcial ou total desta vegetação podem comprometer a oferta de vários serviços ecossistêmicos fornecidos, dentre os quais estão a manutenção do ciclo da água e a recarga dos aquíferos (Buzelli & Santino, 2013; Silveira, 2016; Feld, 2018).

Nas últimas décadas, esforços têm sido realizados para compreender de que forma os impactos antrópicos podem afetar a biodiversidade e o funcionamento dos ecossistemas (Cardinale *et al.*, 2006). Na tentativa de compreender e fornecer elementos para desenvolvimento deste tema, será abordada neste trabalho a comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um igarapé amazônico.

## **1.2 Igarapés amazônicos e a comunidade de macroinvertebrados**

A Região Amazônica é constituída por uma variedade de corpos d'água que incluem lagos, rios e igarapés. Os igarapés são pequenos riachos de baixa ordem, que formam grandes rios e constituem uma das redes hídricas mais densas do mundo (Junk, 1983). O termo “baixa ordem” refere-se a rios de 1<sup>a</sup> a 3<sup>a</sup> ordem (Vannote & Cummins, 1980). Os igarapés são cobertos e sombreados por uma floresta ripária, o que constitui um fator limitante para a produção primária (Junk, 1983). São ecossistemas com águas pobres em nutrientes, com um fluxo relativamente veloz e de baixa temperatura (Anjos, 2007; Cristina & Mello, 2010). O recurso alimentar básico para sustentação da cadeia trófica é a matéria orgânica alóctone (Junk, 1983). O material alóctone pode ser composto por troncos, galhos, folhiço, flores e frutos que devido à força da gravidade são depositados no compartimento bentônico (Wetzel *et al.*, 1972; Esteves, 2011).

O compartimento bentônico ou região bentônica é colonizado por algas, macrófitas, peixes, protozoários, bactérias, fungos e invertebrados (Leal *et al.*, 2011), dentre os quais é possível destacar os macroinvertebrados bentônicos. Os

macroinvertebrados bentônicos possuem tamanho corporal maior que 0,5 mm (Barbour, 1999). Com relação à locomoção geralmente são sésseis ou de pouca mobilidade, sendo assim caracterizados como sedentários. Pesquisas têm sido realizadas com propósito de conhecer melhor a composição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos da Amazônia (Calisto *et al.*, 1998; Cleto Filho & Walker, 2001; Couceiro, 2007; Monteles, 2012). Durante o desenvolvimento dessa dissertação não foi encontrada uma bibliografia que caracterizasse esta comunidade de uma forma geral, portanto a caracterização foi realizada com base em aspectos gerais e com a fauna que comumente é descrita para todos os ambientes.

Os principais filos que compõem a comunidade de macroinvertebrados bentônicos são: Arthropoda, Annelida, Nematoda, Mollusca e Platyhelminthes; e a classe predominante em abundância e riqueza é Insecta (Hauer & Lamberti, 1996; Ribeiro & Uieda, 2005). Os macroinvertebrados são utilizados como indicadores biológicos desde a década de 20 e a simples presença de alguns organismos já pode determinar algumas características ambientais. As principais características que favorecem a utilização destes organismos para este fim são: tamanho corporal relativamente grande; ciclo de vida relativamente longo quando comparado com outros organismos o que favorece sua utilização como testemunho; chaves de identificação disponíveis e relativamente fáceis de serem utilizadas (Rosemberg & Resh, 1993; Hauer, 1996).

A comunidade de macroinvertebrados exerce papel importante dentro dos ecossistemas aquáticos porque atua na ciclagem de matéria orgânica e nutrientes. Processa a matéria tanto de origem autóctone como alóctone e reduz o tamanho de partículas orgânicas favorecendo a atividade de bactérias e fungos (Leal *et al.*, 2011). Uma parcela dos organismos que a compõe, apresenta hábito fossorial e ao se movimentarem no interior do sedimento formam galerias ou trincheiras, gerando alterações nos gradientes geofísicoquímicos, atividade denominada como bioturbação ou biorrevolvimento (Leal *et al.*, 2011). Alguns integrantes como os quironomídeos e oligoquetos (que geralmente apresentam grande abundância dentro das comunidades de macroinvertebrados) podem disponibilizar, através de suas excretas, um aporte extra de nutrientes para a coluna d'água (Couceiro, 2007; Esteves, 2011). E o gênero *Campsurus* sp. pode aumentar em até dez vezes a concentração de metano (CH<sub>4</sub>) na coluna d'água (Gonçalves, 2013).

Para uma compreensão mais detalhada a respeito de circulação de matéria e energia dentro da comunidade de macroinvertebrados se faz necessária a utilização de

grupos funcionais tróficos (Silva *et al.*, 2009). Os macroinvertebrados podem ser enquadrados em basicamente cinco categorias: coletores-catadores, coletores-filtradores, raspadores, fragmentadores e predadores. A classificação é baseada no tamanho da partícula orgânica ingerida (< ou > que 1mm), na sua localização (depositada no substrato ou em suspensão na coluna d'água) e em sua origem (animal ou vegetal) ( Merrit & Cumins, 1984).

A diversidade de guildas tróficas pode favorecer o transporte de matéria. Isto ocorre por exemplo porque alguns filtradores que realizam o biorrevolvimento, oxigenam a superfície do sedimento, facilitando o forrageamento de alguns detritívoros sensíveis a baixa oxigenação. Assim, os filtradores aumentam a área de forrageamento dos detritívoros, que por sua vez convertem mais carbono particulado em dissolvido. Desta forma, processos ecossistêmicos podem ser favorecidos como a produção secundária do bacterioplâncton (Silva, 2005). Esta produção é caracterizada por processos que envolvem a utilização do recurso alimentar pelos organismos para manutenção de sua composição e abundância (Edmondson, 1971)

Os grupos funcionais tróficos fornecem informações importantes sobre os ecossistemas. Razões entre os grupos funcionais possibilitam determinar, através de inferências, algumas características dos ecossistemas aquáticos como: a qualidade da cobertura do dossel; a estabilidade do substrato; o grau de trofia do ecossistema e o controle descendente realizado pelos predadores. É possível também obter informações com relação à disponibilidade e predominância de matéria orgânica no sistema, ou seja, quantidade e qualidade. Pode se inferir se a matéria está disponível em maior proporção em partículas finas ou grossas e se está estocada no fundo ou em suspensão (Nessimian & Hamada, 2014).

### **1.3 Efeitos de atividades de mineração na Amazônia e o carreamento de sedimentos para o leito de um igarapé**

A bacia hidrográfica Amazônica é a maior do planeta. Mas apesar disto já é possível perceber que grande parte deste recurso hídrico tem sido degradado progressivamente. Esta degradação se deve principalmente a alterações relacionadas ao desmatamento, construção de hidrelétricas, atividades agropecuárias e de mineração (Bozelli *et al.*, 2000; Fearnside, 2005).

A exploração mineral geralmente ocorre em ambientes que apresentam grande importância ambiental e relevância para manutenção da biodiversidade. As atividades de mineração, quase sempre causam a supressão da vegetação e remoção da camada superficial do solo. Uma vez que esta camada superficial apresenta maior fertilidade, sua supressão pode impedir a regeneração da vegetação suprimida. Após a remoção da vegetação original, o solo remanescente exposto é fragmentado para extração dos minérios. As escavações também são geralmente responsáveis pela produção de um volume elevado de rejeitos e material estéril. O rejeito é caracterizado por ser um material descartado proveniente de plantas de beneficiamento do minério e o material estéril é o material não aproveitável como minério, descartado antes do beneficiamento do minério. De uma forma geral, a atividade de mineração produz sedimentos que podem alcançar o leito dos corpos d'água (Mechi & Sanches, 2000; DOU, 2002; IBRAM, 2016).

O carregamento de sedimentos para o leito de igarapés tem potencial para causar danos de ordem econômica e ambiental. Além do assoreamento de substratos presentes no compartimento bentônico, há também um aumento de turbidez/sólidos em suspensão (Holliday, 2003) diminuindo a zona eufótica e conseqüentemente a produção primária (Bozelli *et al.*, 2000). Este tipo de impacto, pode também afetar a sobrevivência de alguns organismos que devido ao aumento de turbidez têm dificuldades para visualizar suas presas, além de promover a extinção local de alguns organismos coletores-filtradores, que podem ter suas brânquias e estruturas alimentares obstruídas (Ryan, 1991). É possível haver ainda uma significativa redução de diversidade de espécies, mais especificamente da riqueza, e de determinados grupos funcionais tróficos. Com a redução ou não ocorrência de indivíduos pertencentes ao grupo trófico de fragmentadores, por exemplo, é possível haver uma redução de detritos (Dudgeon *et al.*, 2006; Couceiro, 2009a).

Em rios tropicais de baixa ordem a comunidade de peixes pode ter sua dieta composta basicamente por detritos e insetos (Junk, 1983). Desta forma, um impacto sobre a comunidade de macroinvertebrados (composta em maior parte por insetos) pode alterar direta e indiretamente a estrutura trófica nestes ambientes (Barbosa, 2015). Diretamente, porque a redução da abundância de macroinvertebrados constitui em uma redução na oferta de recurso alimentar; e indiretamente porque, por exemplo, com a redução de substratos orgânicos (como por exemplo algas e folhiço) há uma menor disponibilidade de recurso alimentar para muitos macroinvertebrados herbívoros, além da redução de detritos para alimentação de alguns peixes (Barbosa, 2015).

A partir da década de 70, com a construção da Transamazônica a atividade de

mineração cresceu sem precedentes na região Amazônica. A atividade teve grande destaque para mineração de ferro em Serra de Carajás (Brasil-Mineral, 2012). A partir da década de 80, a mineração do Manganês passou a ser realizada na FLONA Carajás (IBAMA, 2003). A mineradora Vale S/A, ao realizar a extração e o beneficiamento do manganês na Mina de Manganês do Azul, Serra de Carajás, PA, fragmenta e escava o solo e gera um rejeito composto basicamente por sedimento fino e água. O rejeito é acondicionado no interior de barragens construídas por represamento de trechos de igarapés, como é o caso do igarapé Kalunga. Além disto, o solo fica exposto e material estéril é movimentado e acumulado em pátios. Em 2010, durante obras civis e após um intenso episódio de chuvas, sedimentos oriundos das atividades de lavra do minério de Manganês alcançaram o leito de um igarapé, impactando o corpo d'água e uma faixa de vegetação ripária.

Nos últimos anos, impactos relacionados a atividades de mineração, como rompimentos de barragens, têm se tornado cada vez mais frequentes. Os avanços tecnológicos aumentaram a eficiência do processo de exploração mineral, mas não conseguiram reduzir os eventos de desastres (Gonçalves, 2017). Em 2007, em Miraf (MG), um rompimento de barragem gerou o extravasamento de dois milhões de metros cúbicos de água e argila. Em 2014, após um evento de deslizamento de terra, uma barragem de rejeito de minério de ferro se rompeu em Itabirito, impactando a Bacia hidrográfica do Rio das Velhas, responsável pelo abastecimento de Belo Horizonte (MG) (CETEM, 2016). Em 2015, em Mariana (MG), 60 milhões de metros cúbicos de lama (rejeito) extravasaram após o rompimento de barragem atingindo o Rio Doce e seus afluentes (MHNJB, 2015).

Estudos apontam uma redução da complexidade ambiental em impactos relacionados a lançamento de esgoto (Rocha, 2010), metais pesados (Arias *et al.*, 2007) e construção de hidrelétricas (Nessimian *et al.*, 2008), entretanto poucos são aqueles relacionados a atividades de mineração como lançamento de sedimentos resultantes do processo da lavagem de minérios (Bozelli *et al.*, 2000; Vasconcellos, 2007) ou mesmo de carreamentos acidentais.

Acredita-se então que os resultados desta pesquisa poderão contribuir para entender o efeito do aumento expressivo de sedimentos para ecossistemas aquáticos lóticos amazônicos. Portanto, este trabalho visa avaliar de que forma um tipo de impacto por atividade de mineração pode afetar a diversidade taxonômica e funcional dos

macroinvertebrados, e estimar, ainda que por inferências, alterações na estrutura e em funções ecossistêmicas de um igarapé amazônico, com base em aspectos funcionais da comunidade macroinvertebrados.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar as consequências do carreamento de sedimentos para igarapés amazônicos, sobre suas características físicas e químicas, assim como aspectos estruturais e funcionais da comunidade de macroinvertebrados bentônicos.

#### **Hipótese:**

O carreamento de sedimentos oriundos de atividades de mineração altera o substrato e a qualidade da água de um igarapé, com consequências estruturais e funcionais sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos.

#### **Predições:**

- 1- A entrada de sedimento alóctone eleva a turbidez da água e reduz a concentração de matéria orgânica do substrato do igarapé.
- 2- A redução da concentração de matéria orgânica do substrato reduz a abundância dos grupos funcionais de fragmentadores e raspadores.
- 3- O aumento da turbidez da água em função da concentração de sólidos em suspensão reduz significativamente a abundância do grupo funcional de coletores filtradores, porque provoca a obstrução de suas estruturas de alimentação e respiração.

### **2.2 Objetivos Específicos:**

- Avaliar a estrutura física como o leito do igarapé e a cobertura do dossel da vegetação ripária de um trecho do igarapé Kalunga.
- Avaliar alterações em funções ecossistêmicas de um trecho do igarapé Kalunga.
- Avaliar variáveis limnológicas de um trecho do igarapé Kalunga.

- Avaliar aspectos estruturais e funcionais da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um trecho do igarapé Kalunga.

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1 Área de Estudo**

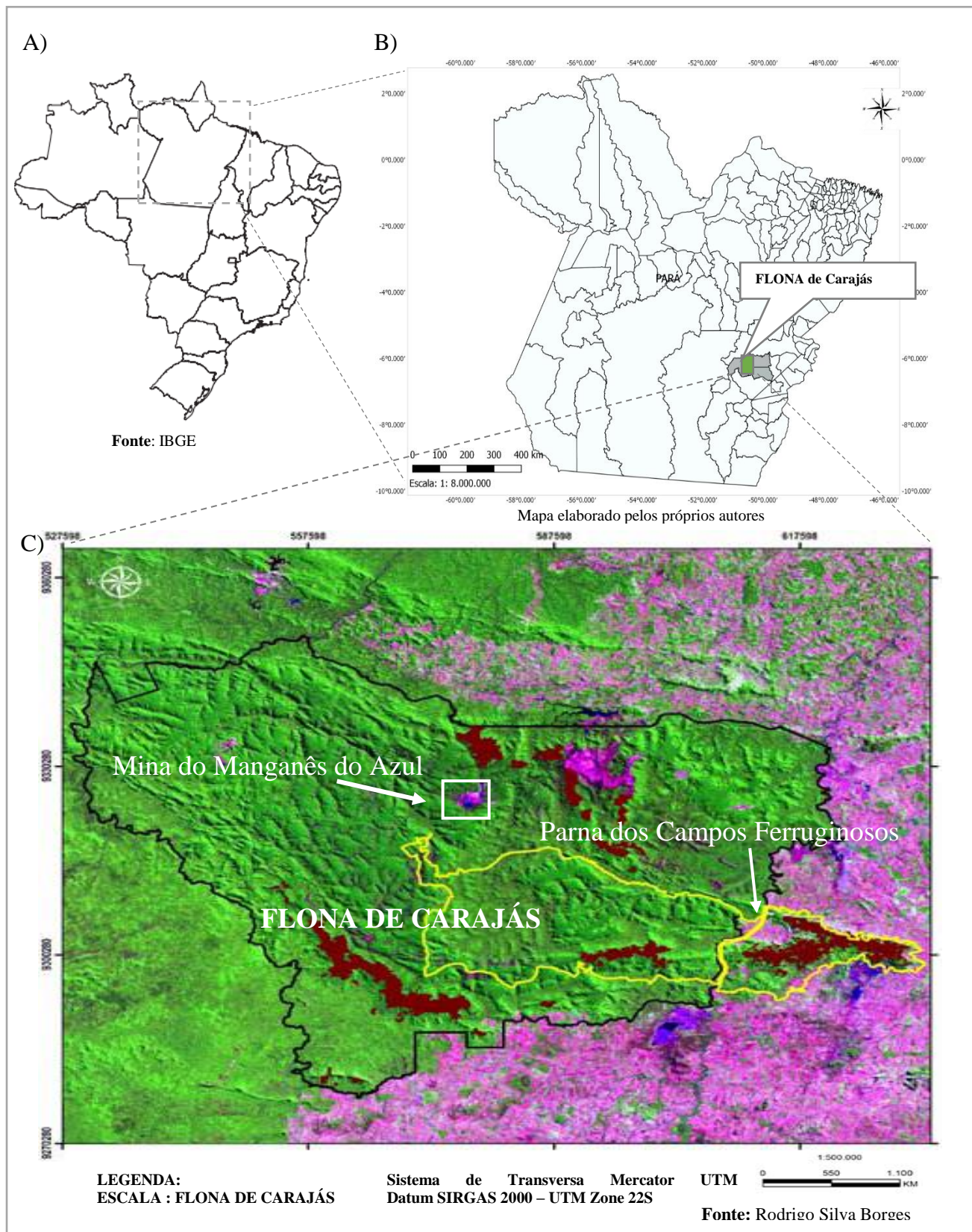
A FLONA de Carajás está situada na região Norte do Brasil, no Estado do Pará, nos Municípios de Parauapebas e Canaã dos Carajás (Figura 1), entre as coordenadas 05°52'S e 06°33'S. Está enquadrada no sistema hidrográfico Tocantins-Araguaia, drenada pelo Rio Itacaiúnas em sua porção oeste-noroeste e pelo Rio Parauapebas na sua porção leste (IBAMA, 2003). A FLONA é uma unidade de conservação de uso sustentável, o que garante sua exploração econômica, mas também visa a manutenção de seus recursos naturais (ICMBio, 2016). Apresenta uma área de 395.826,70 hectares, em uma região formada por rochas pré-cambrianas, fortemente dobradas e falhadas, denominada de Serra de Carajás. A FLONA apresenta mais de 96 % de seu território com altitude superior a 200 m e quase 60 % de seu território está entre 400 m a 800 m. A floresta faz parte do Bioma Amazônico e integra o Mosaico Carajás, formado por mais quatro Unidades de Conservação e um território indígena (ICMbio, 2016). Em 2017 foi criada uma quinta unidade, um parque nacional, englobando parte da FLONA de Carajás e áreas novas.

No interior da Serra de Carajás o clima é do tipo montano ou serrano e a temperatura média está em torno de 21 a 22 °C. A Serra de Carajás apresenta dois períodos sazonais bem demarcados: chuva e seca. A estação chuvosa inicia-se em novembro e termina em abril, apresentando em média precipitação pluviométrica de 229 mm, compondo 79,0 % da precipitação anual. A estação de estiagem começa em junho e termina em setembro, tem precipitação pluviométrica média de 34 mm, compondo 15,5 % da precipitação anual. No período do verão a temperatura tende a ser mais amena porque as chuvas intensas aumentam a nebulosidade e diminuem o período de insolação. No período de estiagem (correspondente ao período de inverno) o padrão se inverte, devido a baixa nebulosidade o período de insolação diário aumenta (IBAMA, 2003; ICMbio, 2016).



A FLONA apresenta cinco tipos de solos: Cambissolos háplicos (52,74 %) Latossolos vermelho-amarelos (21,79 %); Argilossolos vermelho-amarelos (20,38 %); Plintossolos (3,89 %) e Neossolos Litólicos (1,19 %). Os Argilossolos apresentam uma ligeira suscetibilidade à erosão (IBAMA & STCP, 2004). Os fatores que favorecem a desestabilização e vulnerabilidade deste solo são os elevados índices de pluviometria associados à característica intrínseca do próprio solo. Existem outros que também podem exercer influência sobre os solos de uma forma geral são: remoção de cobertura vegetal; declividade e as práticas adotadas para utilização da terra (Crepani *et al.*, 1999).

Uma das principais utilidades econômicas da FLONA de Carajás é a atividade de mineração. No interior da FLONA, a zona de mineração está dividida em sete minas e jazidas, dentre as quais se destaca a Mina de Manganês do Azul. A área desta mina é coberta por uma vegetação diversa, caracterizada como: Floresta Ombrófila Densa (Montana e Sub-montana) e Floresta Ombrófila Aberta Montana (IBGE, 2012). O clima da região é tropical úmido. Esta mina é a segunda maior reserva de manganês do país (IBAMA, 2004). No interior da área da mina se encontra o igarapé Kalunga, que foi represado em seu trecho de 2ª Ordem e formou reservatórios para receber o rejeito de mineração. Em 2010, os índices de pluviosidade mais elevados, aumentaram o volume de água acumulada juntamente com sedimento em diversos pontos da área de lavra (Fonte: Vale S/A através de comunicação oral). O aumento do volume de água acumulada, associado a obras civis no pátio gerou extravasamento excepcional e pontual de sedimentos, que foram carregados para o leito do igarapé Kalunga. Os principais efeitos físicos imediatos deste impacto foram o acúmulo do material sedimentar no leito do igarapé e morte de parte da vegetação ripária, reduzindo a cobertura do dossel em uma faixa marginal de um trecho de cerca de 2,0 Km do igarapé Kalunga. Os sedimentos carregados atingiram um trecho de 3ª ordem, que neste estudo subdividimos em dois trechos denominados como Kalunga 02 e Kalunga 03.



**Figura 1.** Mapa com a localização da (FLONA de Carajás), no Pará. A FLONA de Carajás se encontra nos municípios de Parauapebas (maior extensão) e Canaã dos Carajás destacados em cinza neste mapa (B) delimitado por bordas de cor preta (C). No interior da FLONA se encontra a Mina de Manganês do Azul, mina utilizada para extração e beneficiamento de manganês e onde ocorreu o extravasamento de sedimentos oriundos de atividade de mineração para um igarapé, localizada próximo ao Parna dos Campos Ferruginoso delimitado por bordas amarelas.

### 3.2 Delineamento amostral

Para este delineamento amostral, foram selecionados dois igarapés, um igarapé não impactado (Referência) e o igarapé impactado (Kalunga), que foram subdivididos em três trechos. A disposição dos trechos na Mina do manganês do Azul, se encontra na Figura 2. Os trechos foram denominados como: Kalunga\_01 (Figura 3A), Kalunga\_02 (Figura 3B) e Kalunga\_03 (Figura 3C), Referência\_01 (Figura 3D), Referência\_02 (Figura 3E) e Referência\_03 (Figura 3F). Para o desenvolvimento desta pesquisa foram realizadas quatro amostragens, duas em período de chuvas e duas em período de estiagem. As coletas foram realizadas entre os dias: 10 a 15 de outubro de 2014 (estiagem), 29 de abril a 13 de maio de 2016 (chuvas), 28 de novembro a 9 de dezembro de 2016 (estiagem) e 18 de abril a 11 de maio de 2017 (chuvas). As coletas em períodos marcantes de precipitação tiveram por objetivo capturar uma possível variação sazonal natural do ecossistema.

O trecho Kalunga\_01 se encontra em uma região a montante do impacto, ainda preservada. Através deste trecho será possível observar a estrutura física do igarapé e da comunidade de macroinvertebrados na ausência do impacto. O trecho Kalunga\_02 é a área onde ocorreu o impacto propriamente dito. Neste trecho há um acúmulo expressivo de sedimento da atividade de mineração em seu leito e redução da vegetação ripária, que foi removida quando o sedimento alcançou o entorno do igarapé. O trecho Kalunga\_03, ainda sob influência direta do impacto, está localizado cerca de 2 km a jusante do trecho Kalunga\_02. Os trechos são respectivamente de 1<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> ordem.

Próximo ao igarapé Kalunga encontra-se um igarapé com características ambientais preservadas, que foi escolhido para comparação e neste estudo foi denominado Referência (não apresenta denominação regional). Este igarapé pertence à mesma sub-bacia, porém não está submetido à interferência direta das atividades de mineração, apresentando características como relevo e altitude semelhantes ao igarapé Kalunga, e assim um potencial de comparação. Os trechos 01, 02 e 03 deste igarapé apresentam-se íntegros e são respectivamente de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> ordem. As informações referentes aos trechos de igarapé se encontram resumidas na Tabela 1 e a descrição dos trechos está na Tabela 2.



**Figura 2.** Mapa com a localização dos trechos de igarapés estudados. Os pontos em vermelho indicam os trechos do igarapé Kalunga que estão sob influência direta da atividade de mineração e cujos pontos 2 e 3 receberam sedimentos e podem ser considerados impactados. Os pontos em azul indicam os trechos do igarapé Referência, igarapé não impactado, que está fora de influência da atividade de mineração. (Elaborado pelos próprios autores).

**Tabela 1.** Trechos de igarapés estudados com as coordenadas geográficas, ordem do trecho e situação ambiental. As coletas nos trechos de igarapés foram realizadas nos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).

Nome do Trecho	Coordenadas	Ordem	Situação
<b>Referência_01</b>	22 M 574940 / 9313595 UTM	1 <sup>a</sup>	Não impactado
<b>Referência_02</b>	22 M 575381 / 9313594 UTM	2 <sup>a</sup>	Não impactado
<b>Referência_03</b>	22 M 573288 / 9319193 UTM	3 <sup>a</sup>	Não impactado
<b>Kalunga_01</b>	22 M 577589 / 9322818 UTM	1 <sup>a</sup>	Não impactado
<b>Kalunga_02</b>	22 M 574742 / 9325311 UTM	3 <sup>a</sup>	Impactado *
<b>Kalunga_03</b>	22 M 573362 / 9325730 UTM	3 <sup>a</sup>	Impactado

**Nota:** **impactado** = acúmulo de sedimento fino no leito; \* = remoção de vegetação ripária.



**Figura 3.** Trechos de igarapés avaliados durante a pesquisa. Figura A referente ao trecho Referência\_01, figura B referente ao trecho Referência\_02, figura C referente ao trecho Referência\_03, figura D referente ao trecho Kalunga\_01, figura E referente ao trecho Kalunga\_02 e figura F referente ao trecho Kalunga\_03

### 3.2.1 Descrição dos trechos de igarapé

Na Tabela 2 são apresentadas descrições detalhadas de cada trecho de estudo.

**Tabela 2.** Tabela com a descrição dos trechos (01, 02, 03) dos igarapés Kalunga e Referência.

Trechos de Igarapé	DESCRIÇÃO
Referência_01	Trecho apresenta vegetação marginal preservada, situado no interior de um açaizal, reduzida largura e profundidade com trechos de correnteza e remanso, fundo arenoso e fluxo intermitente. Área apresenta um dossel não totalmente fechado.
Referência_02	Trecho preservado com vegetação diversificada, reduzida largura e profundidade com trechos de correnteza e remanso, fundo arenoso e fluxo intermitente. Em período de estiagem pode apresentar poças de águas levemente turvas. Área apresenta uma dossel não totalmente fechado.
Referência_03	Trecho localizado em ponto de floresta preservado e margens mais elevadas com curso encaixado entre barrancos, com presença de açaizal e vegetação diversificada. O trecho apresenta maior largura e profundidade com trechos de correnteza e remanso e fundo arenoso. Área apresenta uma dossel bastante fechado. As águas são claras e sempre correntes.
Kalunga_01	Trecho raso, encaixado e margens inclinadas com herbáceas e samambaias, fundo arenoso e com cascalhos, com fluxo perene. Localizado em uma região a montante de uma barragem de fornecimento de água. Apresenta características naturais preservadas.
Kalunga_02	Trecho impactado com calha estreita e parcialmente retelinizada e estreita, vegetação circundante visivelmente alterada, com processo de colonização por arbustivas em andamento. Sedimento fino, argiloso e inconsolidado, com fluxo perene. Área aberta com elevada incidência de luz no igarapé.
Kalunga_03	Trecho onde igarapé é mais largo e profundo, com trechos de correnteza e remanso. A mata circundante é diversa, bem estruturada e com intensa cobertura. O leito deste trecho apresentou uma cobertura de cerca de 50 cm de sedimento fino argiloso e inconsolidado, com fluxo perene.

### 3.3 Materiais e métodos

As variáveis abióticas consideradas nesta pesquisa são: temperatura, vazão, pH, turbidez, condutividade elétrica e oxigenação, que são aferidas em campo e as concentrações de nitrogênio total (N) e fósforo total (P) na coluna d'água que foram determinadas em laboratório. Complementam estas informações, dados de matéria orgânica e a granulometria do sedimento. Temperatura, condutividade elétrica, oxigênio

dissolvido, pH e turbidez foram mensuradas através da sonda multipâmetro Horiba modelo: U52G-10. Para o cálculo da vazão foi utilizado o método do flutuador. O método consiste em estimar a vazão através do tempo em que um flutuador (qualquer objeto flutuante) percorre um transecto longitudinal de um rio. Para este cálculo o volume (largura x comprimento x profundidade) do rio é dividido pelo tempo percorrido pelo flutuador (Palhares *et al.*, 2007).

Para análise das concentrações de nitrogênio total e fósforo total as amostras de água foram coletadas em garrafas previamente lavadas com HCl a 10 %. No laboratório, para realização da análise de Nitrogênio as amostras foram digeridas a 120 °C em autoclave com prévia adição de persulfato em meio básico. Após digestão foram quantificadas através do método por injeção em fluxo (FIA), através do analisador de nutrientes ASIA-ISMATEC. Para análise do fósforo Total as amostras foram analisadas pelo método do colorímetro através da formação do complexo de fosfomolibdico (APHA, 1998).

Para estimar a concentração de matéria orgânica, o sedimento foi submetido a combustão por 4 h a 550 °C em mufla. Posteriormente, foi realizada a análise de diferença gravimétrica. A estimativa granulométrica foi realizada pelo método de peneiramento diferencial. Frações granulométricas maiores que 1 mm foram classificadas como areia muito grossa; de 1 mm a 0,5 mm foram classificadas como areia grossa; de 0,5 mm a 210 µm foram classificadas como areia média; de 210 µm a 125 µm foram classificadas como areia muito fina; de 125 µm a 62 µm foram classificadas como muito fina e as frações menores que 62 µm foram classificadas como silte e argila (Suguio, 1973).

### **3.3.1 Metodologia para realização de avaliação em campo**

Para caracterização da estrutura física foi utilizado o Índice de Integridade de Habitat (IIH) desenvolvido por Nessimian *et al.* (2008), assim como o método do “quadrat” (Ecological, 2018) para avaliar a cobertura do dossel e a composição do substrato. Para essas estimativas foi utilizado um quadrado de 50 cm x 50 cm, dividido em 25 parcelas iguais. O quadrado é posicionado em direção ao dossel e sobre o substrato 5 vezes ao longo de um trecho de 50 m de cada uma das 6 áreas estudadas (Kalunga\_01 a Kalunga\_03 e Referência\_01 a Referência\_03). Quando posicionado em direção ao dossel as parcelas preenchidas pelo dossel indicam o percentual de sua cobertura. Quando

posicionado sobre o substrato, o preenchimento de cada parcela indica a proporção de cada componente do substrato (Arias et al., 2007).

Para avaliação da mata ciliar foi utilizado também o IHH descrito na Tabela 3. Este índice tem por objetivo avaliar os impactos do ambiente de forma mais ampla e quais são as alterações que podem ser observadas visualmente.

**Tabela 3.** Índice de Integridade de Habitat para avaliação das características físicas do trecho de igarapé e as condições das áreas.

Característica	Condição	Escore
<b>Padrão do uso da terra além da zona de vegetação ripária</b>	Floresta Contínua/Fragmento de 10 ha	1
	Capoeira de <i>Cecropia</i> spp.	2
	Capoeira de <i>Vismia</i> spp.	3
	Pasto	4
	Cultivos agrícolas de ciclo longo/Estrada	5
	Cultivos agrícolas de ciclo curto	6
<b>A</b>		
<b>Largura da mata ciliar</b>	Mata ciliar contínua com floresta adjacente	1
	Mata ciliar bem definida com mais de 30 m	2
	Mata ciliar bem definida entre 5 a 30 m	3
	Mata ciliar bem definida entre 1 a 5 m	4
	Mata ciliar ausente com alguma vegetação arbustiva	5
	Vegetação arbustiva ciliar ausente	6
<b>B</b>		
<b>Estado de preservação da mata ciliar</b>	Mata ciliar intacta sem quebras de continuidade	1
	Quebra ocorrendo em intervalos maiores que 50m	2
	Quebra frequente com algumas cicatrizes no barranco	3
	Cicatrizes profundas com barranco ao longo de seu comprimento	4
<b>C</b>		
<b>Estado da mata ciliar dentro de uma faixa de 10m</b>	Mais de 90% da densidade é constituída de árvores não pioneiras ou	1
	Espécies pioneiras mescladas com árvores maduras	2
	Mescla de grama com algumas árvores pioneiras e arbusto	3
	Vegetação constituída de grama e poucos arbustos	4
<b>D</b>		
<b>Dispositivos de retenção</b>	Canal de rochas e/ ou troncos firmemente fixados no local	1
	Rochas e troncos presentes mais preenchidos com sedimento	2
	Dispositivos de retenção soltos movendo-se com o fluxo	3
	Canal livre com poucos dispositivos de retenção	4
<b>E</b>		
<b>Sedimento no local</b>	Pouco ou nenhum alargamento resultante do acúmulo do sedimento	1
	Algumas barreiras de cascalho ou pedra bruta e pouco silte	2
	Barreira de sedimento e pedra areia e silte comuns	3
	Canal dividido em tranças ou rio canalizado	4
<b>F</b>		
<b>Estrutura do barranco</b>	Ausência de barrancos	1
	Barranco estável de rocha e solo fixado por grama, arbustos e raízes.	2
	Barranco firme coberto por grama e arbustos	3
	Barranco com solo livre e uma camada esparsa de grama e arbustos.	4
	Barranco instável com solo e areias solto, facilmente perturbável	5
<b>G</b>		
<b>Escavação sobre o barranco</b>	Pouca ou nenhuma evidência, ou restrita a área de suporte de raízes.	1
	Escavação somente nas curvas de constrição	2



Característica	Condição	Escores
<b>H</b>	Escavação frequente, somente em áreas do barranco e raízes	3
	Escavações severas ao longo do canal, barrancos deslizando.	4
<b>Estrutura do canal</b>	Canal de pedras de diversos tamanhos unidos, interstícios óbvios.	1
	Canal de pedras com fácil mobilidade com silte fino.	2
	Canal de silte, cascalho e areia estável em alguns lugares	3
<b>I</b>	Canal uniforme de areia e silte unidos frouxamente, substrato de	4
<b>Sucessão de corredeiras</b>	Distintas ocorrendo em intervalos de 5 a 7 vezes a largura do rio	1
	Espaçados irregularmente	2
	Longos poções separados por curtas corredeiras, meandros ausentes	3
<b>J</b>	Meandros e corredeiras/poções ausentes ou canal retificado	4
<b>Vegetação aquática</b>	Quando presentes consistem de musgos e manchas de algas	1
	Algas dominantes em poções, plantas vasculares ao longo da borda.	2
	Tapete de algas presentes, algumas plantas vasculares e poucos	3
<b>K</b>	Tapete de alga cobrindo o canal, plantas vasculares dominando o	4
<b>Detritos</b>	Consistindo principalmente de folhas e troncos com sedimento	1
	Poucas folhas e troncos, resíduos orgânicos finos com sedimento	2
	Poucas folhas e resíduos lenhosos, matéria orgânica fina e grosseira.	3
<b>L</b>	Sedimento anaeróbico, nenhum resíduo grosseiro	4

### 3.4. Coleta e identificação dos organismos da comunidade de macroinvertebrados bentônicos

Para avaliar a comunidade de macroinvertebrados bentônicos foram coletadas três amostras em cada trecho de coleta de ambos igarapés com um coletor tipo “surber” com 0,09 m<sup>2</sup> de área. Cada amostra foi retirada de uma porção do igarapé, representando microhabitat distinto, com propósito de atingir a maior diversidade de macroinvertebrados possível. As amostras foram processadas manualmente para triagem dos indivíduos, que foram posteriormente fixados em álcool a 70 °GL. Em laboratório os macroinvertebrados foram identificados através de chaves de identificação específica em menor nível taxonômico possível, principalmente de acordo com Neissimian & Hamada (2014). A categorização trófica foi realizada com base em literatura específica (Junior, 1990; Marioni, 2001; Oliveira, 2003; Klass & Meier, 2006; Silva *et al.*, 2009; Mugnai *et al.*, 2010; Junior, 2013; Merrit & Cummins, 2014; Neissimian & Hamada, 2014).

### 3.5 Análise de Dados

A avaliação das alterações na cobertura de dossel foi realizada por meio de Análise de Variância - ANOVA, seguida do pós-teste de Tukey, para verificar em que trecho houve diferenciação com relação à abertura de dossel. Todas as análises realizadas foram

submetidas previamente aos testes de Shapiro Wilk e Levene para testar os pressupostos de homocedasticidade e normalidade. As análises de variância realizadas nesta pesquisa foram submetidas posteriormente ao pós-teste de Tukey para que fosse possível averiguar se a diferenciação ocorreu em função de um impacto ambiental, ou se era proveniente de variações naturais dos trechos de igarapés. Para todas as ANOVAs realizadas, assumimos  $p < 0,05$  para resultados significantes.

Adicionalmente, a proporção de folhiço no leito dos igarapés foi analisada através de um teste de correlação Spearman, teste substituto da correlação de Pearson, utilizado para dados não paramétricos (que não passam pelo pressuposto de normalidade dos dados - testados a partir do teste Shapiro Wilk). Também foi realizada uma PERMANOVA com os dados dos substratos orgânicos para verificar diferenciação com relação à identidade do material alóctone. Análise realizada no programa PAST 3.18.

Para avaliar diferenças com relação à contribuição de silte e argila para o leito dos igarapés nos trechos impactados e não impactados foi utilizado o teste não paramétrico Mann-Whitney U, porque a distribuição dos dados não era uma distribuição normal. Para confecção dos gráficos foram utilizados os Programas Prism 6.0 e Excel 365.

Para caracterização da estrutura física e a influência das variáveis ambientais sobre os igarapés foram realizadas duas Análises de Componentes Principais (ACP). Para caracterização dos substratos a ACP foi realizada com os dados brutos. Para a caracterização ambiental a ACP foi realizada após a padronização dos dados, devido a diferenças de unidades de medidas. Posteriormente, cada variável foi tratada individualmente. As variáveis que apresentavam distribuição normal e homocedástica eram submetidas à ANOVA, as que apresentavam uma distribuição diferente da normal e/ou não homocedástica eram submetidas ao teste não paramétrico Kruskal Wallis. Os testes estatísticos foram realizados para avaliar a influência do impacto sobre as variáveis ambientais.

Para avaliar se as coletas de macroinvertebrados realizadas nos igarapés apresentavam uma suficiência amostral, foi realizada uma curva de rarefação para cada igarapé, com a soma das coletas de seus respectivos trechos. O estimador utilizado foi Jacnife1. Os programas utilizados foram PAST 3.18 e Excel 365. Os índices bióticos utilizados foram: riqueza, abundância e diversidade Simpson\_D. A escolha deste índice de diversidade foi realizada tendo em consideração sua maior eficácia nos casos em que a dominância de um táxon não é o padrão geralmente encontrado em resposta a um

gradiente ambiental (Sagar & Sharma, 2012). Para estimar a riqueza foi realizada uma contagem de táxons. A abundância foi obtida através da contagem de cada indivíduo. A diversidade de Simpson\_D foi obtida através do programa PAST 3.18. Cada índice biótico foi submetido aos testes de normalidade e homocedasticidade e posteriormente foi realizada uma ANOVA ou o teste substituto não paramétrico Kruskal Wallis. Para avaliar a influência do gradiente longitudinal sobre a comunidade de macroinvertebrados foi realizada uma análise de agrupamento (distância Euclidiana) com uma matriz de abundância e de presença e ausência de táxons. Em seguida foram realizadas as análises de similaridade (ANOSIN) com matrizes de Bray Curtis (dados de abundância) e Jaccard (dados de ocorrência). Os resultados foram representados graficamente por meio de Análises de Coordenadas Principais (ACoP).

Para avaliar a influência das variáveis ambientais sobre a comunidade de macroinvertebrados foi realizada uma Análise de Correspondência Canônica (CCA) com os dados de abundância. Para avaliar a influência do substrato sobre os táxons foram realizadas duas Análises de Correspondência Destendenciadas (DCA). Para essas análises foram realizadas previamente matrizes de contingência com a correlação dos dados do substrato e abundância dos macroinvertebrados e substrato e ocorrência dos táxons. O teste de correlação utilizado foi o de Pearson. As análises foram realizadas no programa PAST 3.18 e posteriormente foram realizados gráficos no programa Statistica 7.0.

A avaliação de atributos dos igarapés foi realizada com base nas razões entre as proporções dos grupos tróficos (Merrit & Cummis, 2005). A relação do grupo de raspadores dividida pela soma dos fragmentadores e coletores permite avaliar o grau de trofia dos ecossistemas aquáticos, classificando-os como heterotróficos quando a razão é inferior a 0,75 ou autotróficos se a razão é superior a 0,75. A relação entre fragmentadores divididos pela soma dos coletores catadores e coletores filtradores permite inferir o grau de partículas orgânicas em suspensão presentes nos ecossistemas. De acordo com esta classificação, valores de razão superiores a 0,50 podem indicar uma elevada concentração de partículas orgânicas em suspensão. A relação determinada entre a matéria orgânica em suspensão (MOS) e matéria orgânica particulada estocada (MOPE) pode ser calculada com base na relação de coletores filtradores divididos pelos coletores catadores. Quanto maior for a razão entre os grupos maior é a concentração de matéria orgânica particulada no ecossistema. Para avaliar a estabilidade do leito os grupos raspadores e coletores filtradores são importantes porque os raspadores retiram seu alimento diretamente do substrato enquanto os filtradores se fixam no leito para retirá-lo da coluna d'água. A

avaliação da estabilidade do leito é realizada através da soma dos coletores catadores e raspadores dividida pelo restante dos grupos tróficos. O controle ascendente de macroinvertebrados é determinado com base na relação entre predadores e todos os outros grupos tróficos. Os valores esperados para esta relação estão entre 0,10 a 0,20. A avaliação da qualidade da água foi realizada com base em índice biótico desenvolvido por Couceiro *et al.* (2012). Os táxons classificados como sensíveis nesta abordagem, foram aqueles que ocorreram exclusivamente em trechos preservados. Não foi realizada uma análise de significância com relação a estes táxons. Os resultados das métricas bióticas foram plotados em uma Análise de Componentes Principais (ACP). Posteriormente, os *scores* foram utilizados para classificação da qualidade da água que foi determinada a partir da distribuição dos valores do primeiro eixo da análise, e foram classificados de acordo com a Tabela 4.

**Tabela 4.** Avaliação da qualidade da água com base em métricas bióticas dos trechos dos igarapés Kalunga e Referência (01, 02, 03), de acordo com índice multimétrico de Couceiro *et al.* (2012). Os critérios para os termos de classificação para qualidade da água foram elaborados pelos autores.

Classificação	Distribuição	Scores
Muito bom	100-85 %	4,0 a 3,0
Bom	84-60 %	2,9 a 1,0
Regular	59-40 %	0,9 a -0,9
Ruim	39-16 %	-1,0 a -2,9
Muito Ruim	15-0 %	-3,0 a -4,0

## 4. RESULTADOS:

### 4.1 Variáveis limnológicas: parâmetros físico-químicos

As variáveis limnológicas (Tabela 5, Anexo 5,) mensuradas no igarapé Kalunga apresentaram-se significativamente diferentes em relação ao igarapé Referência (Tabela 6), com exceção de P-Total da água, turbidez e vazão, e a matéria orgânica do sedimento.

As diferenças ocorreram principalmente entre os trechos 2 e 3 do igarapé Kalunga e o trecho preservado do mesmo igarapé, e aqueles do igarapé Referência. O sumário das análises estatísticas realizadas se encontra na Tabela 6.

A temperatura da água apresentou-se mais elevada no igarapé Kalunga quando comparado ao igarapé Referência (Figura 4a) e a análise de variância indicou diferença significativa ( $F=6,862$ ,  $gl=22$ ,  $p=0,00113$ ), detectada pelo pós-teste Tukey no trecho Kalunga\_2 (Tabela 7). A concentração de oxigênio dissolvido apresentou-se mais elevada no igarapé Kalunga (figura 4b). A ANOVA indicou uma diferença significativa ( $F=7,267$ ,  $gl=22$ ,  $p=0,04811$ ) da concentração de oxigênio, nos trechos impactados do igarapé Kalunga que apresentaram os valores mais elevados.

O pH da água nos trechos Kalunga 2, Kalunga 3 e Referência 3, apresentou-se mais elevado (Figura 4c) em relação ao de outros trechos naturais nos igarapés Kalunga e Referência. O teste de Kruskal Wallis, com pós-teste de Bonferroni indicou uma diferença significativamente maior ( $H=18,79$ ,  $Hc=18,80$ ,  $p=0,02$ ) nos trechos Kalunga 2, Kalunga 3 e Referência 3 (Tabela 7).

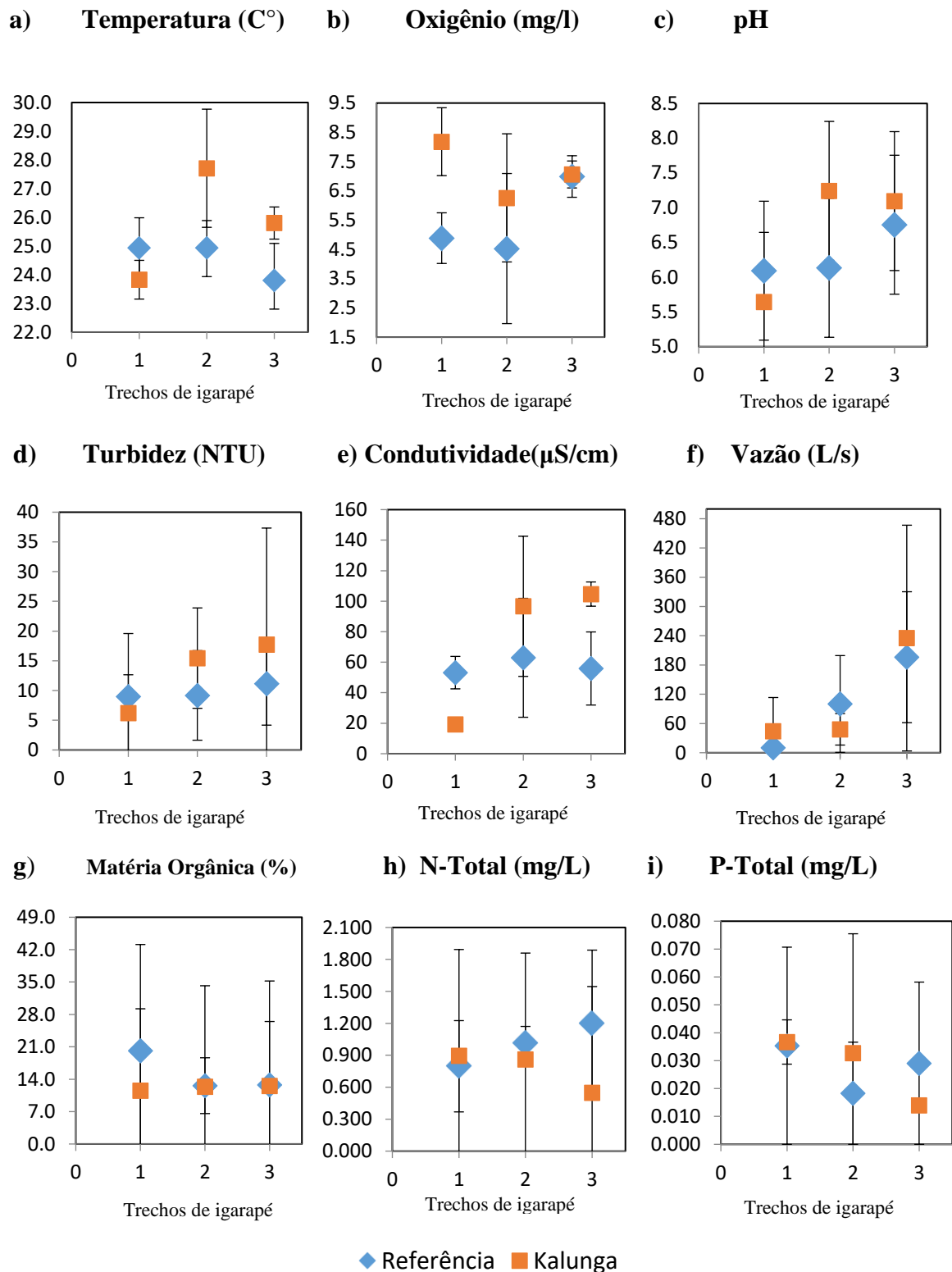
A análise de variância não identificou diferenças significativas de turbidez entre os trechos impactados e aqueles naturais dos igarapés Kalunga e Referência ( $F=1,11$ ,  $gl=22$ ,  $p=0,3915$ ), (Figura 4d). A condutividade elétrica (Figura 4e) foi mais elevada nos trechos que receberam sedimentos alóctones do igarapé Kalunga. O teste de Kruskal Wallis indicou uma diferença significativa ( $H=13,93$ ,  $Hc=13,93$ ,  $p=0,01$ ) detectada pelo pós-teste de Bonferroni em todos os trechos do igarapé Kalunga (Kalunga 1, Kalunga 2 e Kalunga 3), quando comparados aos trechos do igarapé Referência (Referência 1, Referência 2, Referência 3), (Tabela 7). A ANOVA não identificou uma diferença significativa de vazão entre os trechos de diferentes ordens de igarapé avaliados ( $F=6,233$ ,  $gl=22$ ,  $p=0,07$ ) (Figura 4f).

O percentual de matéria orgânica presente no sedimento do leito dos trechos do igarapé Kalunga onde ocorreu o carreamento de sedimentos não foi diferente dos trechos naturais do próprio igarapé Kalunga e do igarapé Referência (Figura 4g). Não foram observadas diferenças significativas nos trechos do igarapé Kalunga que receberam sedimentos ( $F=0,7105$ ,  $gl=22$ ,  $p=0,062$ ) quando comparados a trechos naturais de ambos os igarapés.

Com relação aos nutrientes na coluna d'água, não foi identificada diferença significativa das concentrações de N-Total ( $F=1,98$ ,  $gl=16$ ,  $p=0,15$ ) (Figura 4h), entretanto, foi identificada diferença das concentrações de P-Total entre os trechos dos igarapés Kalunga e Referência ( $H=12,48$ ,  $Hc=12,51$ ,  $p=0,02$ ). O pós-teste de Bonferroni não indicou quais trechos diferenciaram-se, mas na Tabela 9 é possível verificar que a média dos valores de P-Total no trecho Kalunga\_3 foi inferior a todos os outros trechos dos igarapés (Figura 4i).

**Tabela 5.** Médias das variáveis limnológicas dos trechos amostrados dos igarapés Referência (1, 2 e 3) e Kalunga (1, 2 e 3). Os valores entre parêntese representam os valores de desvio. **Legenda:** Abreviaturas: Temp\_H<sub>2</sub>O=Temperatura da água; **Ref\_01**=Referência 01; **Ref\_02**=Referência 02; **Ref\_03**=Referência 03; **Kal\_01**= Kalunga 01; **Kal\_02**= Kalunga 02; **Kal\_03**= Kalunga 03. Os valores obtidos são referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).

	Temp H <sub>2</sub> O°C	O <sub>2</sub> (mg/l)	pH	Vazão (L/s)	Cond. (uS/cm)	Turb (NTU)	MO (%)	N-Total (mg/l)	P-Total (mg/l)
<b>Ref_01</b>	24,93 (±1,05)	4,88 (±0,87)	6,09 (±0,13)	9,99 (±3,67)	53,14 (±10,65)	9,00 (±10,58)	20,15 (±22,96)	0,80 (±0,43)	0,04 (±0,02)
<b>Ref_02</b>	24,30 (±0,95)	4,53 (±2,56)	6,14 (±0,32)	99,97 (±99,29)	62,87 (±38,98)	9,17 (±7,53)	12,60 (±6,03)	1,02 (±0,15)	0,02 (±0,00)
<b>Ref_03</b>	23,80 (±1,29)	6,99 (±0,71)	6,76 (±0,32)	195,91 (±134,32)	55,87 (±23,96)	11,14 (±6,97)	12,80 (±13,67)	1,20 (±0,69)	0,03 (±0,10)
<b>Kal_01</b>	23,83 (±0,68)	8,18 (±1,16)	5,65 (±0,78)	44,12 (±69,15)	19,19 (±1,68)	6,19 (±6,45)	11,54 (±17,69)	0,89 (±0,97)	0,40 (±0,01)
<b>Kal_02</b>	27,71 (±2,06)	6,26 (±2,19)	7,24 (±0,31)	48,00 (±32,26)	96,62 (±45,93)	15,45 (±8,44)	12,36 (±21,83)	0,86 (±0,15)	0,03 (±0,04)
<b>Kal_03</b>	25,80 (±0,56)	7,06 (±0,46)	7,10 (±0,22)	235,17 (±231,56)	14,65 (±7,93)	17,75 (±19,57)	12,53 (±22,70)	0,54 (±0,12)	0,01 (±0,00)



**Figura 4-** Médias das variáveis limnológicas mensuradas nos trechos 1, 2 e 3 dos igarapés Referência e Kalunga ao longo de um gradiente longitudinal. Os losangos azuis indicam os trechos do igarapé Referência; os quadrados cor de abóbora indicam os trechos do igarapé Kalunga e as barras representam o desvio padrão da média. Os valores obtidos são referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).

**Tabela 6** - Sumário das análises de variância (one-way ANOVA) e dos testes Kruskal-Wallis referentes às variáveis limnológicas e dossel dos trechos do igarapé Kalunga versus igarapé Referência. Valores em negrito indicam diferenças significativas. Os valores obtidos são referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).

Teste est.	Shapiro Wilk		Levene test		ANOVA				Kruskal-Wallis		
	W	p	p	Gl	SQ	MQ	F	p	H	Hc	P
Cond.	0,0643	0,9165	0,05594	22	0,525486	0,030910	8,332	<b>0,00039</b>	-	-	-
Dossel	0,9226	0,0757	0,4345	22	107,667	63,3335	7,739	<b>0,00059</b>	-	-	-
MO	0,9244	0,0828	0,1878	16	8,57471	0,504395	0,7105	0,6238	-	-	-
N-Total	0,9186	0,1222	0,0975	16	2,10948	0,213077	1,980	0,15420	-	-	-
O <sub>2</sub> (mg/L)	0,9194	0,0645	0,1996	22	43,8938	2,58199	2,844	<b>0,04811</b>	-	-	-
pH	0,9070	<b>0,03537</b>	<b>0,03533</b>	22	-	-	-	-	18,79	18,80	<b>0,00209</b>
P-Total	0,9187	0,1225	<b>0,00077</b>	16	-	-	-	-	12,48	12,51	<b>0,02838</b>
Temp. H <sub>2</sub> O	0,9206	0,6864	0,5349	22	0,00629	0,000370	6,862	<b>0,00113</b>	-	-	-
Turbidez	0,9793	0,9040	0,4580	22	2,87482	0,169107	1,11	0,3915	-	-	-
Vazão	0,9437	0,2161	0,1526	22	6,37617	0,375069	6,233	0,07863	-	-	-

**Legenda:** Valores em negrito representam diferenças significativas. Abreviaturas: **Teste est** = Teste estatístico; **Var. Amb.**= Variável Ambiental; **Cond.**= Condutividade Elétrica; **MO**=Matéria Orgânica; **N-Total** = Nitrogênio Total da água; **P-Total**=Fósforo Total da água.

**Tabela 7** - Sumário dos testes de Tukey e de Bonferroni realizados posteriormente às análises de variância (ANOVA one-way) e aos testes de Kruskal-Wallis, referentes as variáveis ambientais dos igarapés Referência e Kalunga. Os resultados obtidos são referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017). Valores em negrito indicam diferenças significativas. O triângulo esquerdo inferior fornece os valores de F e o triângulo direito superior os valores de p.

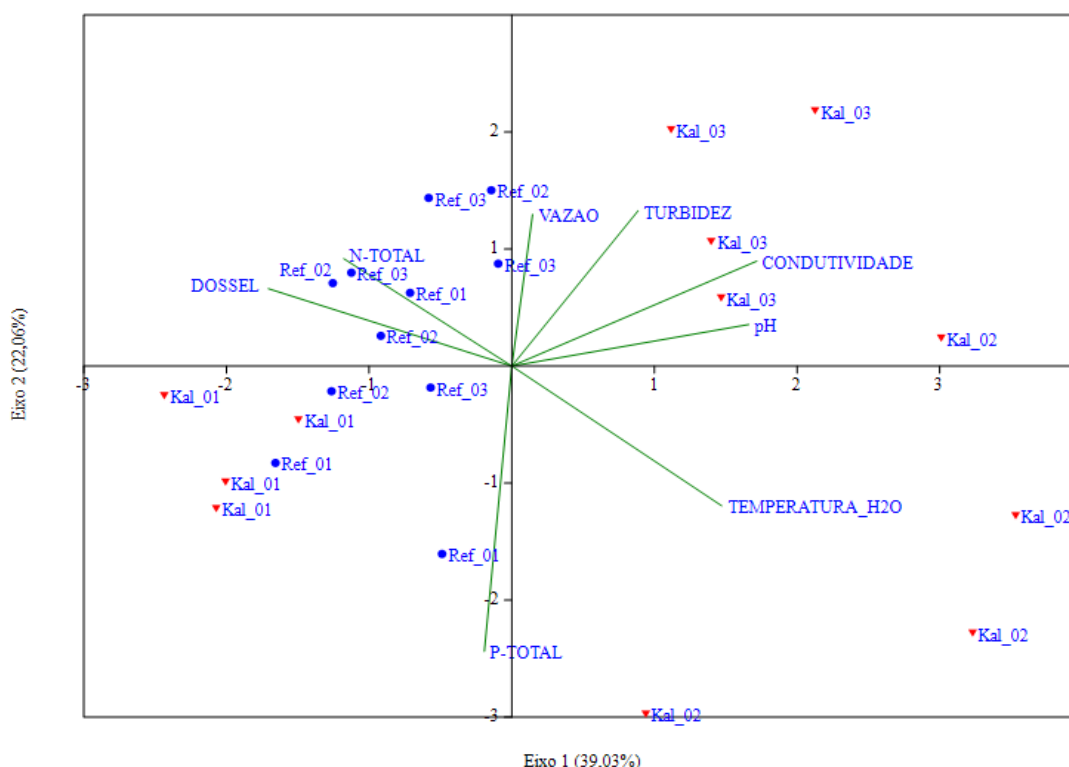
Pós- teste	Variável ambiental	Ref-01	Ref-02	Ref-03	Kal-01	Kal-02	Kal-03
a) Tukey	Condutividade elétrica	Ref-01	1	1	<b>0,03188</b>	0,6109	0,2315
		Ref-02	0,2806	1	<b>0,02145</b>	0,7272	0,3129
		Ref-03	0,1006	0,1800	<b>0,02766</b>	0,6533	0,2587
		Kal-01	4,8500	5,1310	4,951	<b>0,0013</b>	<b>0,0004</b>
		Kal-02	2,2590	1,9790	2,159	7,10900	0,9734
		Kal-03	3,3110	3,0300	3,210	8,16100	1,0510



Pós- teste	Variável ambiental						
<b>b) Bonferroni</b>	<b>pH</b>	<b>Ref-01</b>					
		<b>Ref-02</b>					
		<b>Ref-03</b>					
		<b>Kal-01</b>					
		<b>Kal-02</b>					
		<b>Kal-03</b>					
		<b>Ref-01</b>					
		<b>Ref-02</b>					
<b>c) Tukey</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Ref-01</b>					
		<b>Ref-02</b>					
		<b>Ref-03</b>					
		<b>Kal-01</b>					
		<b>Kal-02</b>					
		<b>Kal-03</b>					
		<b>Ref-01</b>					
		<b>Ref-02</b>					

A análise de componentes principais explicou 61,9 % da variação total dos dados (Anexo 6, Figura 5). O primeiro eixo explicou 39,32 % da variação. Relacionaram positivamente a ele as variáveis condutividade elétrica (0,84122), pH (0,81271) e temperatura (0,7249) e negativamente as variáveis dossel (-0,83598) e N-Total (-0,57676). O segundo eixo explicou 22,6 % da variação dos dados e foi composto positivamente pelas variáveis: turbidez (4,8887), vazão (4,7727) e negativamente pela variável P-total (-0,89724).

Com relação aos trechos dos igarapés foi possível verificar uma clara distinção entre os trechos naturais e aqueles que receberam sedimentos, em relação às variáveis limnológicas. Enquanto os trechos naturais estão correlacionados aos parâmetros N-total, dossel e P-total com valores mais elevados, os trechos do igarapé Kalunga que receberam sedimentos têm uma correlação positiva com os parâmetros turbidez, condutividade elétrica e temperatura. O trecho Kalunga\_2 apresenta uma correlação positiva com as variáveis pH e temperatura e o trecho Kalunga\_3 apresenta uma correlação positiva com as variáveis pH, condutividade elétrica e turbidez.



**Figura 5.** Análise de Componentes Principais com as variáveis ambientais (temperatura da água, pH, condutividade elétrica, turbidez, vazão, N-total da água, P-total da água e dossel) dos igarapés Referência e Kalunga. Os dois primeiros eixos plotados explicam 61,9% da variação dos dados. Abreviaturas: Temp\_H<sub>2</sub>O = Temperatura da água; Ref\_01=Referência 01; Ref\_02=Referência 02; Ref\_03=Referência 03; Kal-01= Kalunga 1; Kal\_02= Kalunga 2; Kal\_03= Kalunga 03. Os valores das variáveis abióticas obtidos são referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).

## 4.2 Variáveis Estruturais

A avaliação realizada através do protocolo de integridade de habitats indica que as alterações físicas decorrentes do carreamento de sedimentos ocorreram apenas no segundo trecho do igarapé Kalunga (Tabela 8). As alterações mais perceptíveis são relativas principalmente à vegetação ripária, barranco e sedimento fino. A mata ciliar apresentou-se mais estreita que os demais trechos e com redução ou ausência de cobertura do dossel.

**Tabela 8.** Avaliação da integridade de habitat nos trechos dos igarapés Referência (1,2,3) e Kalunga (1,2,3). Scores obtidos são referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).

Parâmetros do Habitat	Referência			Kalunga		
	1	2	3	1	2	3
A	1	1	1	1	3	1
B	1	1	1	1	5	1

Parâmetros do Habitat	Referência			Kalunga		
Características	1	2	3	1	2	3
C	1	1	1	1	4	1
D	1	1	1	1	3	1
E	4	2	4	2	3	2
F	1	3	3	3	4	1
G	1	1	3	2	4	4
H	1	1	2	1	3	1
I	3	3	3	3	3	2
J	2	2	2	2	2	2
K	1	1	1	1	1	1
L	2	2	2	2	2	2
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>37</b>	<b>20</b>

Além do protocolo, outras medidas mais específicas da estrutura física dos igarapés também permitiram identificar alterações em trechos do igarapé Kalunga, principalmente no trecho 2. As variáveis estruturais dossel (Anexo 1) e os componentes do leito dos igarapés: areia, matéria orgânica, folhiço, raiz, galho, cascalho, pedra, tronco, silte e argila (Anexo 2), estimados pelo método do “quadrat”, estão descritos na Tabela 6.

**Tabela 9:** Médias das variáveis estruturais dossel e os componentes do leito em percentual (%) dos trechos amostrados dos igarapés Referência (1, 2 e 3) e Kalunga (1, 2 e 3) estimadas pelo método do “quadrat”. Siglas: **Kal**= igarapé Kalunga, **Ref**=igarapé Referência, **MO (Fina)**= Matéria orgânica particulada fina. Os valores são referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).

Variáveis Estruturais	Ref_01	Ref_02	Ref_03	Kal_01	Kal_02	Kal_03
Dossel	88,00 (±4,28)	85,00 (±12,94)	79,60 (±6,00)	90,40 (±6,97)	58,45 (±7,90)	73,60 (±6,87)
Areia	30,57 (±31,96)	19,20 (±23,5)	45,00 (±13,42)	30,60 (±1,77)	3,30 (±4,36)	4,33 (±6,59)
Cascalho	8,17 (±7,87)	17,00 (±15,94)	16,80 (±14,2)	40,00 (±2,77)	5,50 (±3,98)	6,13 (±6,46)
Folhiço	44,27 (±34,33)	49,20 (±32,69)	27,60 (±23,7)	14,40 (±6,76)	12,20 (±12,94)	32,80 (±17,34)
Galho	1,07 (±1,85)	2,80 (±5,80)	1,00 (±2,0)	0,00 (±0,00)	2,00 (±4,00)	5,80 (±9,13)
MO (Fina)	1,13 (±5,14)	1,60 (±3,20)	1,00 (±1,20)	0,00 (±8,88)	0,00 (±0,00)	0,08 (±1,60)

Variáveis Estruturais	Ref._01	Ref._02	Ref_03	Kal_01	Kal_02	Kal_03
Pedra	0,00 (±0,00)	0,00 (±0,00)	2,40 (±4,80)	14,20 (±7,68)	0,90 (±1,80)	1,73 (±1,22)
Raiz	2,60 (±4,50)	4,20 (±3,29)	2,20 (±2,56)	0,60 (±1,2)	33,30 (±15,38)	2,00 (±4,00)
Silte e Argila	0,00 (±0,00)	4,40 (±8,80)	1,60 (±1,96)	0,00 (±0,00)	35,90 (±21,27)	32,20 (±18,00)
Tronco	1,33 (±1,22)	1,60 (±1,96)	2,40 (±3,81)	0,20 (±0,40)	6,90 (±6,66)	5,20 (±5,86)

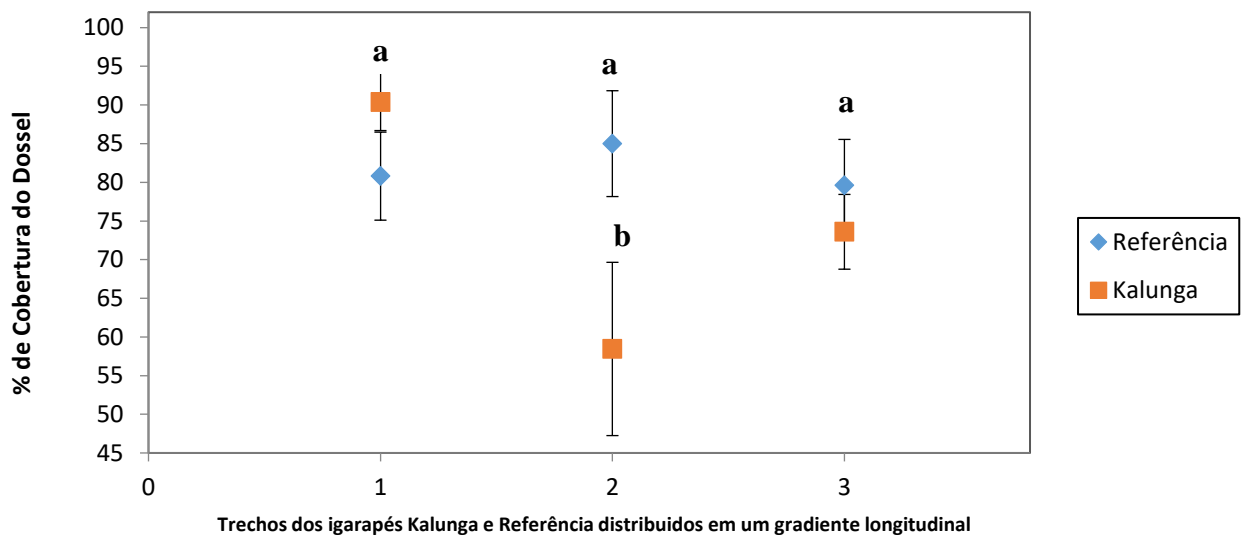
Valores de média e desvio padrão (os valores entre parênteses representam o desvio padrão).

Através da análise de variância (ANOVA) foi possível verificar uma redução significativa de cobertura de dossel ( $F = 7,739$ ,  $gl = 22$   $p < 0,0005$ ) do igarapé Kalunga, quando comparado ao igarapé Referência. O pós-teste Tukey (Tabela 10) evidenciou que esta diferenciação ocorreu exclusivamente no trecho Kalunga\_2, que apresentou uma cobertura de dossel inferior não somente com relação a todos os trechos do igarapé Referência, mas também com relação aos outros trechos do mesmo igarapé.

**Tabela 10-** Resultado do pós-teste Tukey, realizado com os valores de cobertura de dossel dos trechos dos igarapés Referência (01, 02 e 03) e Kalunga (01, 02 e 03), estimados através da metodologia do “quadrat”. Os valores obtidos são referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017). Valores em negrito indicam diferenças significativas. O triângulo esquerdo inferior fornece os valores de F e o triângulo direito superior os valores de p.

	Kal_01	Kal_02	Kal_03	Ref_01	Ref_02	Ref_03
Kal_01		<b>0,0005</b>	0,8721	0,5733	0,0932	0,4527
Kal_02	7,8150		0,1456	<b>0,0132</b>	<b>0,0030</b>	<b>0,0202</b>
Kal_03	4,1090	3,7060		0,8091	0,3964	0,8986
Ref_01	2,3480	5,4670	1,7610		0,9759	0,9999
Ref_02	1,3210	6,4940	2,7890	1,0270		0,9320
Ref_03	2,6420	5,1730	1,4680	0,2935	1,3210	

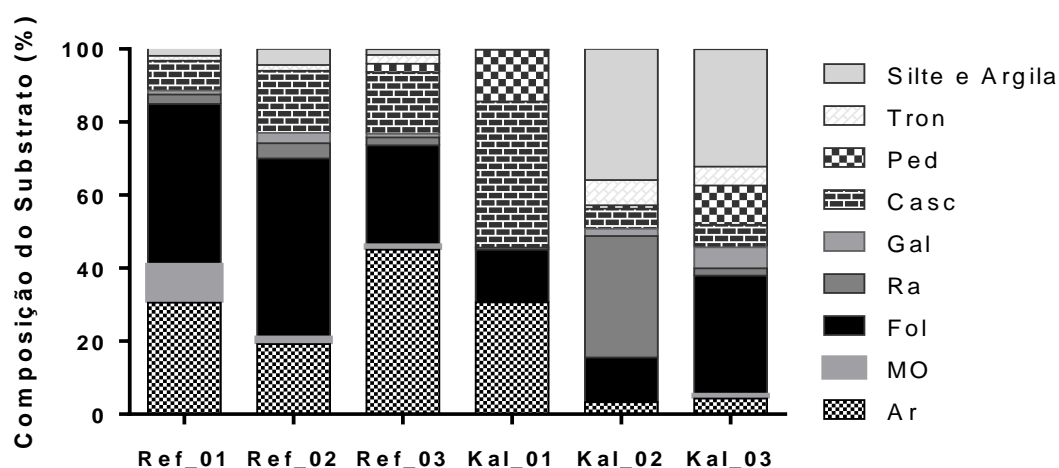
Enquanto os trechos do igarapé Referência apresentaram um percentual de cobertura de dossel elevada, o trecho Kalunga\_2 apresentou os valores percentuais mais baixos e uma média de 58,45% de cobertura de dossel (Tabela 6, Figura 6)



**Figura 6-** Comparação da cobertura de dossel entre os trechos dos igarapés Kalunga (1, 2 e 3) e Referência (1, 2 e 3) em um gradiente longitudinal. Letras diferentes indicam diferenças significativas (pós-teste de Tukey) e barras indicam os valores do erro padrão. Os resultados obtidos são referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).

Não houve correlação entre a cobertura de dossel e a disponibilidade de folhiço no leito dos trechos de igarapé  $R_s=1,565$   $p=0,2936$ . O trecho Kalunga\_2 por exemplo apresentou a menor cobertura de dossel 58,45 % e a menor disponibilidade de folhiço 12,20 %, entretanto, o trecho Kalunga\_1 apresentou a maior cobertura de dossel 90,40 %, mas seu leito apresentou apenas 14,40 % de folhiço (Tabela 6).

Com relação à avaliação dos componentes do leito, realizada através da metodologia do “quadrat”, os substratos areia e folhiço contribuíram proporcionalmente mais para a estrutura do leito nos trechos do igarapé Referência. O trecho Referência\_1 apresentou 44,27 % de sua composição formada por folhiço e 3,57 % por areia. O trecho Referência\_2 apresentou 49,2% de sua composição formada por folhiço e 19,2 % por areia. O trecho Referência\_3 apresentou 27,6 % de sua composição formada por folhiço e 45,6 % por areia (Figura 7).



**Figura 7**– Proporções das contribuições dos componentes do leito dos igarapés Referência e Kalunga nos trechos 1, 2 e 3 de ambos os igarapés. A avaliação do leito foi realizada através da metodologia do “quadrat” e a distribuição dos componentes em percentual de cobertura do substrato. **Abreviaturas:** **Ref\_01**=Referência 1; **Ref\_02**=Referência 2; **Ref\_03**=Referência 3; **Kal\_01**= Kalunga 1; **Kal\_02**= Kalunga 2; **Kal\_03**= Kalunga 3; **Tron**=Tronco; **Ped**=Pedra; **Casc**=Cascalho; **Gal**=Galho; **Ra**=Raiz; **Fol**=Folhicho; **MO**=Matéria Orgânica dissolvida sobre o substrato; **Ar** =Areia. Os resultados obtidos são referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).

Os trechos do igarapé Kalunga impactados diferiram com relação às proporções dos componentes do leito quando comparados aos trechos do igarapé Referência. O trecho Kalunga\_1 teve 4% de sua composição formada por cascalho 3,6% por areia e 14,4% de folhicho foi encontrado. O trecho Kalunga\_2 apresentou 35,9% de sua composição formada por silte e argila, 33,3% por raiz e 2,2% de folhicho foi encontrado. O trecho Kalunga\_3 apresentou 32,2% de sua composição formada por silte e argila e 32,8% por folhicho foi encontrado (Figura 7).

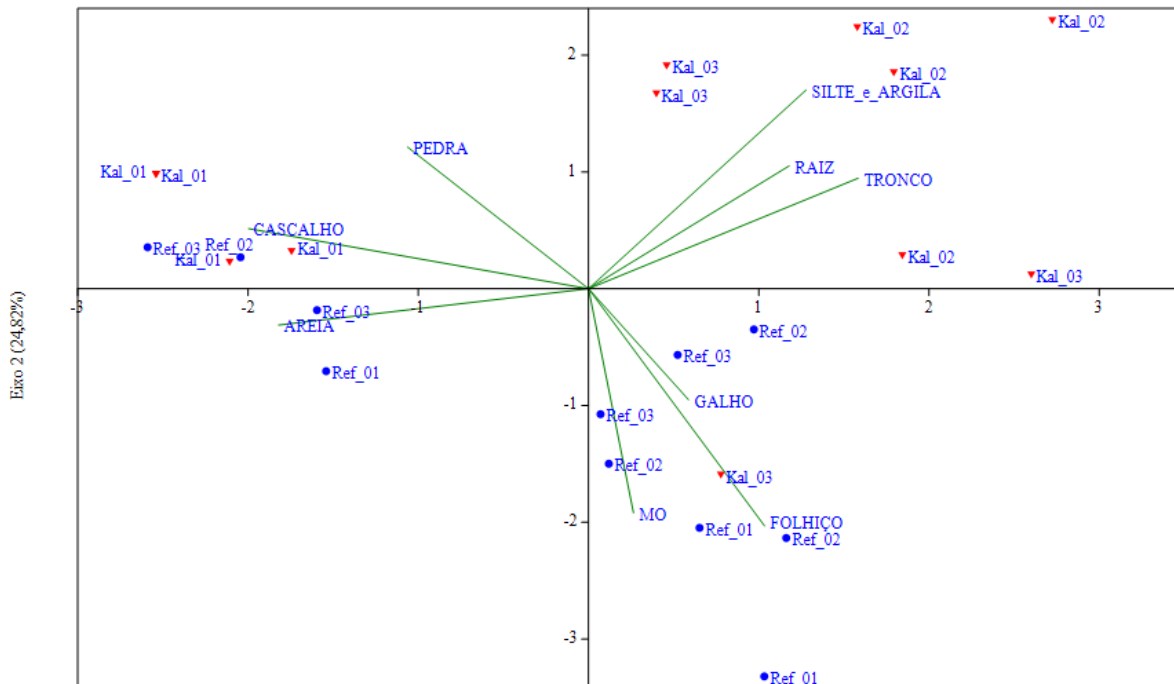
As proporções de silte e argila foram mais elevadas nos trechos atingidos pelo carreamento de sedimentos, ou seja, Kalunga 2 e 3, que apresentaram os valores mais elevados de silte e argila, atingindo até 1/3 da composição total do seu substrato para esta granulometria (Figura 7, Tabela 9).

A análise de componentes principais considerando a composição do substrato (areia, cascalho, folhicho, galho, matéria orgânica, pedra, silte e argila, raiz e tronco) apresentou explicação de 57,6% da variação total dos resultados (Anexo 4, Figura 8). O primeiro eixo explicou 32,6 % da variação, sendo que as variáveis tronco (0,6914) e raiz (0,5110) contribuíram positivamente para o eixo 1 e as variáveis cascalho (-0,8715), areia

(-0,7935) e pedra (-0,4650) contribuíram negativamente. A variável silte e argila (0,6559) contribuiu positivamente para formação do eixo 2, enquanto as variáveis folhiço (-0,7679), matéria orgânica (-0,73382) e galho (-0,3630) contribuíram negativamente (Figura 3).

A análise de componentes principais realizada com os itens de composição do leite indica que os trechos naturais dos igarapés Referência e Kalunga (Kalunga 01) estão mais correlacionados com os parâmetros inorgânicos do leite como pedra, cascalho e areia, e orgânicos como matéria orgânica, folhiço e galho; enquanto os trechos em que houve carreamento de sedimentos apresentam uma correlação maior com o componente inorgânico silte e argila e orgânicos raiz e tronco. Desta forma, esta análise indica que enquanto os trechos naturais apresentam partículas granulométricas maiores e matéria orgânica vegetal mais lábil, os trechos que receberam sedimentos apresentam partículas granulométricas menores e matéria orgânica vegetal mais refratária.

A análise granulométrica de sedimentos também indicou maior proporção de silte e argila nos trechos do igarapé Kalunga atingidos pelo carreamento (Tabela 11, Figura 9a). Os valores obtidos nas estações de coleta nas diferentes amostragens, apresentaram grande variação, indicada por valores elevados de desvio padrão, entretanto ainda foi possível verificar uma proporção maior de sedimento fino nos trechos 2 e 3 do igarapé Kalunga, reforçando o resultado já evidenciado através da metodologia do “quadrat” (anexo 3). O teste de indicou diferenças significativas quanto à proporção de silte e argila entre os trechos dos igarapés impactados e não impactados  $h=2$   $p=0,0045$  (Figura 9b).



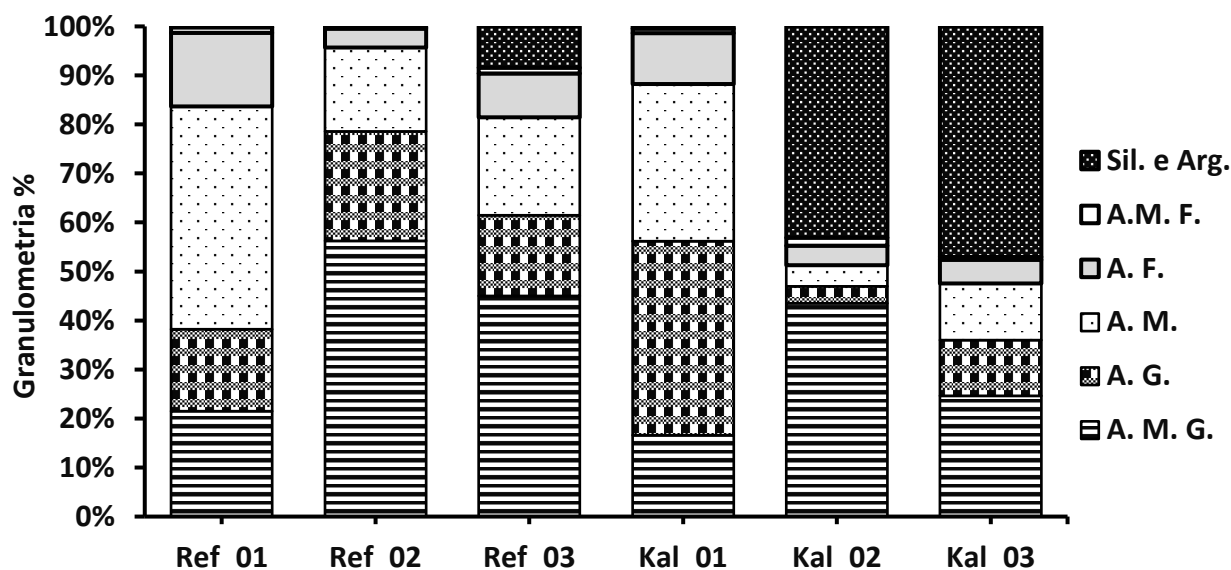
**Figura 8.** Análise de Componentes Principais com os Componentes do leito (Areia, Cascalho, Folhico, Galho, Matéria Orgânica (MO), Pedra, Silte e Argila, Raiz e Tronco) dos igarapés Referência e Kalunga. Os dois primeiros eixos plotados explicam 57,41% da variação dos dados. **Abreviaturas:** Ref.1=Referência 1; Ref.2=Referência 2; Ref.3=Referência 3; Kal.1= Kalunga 1; Kal.2= Kalunga 2; Kal.3= Kalunga 3. Os valores obtidos são referentes aos períodos de estiagens (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).

**Tabela 11.** Análise granulométrica com a média percentual dos sedimentos amostrados dos igarapés Referência: trechos 1, 2 e 3 e Kalunga trechos 1, 2 e 3. Os valores obtidos são referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).

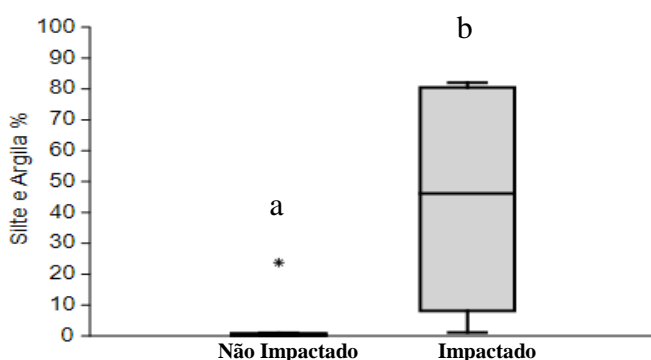
Trechos dos Igarapés	Areia Muito Grossa (%)	Areia Grossa (%)	Areia Média (%)	Areia Fina (%)	Areia Muito Fina (%)	Silte e Argila (%)
<b>Referência_01</b>	21,51 (±31,67)	16,72 (±6,25)	45,43 (±21,78)	15,05 (±11,84)	1,12 (±1,45)	0,16 (±0,16)
<b>Referência_02</b>	56,21 (±18,20)	22,35 (±12,33)	17,15 (±6,99)	3,86 (±1,45)	0,23 (±0,13)	0,20 (±0,18)
<b>Referência_03</b>	45,03 (±26,34)	16,44 (±5,08)	19,95 (±7,17)	8,99 (±4,94)	1,16 (±0,93)	8,43 (±13,28)
<b>Kalunga_01</b>	16,60 (±8,80)	39,58 (±11,80)	32,08 (±9,21)	10,37 (±2,74)	0,89 (±0,46)	0,48 (±0,34)
<b>Kalunga_02</b>	43,49 (±42,96)	3,45 (±0,86)	4,31 (±0,88)	3,99 (±1,87)	1,66 (±0,34)	43,09 (±40,52)
<b>Kalunga_03</b>	24,63 (±18,62)	11,40 (±5,24)	11,54 (±5,48)	4,83 (±2,55)	0,57 (±0,00)	47,03 (±31,89)



Média e desvio padrão (os valores entre parênteses representam o desvio padrão da média).



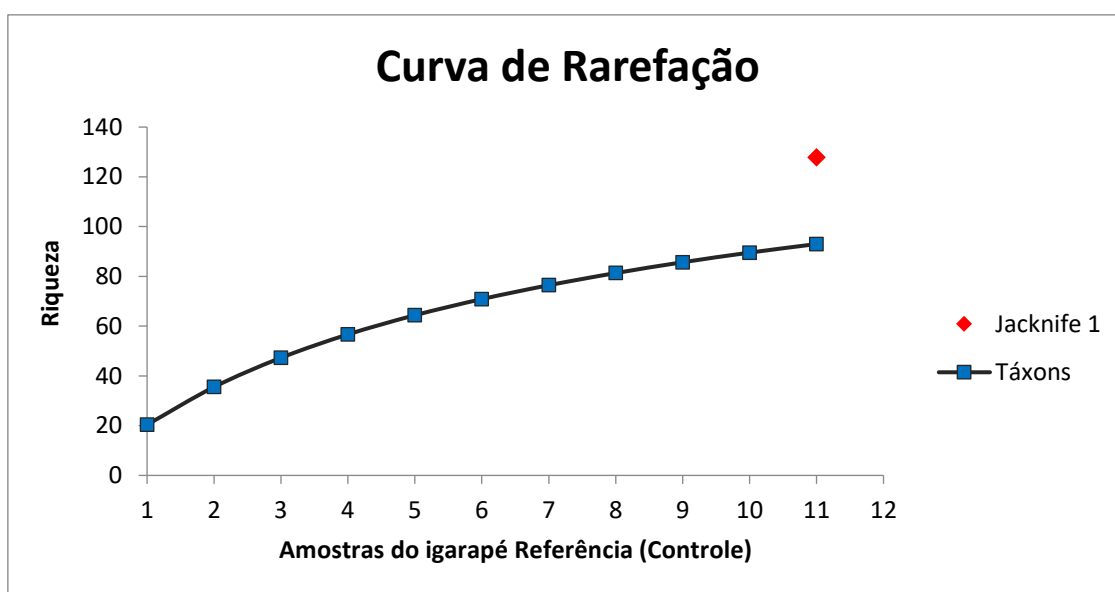
**Figura 9a.** Análise granulométrica em percentual dos sedimentos amostrados dos igarapés Referência: trechos 1, 2 e 3 e Kalunga trechos 01, 02 e 03. Abreviaturas: Ref\_01=Referência 01; Ref\_02=Referência 02; Ref\_03=Referência 03; Kal\_01= Kalunga 01; Kal\_02= Kalunga 02; Kal\_03= Kalunga 03; Sil e Arg. = Silte e Argila; A. M. F.= Areia Muito Fina; A. F.= Areia Fina; A. M.= Areia Média; A. G.= Areia Grossa; A. M. G.= Areia Muito Grossa. Os valores obtidos são referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).



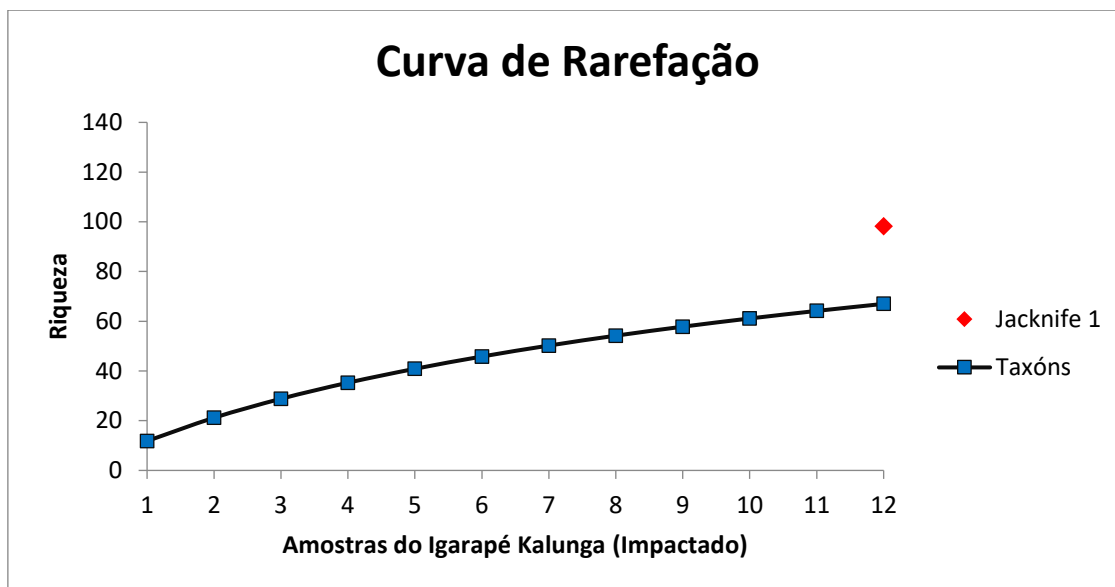
**Figura 9b.** Análise comparativa com base nos dados percentuais de silte e argila dos sedimentos amostrados dos trechos de igarapés não impactados (Referência 1, 2 e 3 e Kalunga 1) e impactados (Kalunga 2 e 3). Barras representam o desvio padrão da média. Os valores obtidos são referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017). Letras diferentes indicam diferenças significativas.

### 4.3 Variáveis Bióticas: Comunidade de Macroinvertebrados Bentônicos

Foi coletado um total de 3855 organismos (Anexos 7, 8, 9 e 10) pertencentes a 113 táxons. No igarapé Referência foram coletados 2148 indivíduos distribuídos entre 93 táxons e no igarapé Kalunga foram coletados 1707 indivíduos distribuídos em 68 táxons. Com relação à suficiência amostral, as curvas de rarefação indicam uma tendência à estabilização, embora não tenham atingido uma assíntota (Figura 10 e 11).



**Figura 10.** Curva de rarefação com o número total de táxons coletados (93) nas amostras do igarapé Referência (Controle). De acordo com o estimador Jackknife 1 (127), o número de táxons coletados corresponde ao percentual de 73, 23% da riqueza total estimada do igarapé. Os valores de riqueza obtidos são referentes as amostragens dos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).



**Figura 11.** Curva de rarefação com o número total de táxons coletados (67) nas amostras do igarapé Kalunga (Impactado). De acordo com o estimador Jackknife 1 (98), o número de táxons coletados corresponde ao percentual de 68,25% da riqueza total estimada do igarapé. Os valores de riqueza obtidos são referentes as amostragens dos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).

Com relação à distribuição dos táxons, foi possível observar que 79 táxons ocorreram somente nos trechos não impactados (Referência 01, 02, 03 e Kalunga 01). Nos trechos impactados, 3 táxons ocorreram exclusivamente (Kalunga 02 e 03) (Tabela 12), com a ocorrência de apenas 1 indivíduo de cada táxon (Anexos 7, 8, 9 e 10). Na intercessão entre os grupos impactado e não impactado, 29 táxons foram compartilhados. Com relação à riqueza, é possível observar um acréscimo da riqueza de macroinvertebrados bentônicos no igarapé Referência, ao longo do gradiente longitudinal. Em contrapartida, no igarapé Kalunga houve um decréscimo acentuado da riqueza de macroinvertebrados (Tabela 12 e Figura 12).

**Tabela 12:** Ocorrência de táxons (táxons presentes assinalados com X) nos trechos dos igarapés Referência (01, 02 e 03) e Kalunga (01, 02 e 03) ao longo de um gradiente longitudinal. Os táxons amostrados na tabela são o somatório das amostragens dos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).

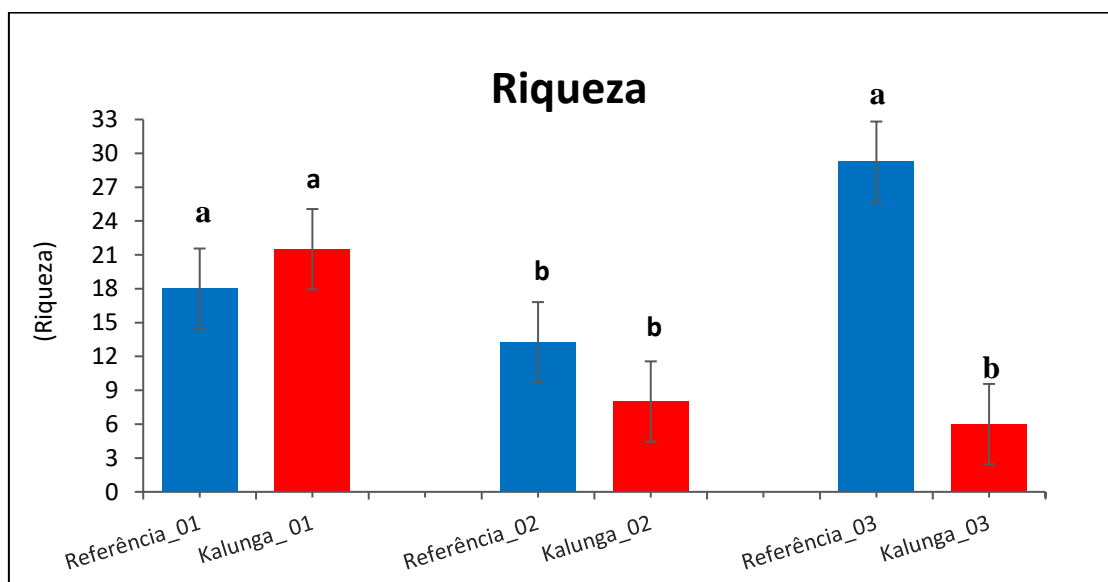
Classe	Ordem	Família	Gênero	Referência			Kalunga		
				1	2	3	1	2	3
Arachnida	Acari	-	-	X			X	X	
	Araneae	Araneae	-	X					
Arthropoda	Crustacea	NI	NI			X			X
Bivalvia	Unionoida	Hyriidae	-		X				
Crustacea	Decapoda	-	-			X			
Gastropoda	-	Ampullaridae	-		X	X	X		

Classe	Ordem	Família	Gênero	Referência			Kalunga		
				1	2	3	1	2	3
Hirudinea	Basommatophora	Ancyliidae	Ancyliidae		X				
	-	Veneroidea	Corbícula	X					
	NI	-	-	X		X			
	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	-	X	X				
	Blattodea	NI	-					X	
		Termitidae	-	X					
	Coleoptera	NI	-			X			X
		Dryopidae	Oropelmus					X	
			Dryopidae					X	
			Dytiscidae			X	X		
			Laccophilus					X	
			Cylloepus					X	
			Elmidae		X	X	X	X	
			Heterelmis				X	X	
			Elmidae	Hexacylloepus	X		X		
			Neoelmis	X	X	X	X		
Collembola			Phanocerooides			X	X		
			Xenelmis		X	X	X		
		Empididae	-	X	X		X	X	
		Hydrophilidae	-		X				
		Ptilodactylidae	-			X	X		
		Scirtidae	-			X	X		
	NI	-						X	
		-		X	X	X	X	X	
		Ceratopogonidae	Ceratopogoninae	X	X	X	X	X	
			Probezzia				X	X	
Insecta			-	X	X	X	X	X	
		<b>Chironomidae</b>	Chironominae	X	X	X	X	X	
			Orthoclaudiinae	X	X	X	X	X	
			Tanypodinae	X	X	X		X	
	Diptera		Arauchnephia sp.			X			
		Simuliidae	-	X		X	X	X	
			Simulium			X			
		Tabanidae	-	X	X	X	X	X	
			NI	X	X	X	X		
		Tipulidae	Tipulidae A	X		X	X	X	
			Tipulidae B	X		X			
		NI	-	X		X	X	X	
			Campylocia sp			X			
	Ephemeroptera	Euthyplociidae	-	X		X			
		Leptophlebiidae	Hagenulopsis			X			
		-	X		X				
	NI	-				X			
	Belostomatidae	-	X			X			
Hemiptera	Gerridae	-		X					
	Naucoridae	Limnocoris	X	X	X				
	Naucoridae	Pelocoris				X			

Classe	Ordem	Família	Gênero	Referência			Kalunga		
				1	2	3	1	2	3
		Noteridae	-	X	X				
		Veliidae	-		X		X		
		Corixidae	-		X	X			
		Notonectidae	Buenoa		X				
	Hymenoptera	NI	-			X			
	Lepidoptera	Crambidae	Petrophila	X	X				
		Tortricidae	-			X			
			-	X					X
	Megaloptera	Corydalidae	Subfamília Chauliodinae			X			
		NI	-	X		X	X	X	
		Calamoceratidae	Phylloicus sp	X	X	X	X		
			Calopterygidae	X	X	X			
		Calopterygidae	Calopteryx				X		
			Hetaerina			X			
			Coenagrionidae						X
			Agriogomphus			X			
			Archaeogomphus sp			X			
			Epigomphus					X	
	Odonata		Erpetogomphus sp.			X	X		
		Gomphidae	Gomphidae		X	X	X	X	
		Gomphidae	Gomphidae	X	X		X	X	
			Perivigomphus sp		X	X			
			<i>Phyllogomphoides</i> <i>sp.</i>	X					
			Progomphus					X	
			Zonoophora			X			
		Libellulidae	Libellulidae		X	X	X	X	
			<i>Micrathyna sp.</i>			X			
		NI	NI			X			
	Plecoptera		Anacroneuria			X	X		X
		Perlidae	<i>Enderleina sp.</i>				X		
			Macrogynoplax	X	X				
		NI	Trichoptera	X		X	X		
		Glossosomatidae	<i>Mortoniella sp.</i>			X			
		Helicopsychidae	Helicopsyche		X	X	X		
			Hydropsyche	X			X	X	
		Hydropsychidae	Leptonema		X	X	X	X	
			Macrostemum		X		X		
			Smicridea		X	X	X	X	X
	Trichoptera		Gênero <i>A sp.</i>				X		
			Leptoceridae				X		
		Leptoceridae	Nectopsyche	X	X		X		
			Oecetis sp				X		
			Triplectides			X			
			Anastomoneura			X			
		Odontoceridae	<i>Marilia sp.</i>				X		
			Odontoceridae				X		

Classe	Ordem	Família	Gênero	Referência			Kalunga		
				1	2	3	1	2	3
		Philopotamidae	Chimarra			X			
		Polycentropodida e	Cernotina	X	X	X		X	X
			Cyrnellus			X			
			-	X					
		Sericostomatidae	Notidobiella				X		
			Sericostomatidae		X	X			
Malacostraca	Decapoda	Palaeomonidae	-						X
Nematoda		NI	Nematoda	X	X	X		X	
		NI	-		X	X			
Oligochaeta	-	Alluroididae	-	X			X		X
	-	Tubificinae	-	X	X				
Tubelaria		NI	-			X	X		
	Decapoda	-	Macrobrachium		X	X			X

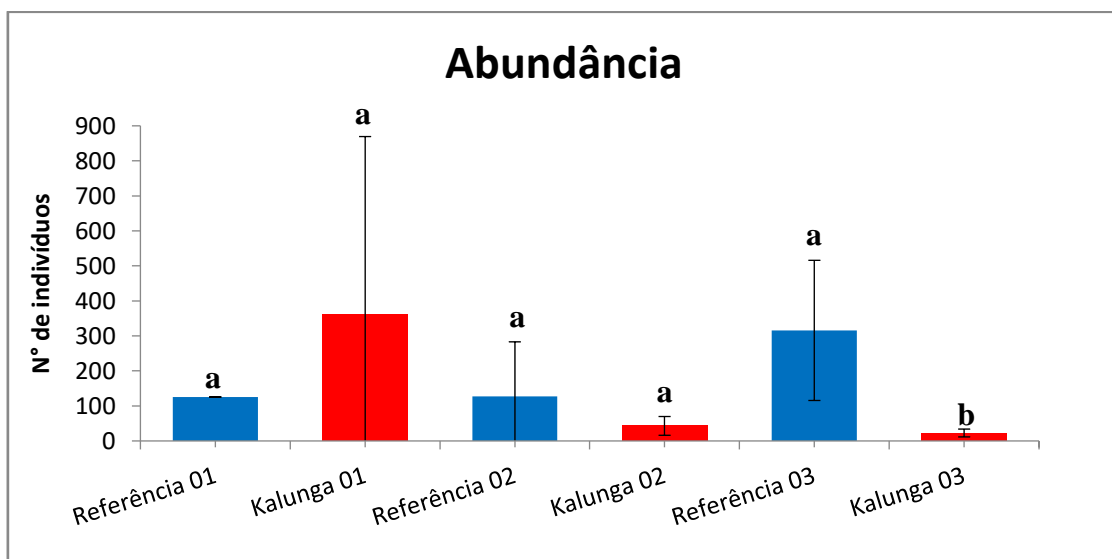
A análise de variância indicou diferenças com relação à riqueza de macroinvertebrados entre os igarapés Kalunga e Referência ( $F=13,26$ ,  $gl=22$ ,  $p=2,64 \cdot 10^{-5}$ ). A riqueza dos trechos 2 e 3 do igarapé Kalunga apresenta uma diferença significativamente menor que o trecho de igual ordem do igarapé Referência (Figura 9, Tabelas 9 e 10).



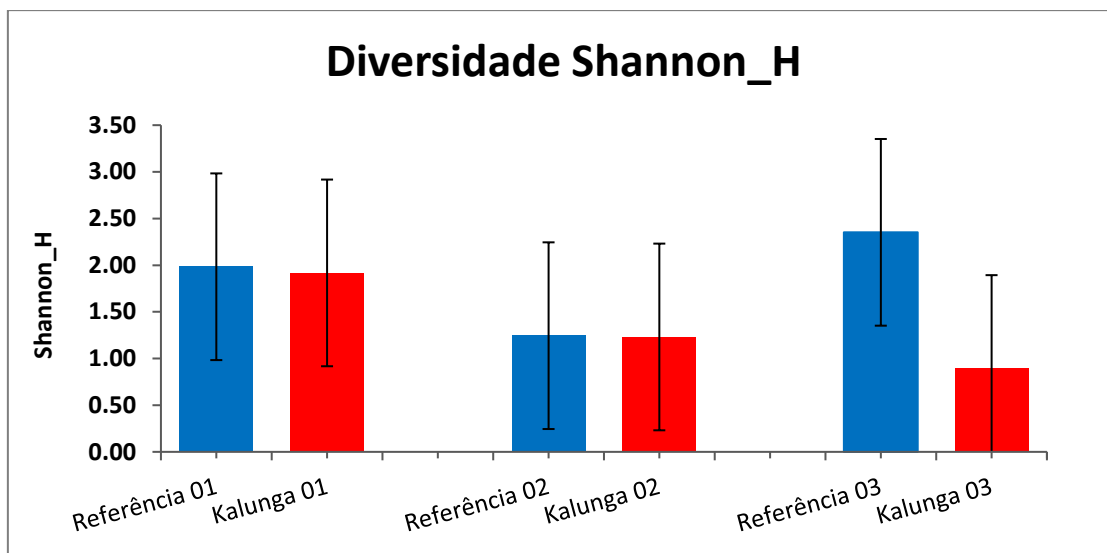
**Figura 12.** Análise de Variância (ANOVA) com a riqueza de táxons dos Igarapés Kalunga (trechos 01, 02 e 03) e Referência (trechos 01, 02 e 03) ao longo de um gradiente longitudinal. Barras azuis representam os valores médio da riqueza do igarapé Referência, barras vermelhas representam os valores médios da riqueza do igarapé Kalunga e barras pretas representam o desvio padrão da média. Letras diferentes representam diferenças significativas. Os valores de riqueza obtidos são referentes as amostragens dos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).

A abundância dos macroinvertebrados verificada nos trechos impactados do igarapé Kalunga foi reduzida quando comparada aos outros trechos preservados do igarapé Referência, assim como ao trecho preservado do mesmo igarapé. A análise de variância (ANOVA *one-way*) com o pós-teste de Tukey indicou diferença significativa entre o trecho Kalunga\_3 e o trecho Referência\_3 ( $F=4,23$ ,  $gl = 22$ ,  $p=0,01$ ), de acordo com a Figura 13, e Tabelas 13 e 14.

A análise de variância (ANOVA) não detectou diferenças significativas com relação à diversidade (Shannon) da comunidade de macroinvertebrados bentônicos nos igarapés Kalunga e Referência (Figura 14, Tabela 13).



**Figura 13.** Abundância (número logaritimizado de indivíduos) de macroinvertebrados distribuídos entre os trechos do igarapé Kalunga (01, 02 e 03) e Referência (01, 02 e 03) ao longo de um gradiente longitudinal. Barras pretas representam o desvio padrão da média. Letras diferentes representam diferenças significativas. Os valores de abundância obtidos são referentes as amostragens dos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).



**Figura 14.** Diversidade Shannon\_H de táxons de macroinvertebrados bentônicos presentes nos trechos dos igarapés Kalunga (01, 02 e 03) e Referência (01, 02 e 03). Barras pretas representam o desvio padrão da diversidade média. Os valores de diversidade Shannon\_H obtidos neste gráfico foram obtidos a partir das amostragens referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).

**Tabela 13.** Resumo das Análises de Variância (ANOVA *one way*) e do teste de Kruskal Wallis realizados com os trechos dos igarapés Kalunga (01, 02 e 03) e Referência (01, 02 e 03). Os valores obtidos são referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).

Teste est./	Shapiro Wilk		Levene test			ANOVA			
	W	p	p	gl	SQ	MQ	F	p	
<b>Ind. Biot</b>									
<b>Riqueza</b>	0,936	0,147	0,193	22	0,3593	0,2114	13,26	<b>2,26*10<sup>-5</sup></b>	
<b>Abundância</b>	0,987	0,987	0,136	22	28,572	0,1681	4,23	<b>0,01</b>	
<b>Div. Shannon-H</b>	0,9644	0,5583	0,3876	22	4,6198	0,27175	2,18	0,114	



**Tabela 14** - Sumário dos pós-teste de Tukey realizado posteriormente às análises de variância de riqueza e de abundância da comunidade de macroinvertebrados nos trechos dos igarapés Referência e Kalunga (01, 02 e 03). Os resultados foram obtidos a partir das amostragens referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017). Valores em negrito indicam diferenças significativas. O triângulo esquerdo inferior fornece os valores de F e o triângulo direito superior os valores de p.

a) Tukey	Riqueza	Ref_01	Ref_02	Ref_03	Kal_01	Kal_02	Kal_03
	Ref_01		0,564	0,377	0,995	<b>0,030</b>	<b>0,0028</b>
	Ref_02	2,370		<b>0,019</b>	0,289	0,501	0,0784
	Ref_03	2,841	5,211		0,677	<b>0,001</b>	<b>0,0002</b>
	Kal_01	0,738	3,108	2,103		<b>0,011</b>	<b>0,0010</b>
	Kal_02	4,892	2,522	7,733	5,630		0,8405
	Kal_03	6,56	4,19	9,401	7,298	1,668	
b) Tukey	Abundância	Ref_01	Ref_02	Ref_03	Kal_01	Kal_02	Kal_03
	Ref_01		0,9585	0,877	0,998	0,4816	0,1312
	Ref_02	1,169		0,4237	0,808	0,9148	0,4608
	Ref_03	1,548	2,716		0,9827	0,0863	<b>0,01598</b>
	Kal_01	0,5955	1,764	0,9522		0,2717	0,06045
	Kal_02	2,569	1,401	4,117	3,165		0,9504
	Kal_03	3,79	2,621	5,338	4,385	1,221	

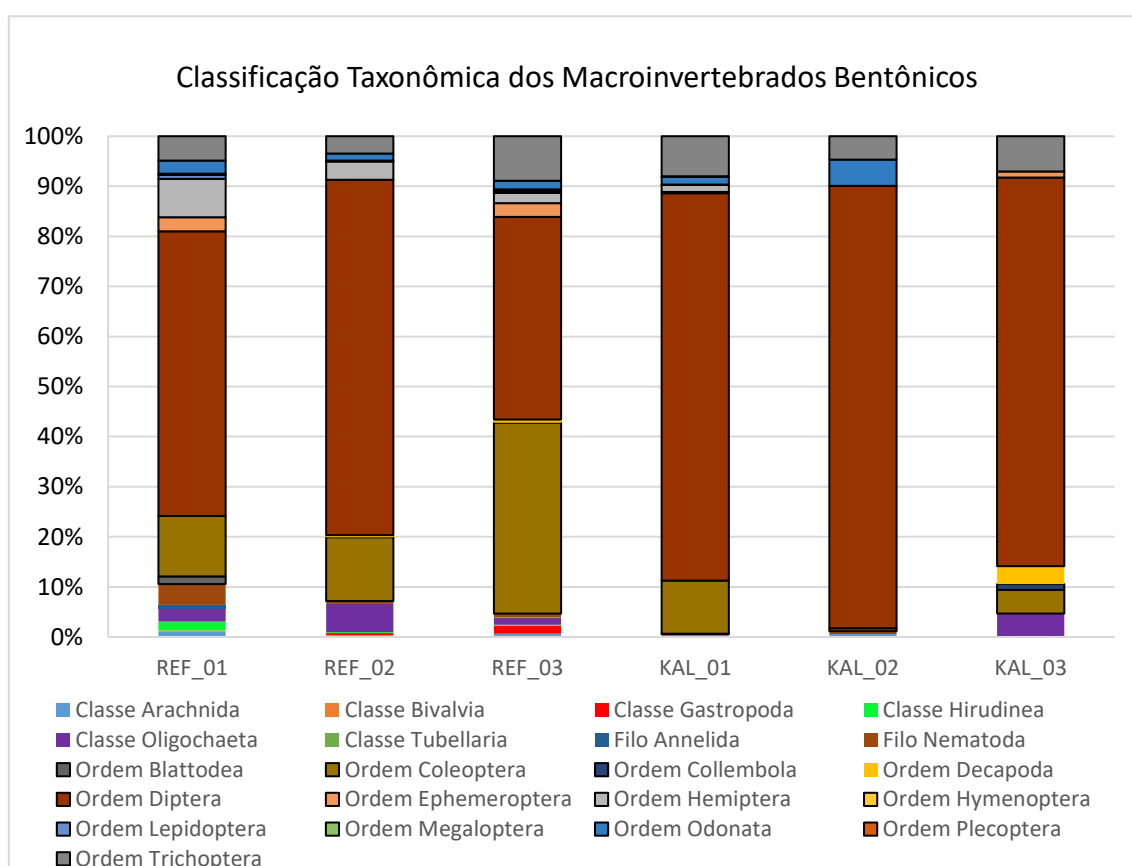
#### 4.4 Composição Taxonômica da Comunidade de Macroinvertebrados Bentônicos:

A comunidade de macroinvertebrados bentônicos dos igarapés Referência e Kalunga foi majoritariamente composta por integrantes da classe Insecta, com destaque para a ordem Diptera, que foi a mais abundante em todos os trechos dos igarapés. A abundância desta ordem foi maior em números absolutos (2423) e em todos os trechos de igarapés avaliados, variando de 221 a 1106 indivíduos nos trechos de igarapés não impactados (Referência 01, 02, 03 e Kalunga 01) e 66 a 152 indivíduos nos trechos impactados (Kalunga 02 e 03). A ordem Coleoptera foi a segunda mais abundante (751), com a variação de 481 a 47 indivíduos nos trechos não impactados e de 4 indivíduos a 1 indivíduo nos trechos impactados. Outros táxons pertencentes à Classe Insecta também foram coletados: Blattodea (7), Collembola (1), Ephemeroptera (50), Hemiptera (95), Hymenoptera (3), Lepidoptera (5), Megaloptera (7), Plecoptera (2) e Trichoptera (277).

Também foram coletados organismos pertencentes a outros grupos: anelídeos (Classe Oligochaeta, 63 e Hirudinea, 11), crustáceos (Ordem Decapoda, 13), aracnídeos

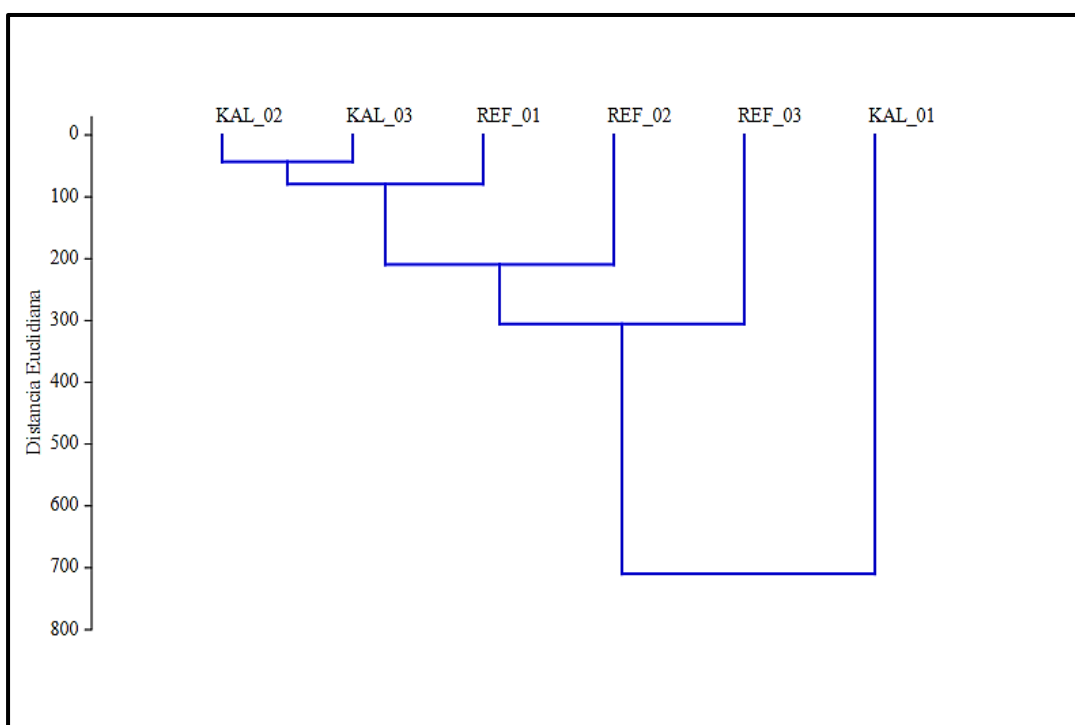
(Subfilo Acari, 12 e Família Araneae, 2), moluscos (Classe Bivalvia, 3 e Gastropoda, 25), nematóides (30) e platelmintos (classe Turbellaria, 2) Figura 12, (anexos 7, 8, 9 e 10).

Através da análise dos dendrogramas foi possível verificar a influência do gradiente longitudinal sobre a distribuição da comunidade de macroinvertebrados ao longo dos trechos dos igarapés Kalunga e Referência. Com relação à distribuição dos táxons entre os igarapés estudados, a análise de agrupamento baseada na abundância da comunidade de macroinvertebrados formou cinco grupos distintos (Figura 16a). O dendrograma evidenciou uma grande similaridade entre os trechos dos igarapés Kalunga 02 e Kalunga 03 que formaram o primeiro grupo. Em seguida, três grupos foram formados por apenas um trecho do igarapé Referência, com a mesma sequência do



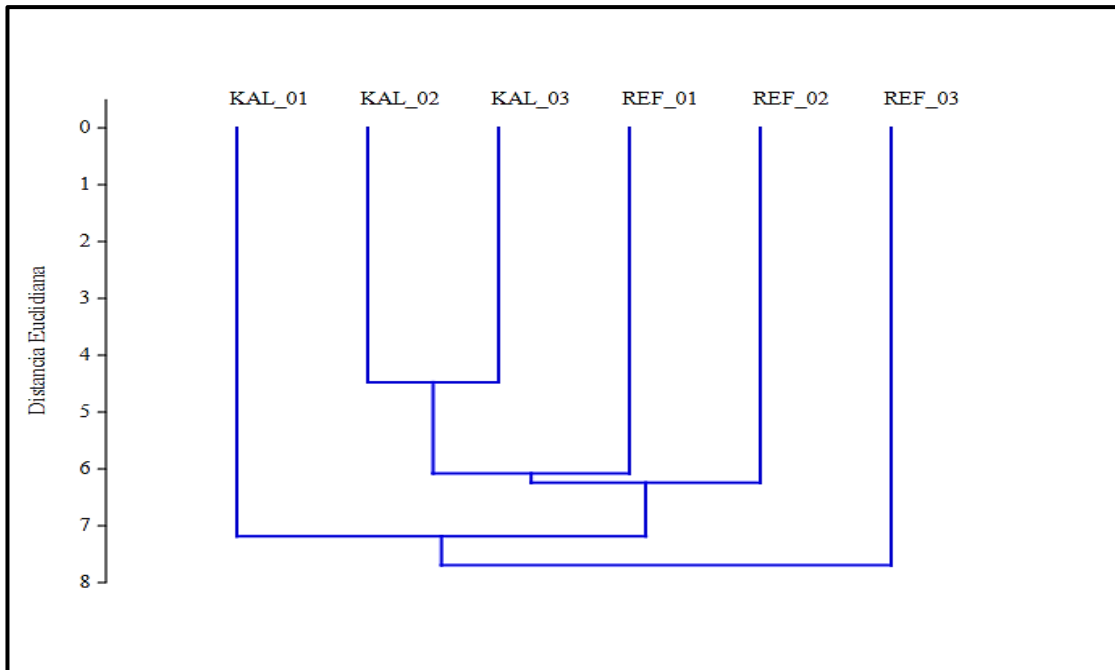
gradiente longitudinal (01, 02, 03). O último grupo formado (Kalunga 01) apresenta-se mais distinto, com valor mais elevado de abundância de macroinvertebrados.

**Figura 15.** Classificação Taxonômica dos Macroinvertebrados Bentônicos coletados nos trechos dos igarapés Kalunga (01, 02, 03) e Referência (01, 02, 03) ao longo de um gradiente longitudinal. Siglas: REF\_01= Referência 01; REF\_02=Referência\_02; REF\_03=Referência 03; KAL\_01=Kalunga\_01; KAL\_02=Kalunga-02; KAL\_03= Kalunga 03. Obs: as ordens pertencentes a classe Insecta foram representadas com barras que apresentam bordas na cor preta. Os resultados foram obtidos a partir do somatório das amostragens referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).



**Figura 16a.** Análise de agrupamento (distância euclidiana) para os trechos do igarapé Kalunga e Referência, realizada com abundância total de macroinvertebrados em trechos impactados por carreamento de sedimentos antropogênicos (Kalunga 02 e Kalunga 03) e trechos não impactados (Kalunga 01, Referência 01, Referência 02 e Referência 03). Legenda: REF\_01=Referência 01; REF\_02=Referência 02; REF\_03=Referência 3; KAL\_01= Kalunga 01; KAL\_02= Kalunga 02; KAL\_03= Kalunga 03.

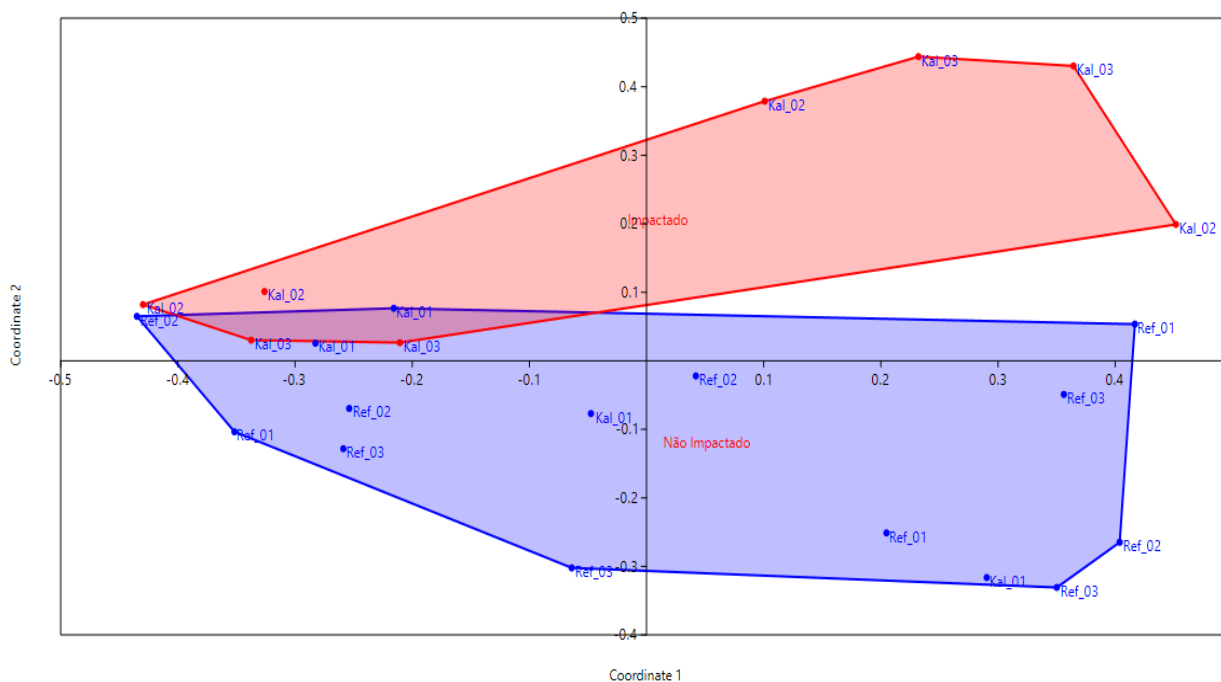
A distribuição taxonômica dos macroinvertebrados entre os igarapés estudados baseada na análise de agrupamento com dados de ocorrência dos táxons também formou cinco grupos distintos (Figura 16b). O dendrograma evidenciou uma grande similaridade entre os trechos dos igarapés Kalunga 02 e Kalunga 03 que formaram o primeiro grupo. Em seguida, quatro grupos foram formados pelos trechos de igarapé Referência 01 e 02, Kalunga 01 e por último o trecho Referência\_03 que apresentou a maior valor de riqueza em táxons.



**Figura 16b.** Análise de agrupamento (distância euclidiana) baseada na ocorrência de macroinvertebrados para os trechos dos igarapés Kalunga e Referência. Legenda: REF\_01=Referência 01; REF\_02=Referência 02; REF\_03=Referência 3; KAL\_01= Kalunga 01; KAL\_02= Kalunga 02; KAL\_03= Kalunga 03. Os resultados foram obtidos a partir do somatório das amostragens referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).

Foi possível identificar diferenças significativas com relação à abundância (ANOSIM,  $R=0,2001$  ,  $p=0,0159$ ) e à ocorrência (ANOSIM,  $R=0,3337$ ,  $p=0,0007$ ) dos táxons entre os trechos dos dois igarapés estudados. A análise de coordenadas principais (ACoP) demonstra graficamente os resultados obtidos através das análises de similaridade da abundância (Figura 17) e de presença e ausência (Figura 18) de táxons.

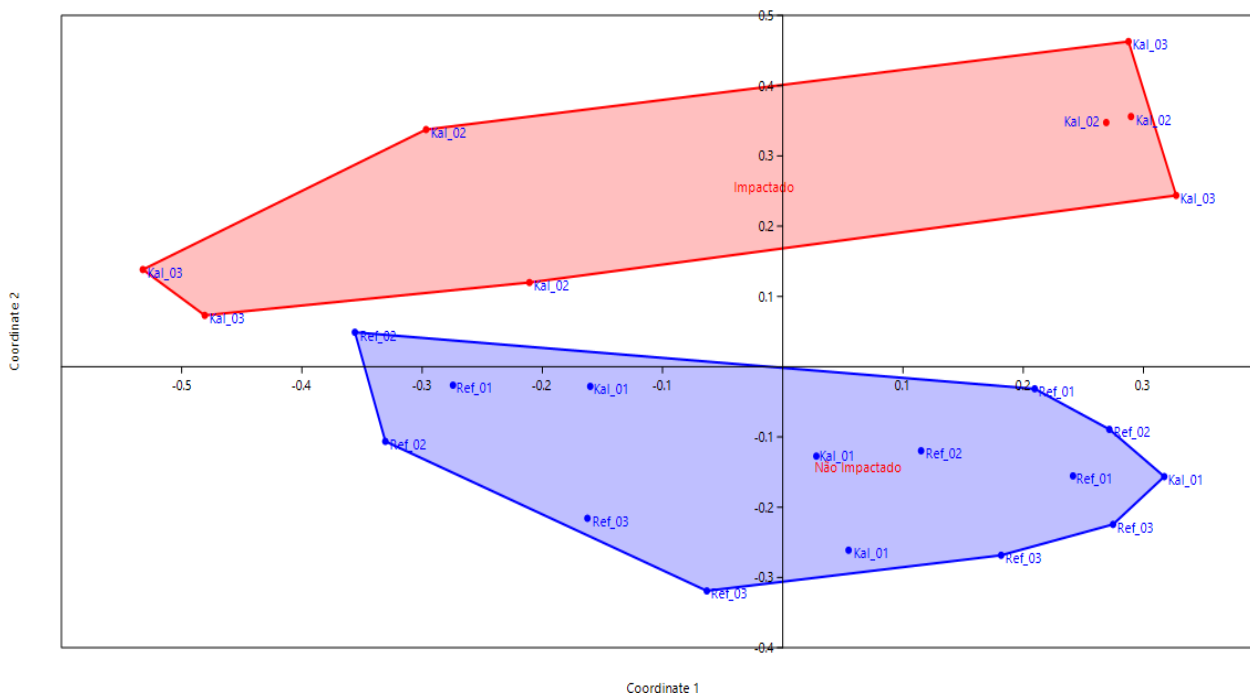
Na Figura 17, a ACoP apresenta uma pequena área de sobreposição dos polígonos e o valor de  $R$  inferior a 0,25 indica que os grupos impactado e não impactado são indistintos.



**Figura 17.** Análise de Coordenadas Principais baseada nos dados de abundância total (matriz de Bray Curtis) da comunidade de macroinvertebrados dos trechos estudados dos igarapés Kalunga e Referência. O polígono em vermelho representa a distribuição da fauna em trechos impactados e o polígono em azul representa a distribuição da fauna em trechos não impactados. Legenda: REF\_01=Referência 01; REF\_02=Referência 02; REF\_03=Referência 03; KAL\_01= Kalunga 01; KAL\_02= Kalunga 02; KAL\_03= Kalunga 03.

Na Figura 18, ACoP evidencia uma separação entre os grupo impactado e não impactado, o valor de R superior a 0,25, indica uma distinção. Nos trechos de igarapé impactados (Kalunga 01 e Kalunga 02) a ocorrência se deu basicamente por integrantes da ordem Díptera, principalmente da Família Chironomidae.

Os trechos não impactados apresentaram-se mais diversos com a ocorrência de várias ordens principalmente da classe insecta como: Hemíptera, Trichoptera e Coleóptera.

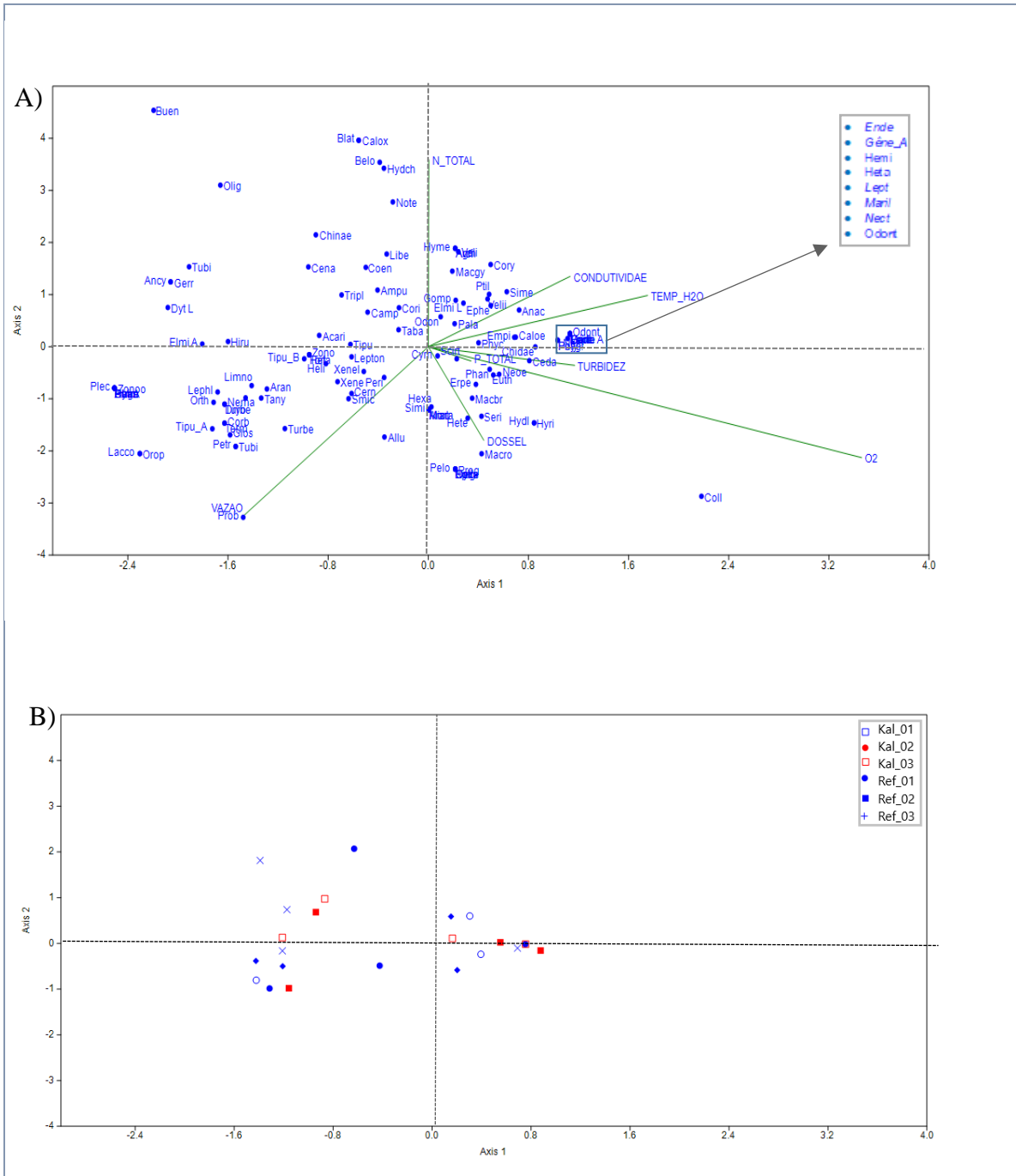


**Figura 18.** Análise de Coordenadas Principais baseada nos dados de presença e ausência (matriz de Jaccard) da comunidade de macroinvertebrados dos trechos estudados dos igarapés Kalunga e Referência. O polígono em vermelho representa a distribuição da fauna em trechos impactados e o polígono em azul representa a distribuição da fauna em trechos não impactados. Legenda: REF\_01=Referência 01; REF\_02=Referência 02; REF\_03=Referência 3; KAL\_01= Kalunga 01; KAL\_02= Kalunga 02; KAL\_03= Kalunga 03.

#### 4.5 Relação entre as variáveis abióticas e os macroinvertebrados bentônicos

A Análise de Correspondência Canônica (Figura 19) indicou pouca correlação entre as variáveis limnológicas, o dossel e os macroinvertebrados bentônicos coletados nos igarapés Kalunga e Referência. Apenas o primeiro eixo da análise pôde ser interpretado ( $p < 0,05$ ), apresentando 35,85 % da explicação total da variância. As variáveis que apresentaram maior correlação com o primeiro eixo foram a turbidez, P-Total, temperatura da água e condutividade elétrica. As larvas da Família Dytiscidae apresentam uma correlação negativa com a turbidez, enquanto que os indivíduos das Famílias Ceratopogonidae e Chironomidae apresentam uma correlação positiva. Os táxons da Ordem Hemiptera, das Famílias Empididae, Leptoceridae e Odontoceridae e os gêneros *Enderleina sp.*, Genêro-A (morfortipo da Família Leptoceridae), *Hetaerina sp.*, *Marilia sp.* e *Nectopsyche sp.* parecem estar correlacionados não somente à turbidez mas também a temperaturas mais elevadas da água. Os táxons pertencentes às Famílias Scirtidae, Euthyplociidae, e os gêneros *Neelmis sp.*, *Phanoceroides sp.* apresentam uma

correlação positiva com o oxigênio dissolvido e o P-Total. O gênero *Cynrellus* sp. apresenta correlação positiva com dossel. Valores mais elevados de turbidez, condutividade elétrica e temperatura foram observados nos trechos impactados.



**Figura 19-** Análise de Correspondência Canônica (ACC) com a ordenação das variáveis abióticas e bióticas (A) e os trechos dos igarapés (B) Referência (1,2,3) e Kalunga (1,2,3). Apenas o primeiro eixo apresenta valor significativo ( $p < 0,05$ ) com 35,85% da explicação total da variância. Siglas dos trechos dos igarapés: REF\_01=Referência 01; REF\_02=Referência\_02; REF\_03=Referência 03; Kal\_01=Kalunga\_01; Kal\_02=Kalunga-02; Kal\_03=Kalunga=03. As abreviaturas dos táxons presentes na ACC estão disponíveis anexo 11.

A Análise de Correspondência Destendenciada (DCA) indica que a abundância e a ocorrência dos táxons estão altamente correlacionadas com os componentes do leito. Na Figura 20, a DCA realizada através de uma matriz de abundância com os componentes do leito (substratos) explicou 93,54% da variação total dos dados com os dois primeiros eixos (Anexo 12). A análise evidencia uma forte correlação da maioria dos táxons (+ de 70%) com os componentes inorgânicos do leito: areia, cascalho, pedra, silte e argila. Os táxons sobrepostos nesta ordenação indicam o compartilhamento de requerimentos semelhantes com relação ao substrato. Com relação aos substratos orgânicos, o folhiço é o que apresenta correlação com maior número de táxons dentre os quais estão os indivíduos da Classe Oligochaeta, das Famílias Odontoceridae, Sericostomatidae, Hyriidae e dos gêneros *Bueona* sp., *Macrobrachium* sp. e *Macrogynoplax* sp. A Família Noteridae apresenta-se correlacionada ao substrato tronco e os gêneros *Cyrnellus* sp. e *Erpetogomphus* sp. apresentam-se correlacionados ao substrato raiz.

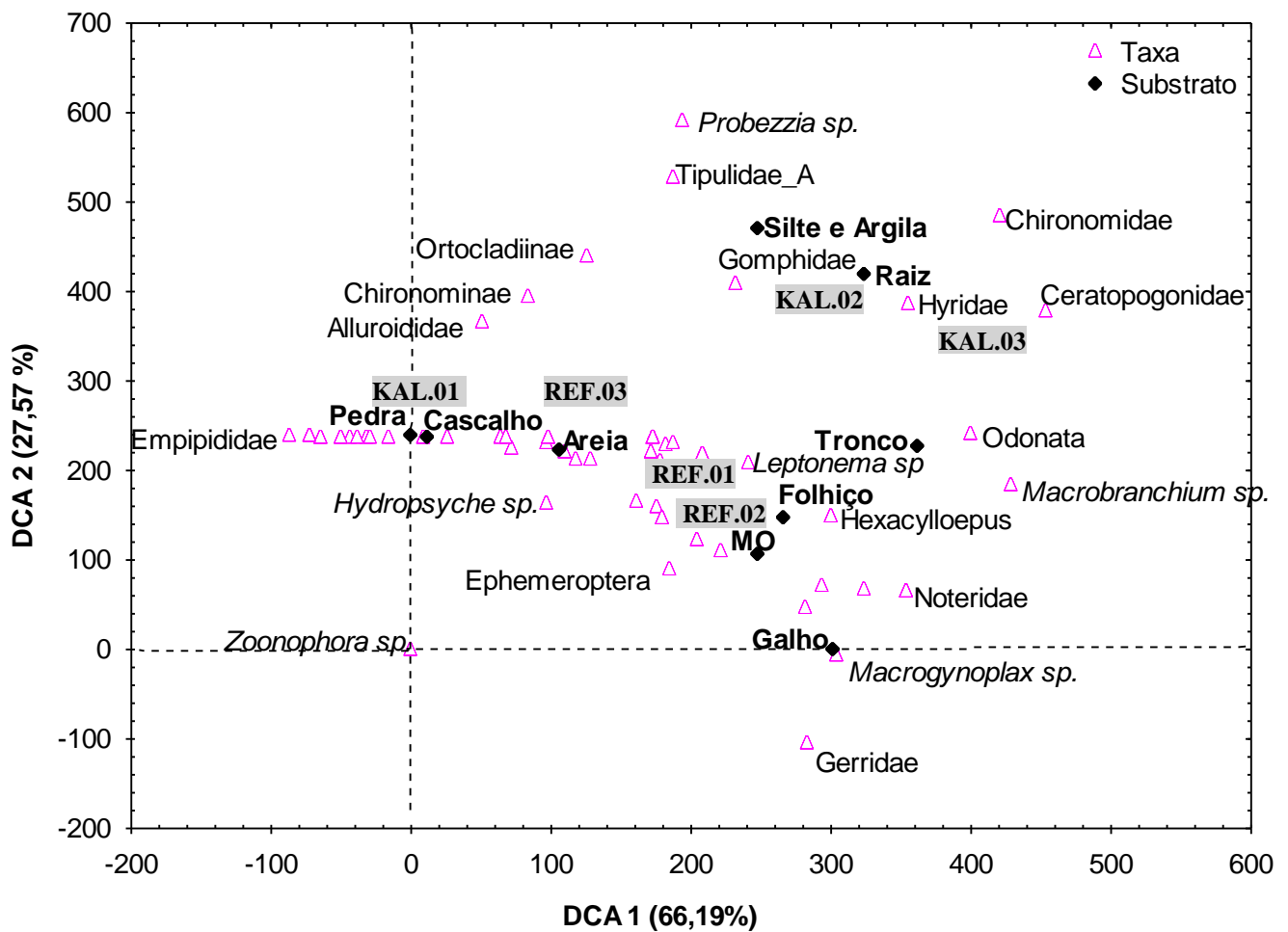
Na Figura 21, a DCA realizada através de uma matriz de presença e ausência de táxons indica uma alta correlação dos táxons com os substratos. A análise explica 93,73% da variação total dos dados com os dois primeiros eixos (Anexo 13). A maior parte dos táxons apresenta correlação com os componentes inorgânicos do leito, com exceção do componente silte e argila. Apenas os táxons da Família Gomphidae, um morfotipo da Família Tipulidae e o gênero *Probezzia* sp. apresentaram-se correlacionados com este substrato.

A composição dos substratos foi determinante para distribuição dos táxons nos trechos de igarapé. Os trechos do igarapé Referência apresentaram maior heterogeneidade espacial com distribuição mais equitativa de substratos, o que favoreceu uma maior ocorrência de macroinvertebrados. O trecho Referência\_01 foi composto por 7 substratos: raiz, tronco, galho, com predominância de folhiço, areia, matéria orgânica e cascalho. O trecho Referência\_02 foi composto por 8 substratos: galho, matéria orgânica, raiz, silte e argila, tronco com predominância de areia, cascalho e folhiço. O trecho Referência\_03 apresentou maior variedade de substratos, 9 substratos: galho, matéria orgânica, pedra, raiz, silte e argila, tronco, com predominância de areia, cascalho e folhiço.

O leito do igarapé Kalunga foi composto predominantemente por material inorgânico. O trecho Kalunga\_01 foi composto por 6 substratos: folhiço, pedra, raiz e tronco e







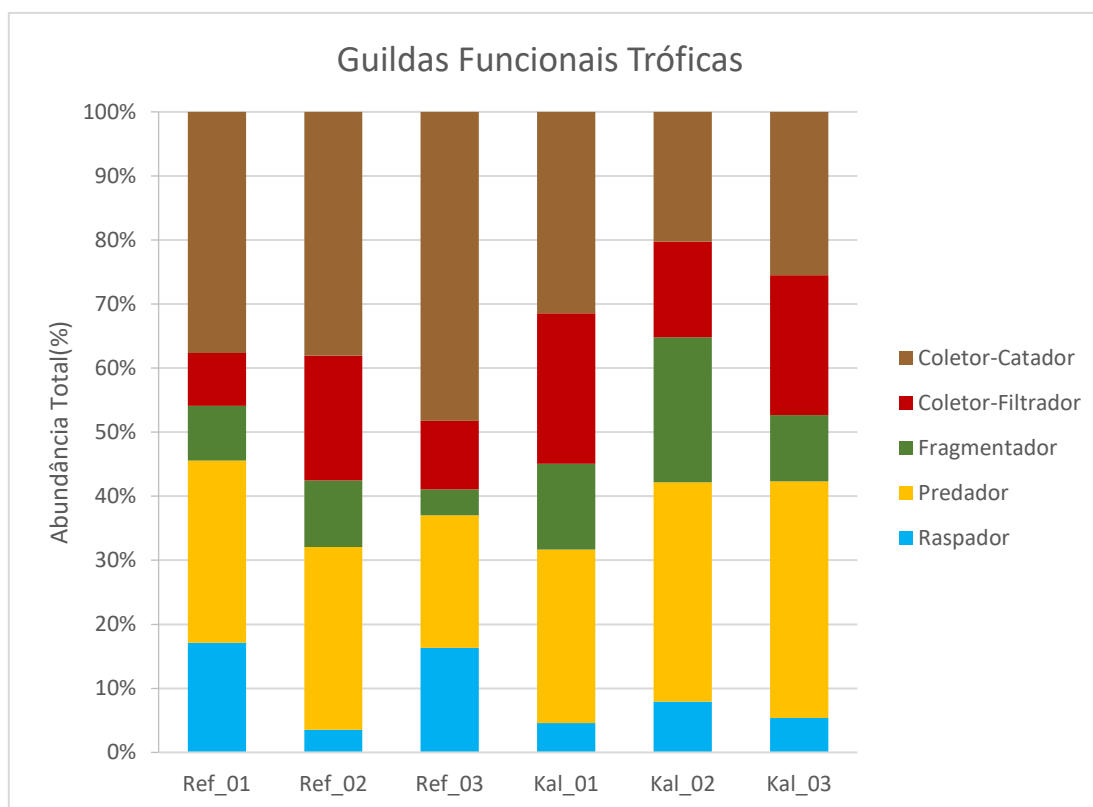
**Figura 21.** Análise de Correspondência Destendenciada (DCA) com uma matriz de Correlação de Pearson com os dados de presença e ausência (matriz binária de 0 ou 1) de macroinvertebrados bentônicos e os valores dos substratos em % (obtidos através da metodologia do “quadrat”) dos trechos 01, 02, 03 dos igarapés Kalunga e Referência.

#### 4.6 Categorização Trófica da Comunidade de Macroinvertebrados Bentônicos

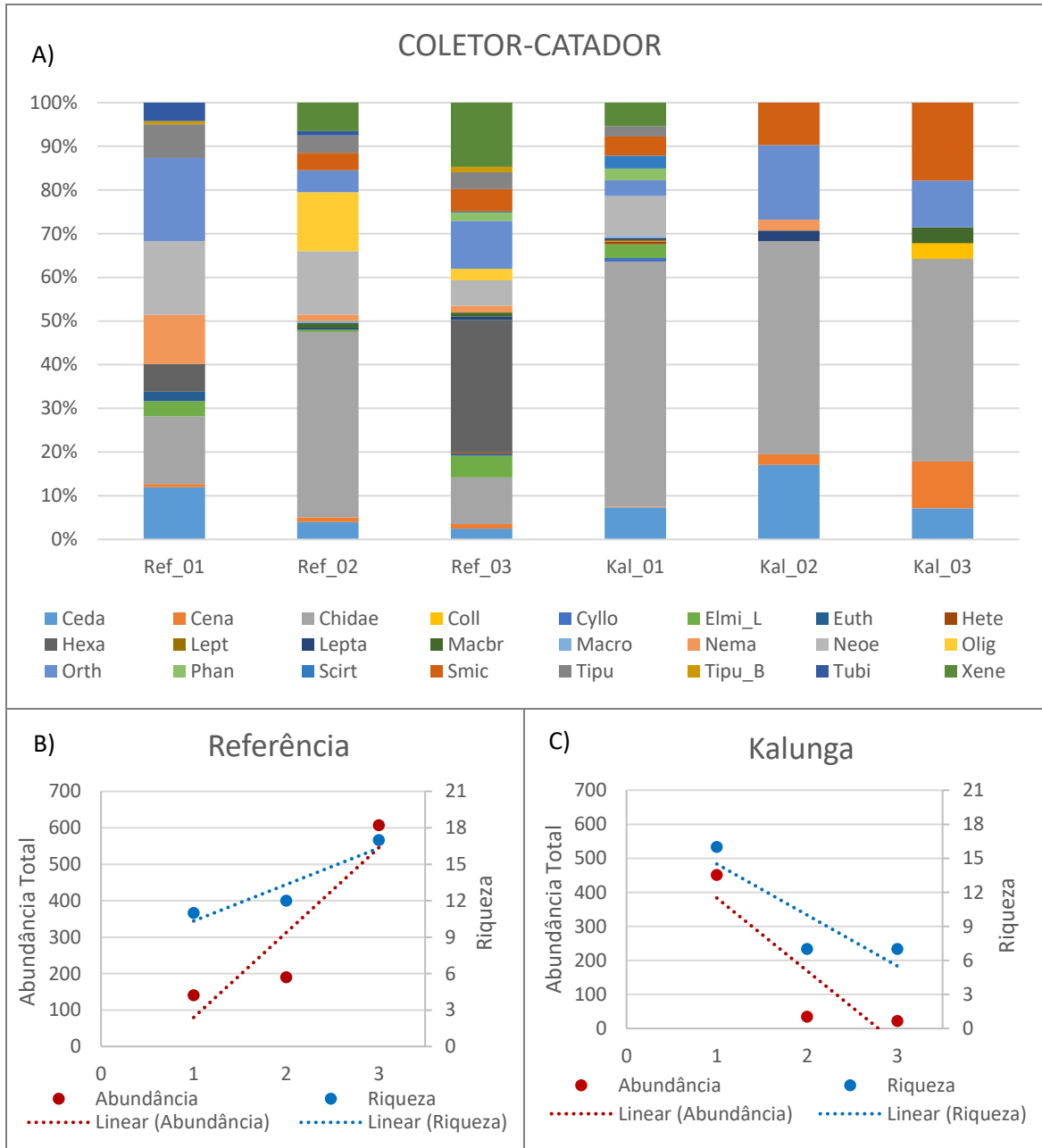
A maior parte dos táxons coletados pertence à guilda trófica dos Coletores-Catadores, correspondendo ao total de 38 % dos organismos, seguida dos Predadores (26%), Coletores-Filtradores (17 %), Fragmentadores (10 %) e Raspadores (9 %), (Figura 19). Nos trechos não impactados (Referência 01, 02, 03 e Kalunga 01) a comunidade foi composta predominantemente por coletores catadores, nos trechos impactados houve uma contribuição proporcionalmente maior de predadores (Figura 22).

Os resultados do Teste T e do teste correspondente não paramétrico Mann-Whitney evidenciaram uma diferença significativa de abundância e riqueza em quase todas as guildas tróficas dos trechos impactados quando comparados aos não impactados, com exceção da dos Coletores-Filtradores (Tabela 15).

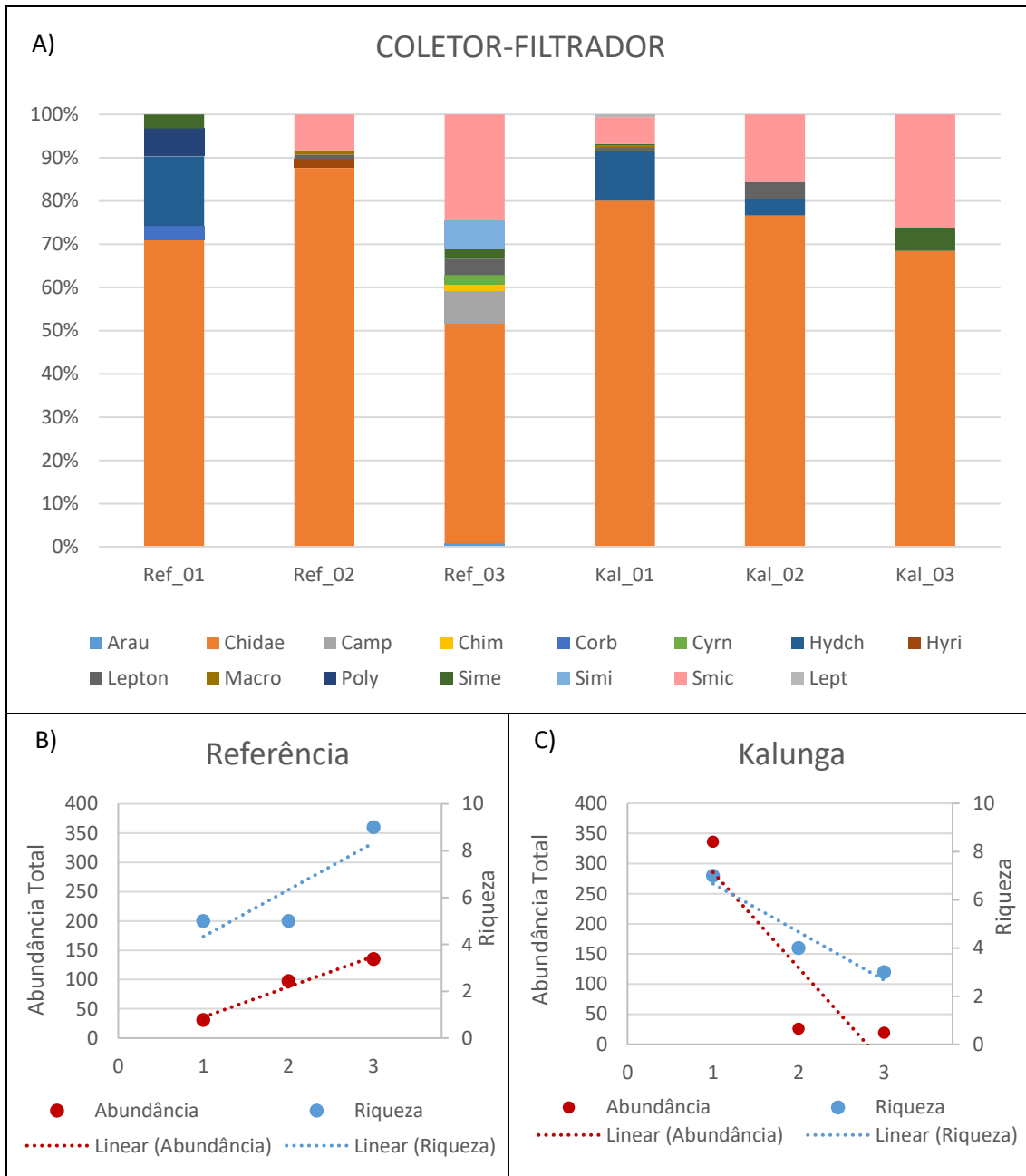
De uma forma geral o igarapé Referência apresentou um aumento de riqueza e abundância ao longo do gradiente longitudinal em contrapartida o igarapé Kalunga apresentou uma redução em todos os grupos tróficos do trecho natural para os trechos impactados. As Figuras 23, 24, 25, 26 e 27 indicam respectivamente a distribuição dos táxons entre as guildas tróficas dos Coletores-Catadores, Coletores-Filtradores, Fragmentadores, Predadores e Raspadores, e a distribuição de abundância e riqueza dentro dos grupos. A categorização dos táxons coletados em grupos funcionais tróficos se encontra no anexo 14.



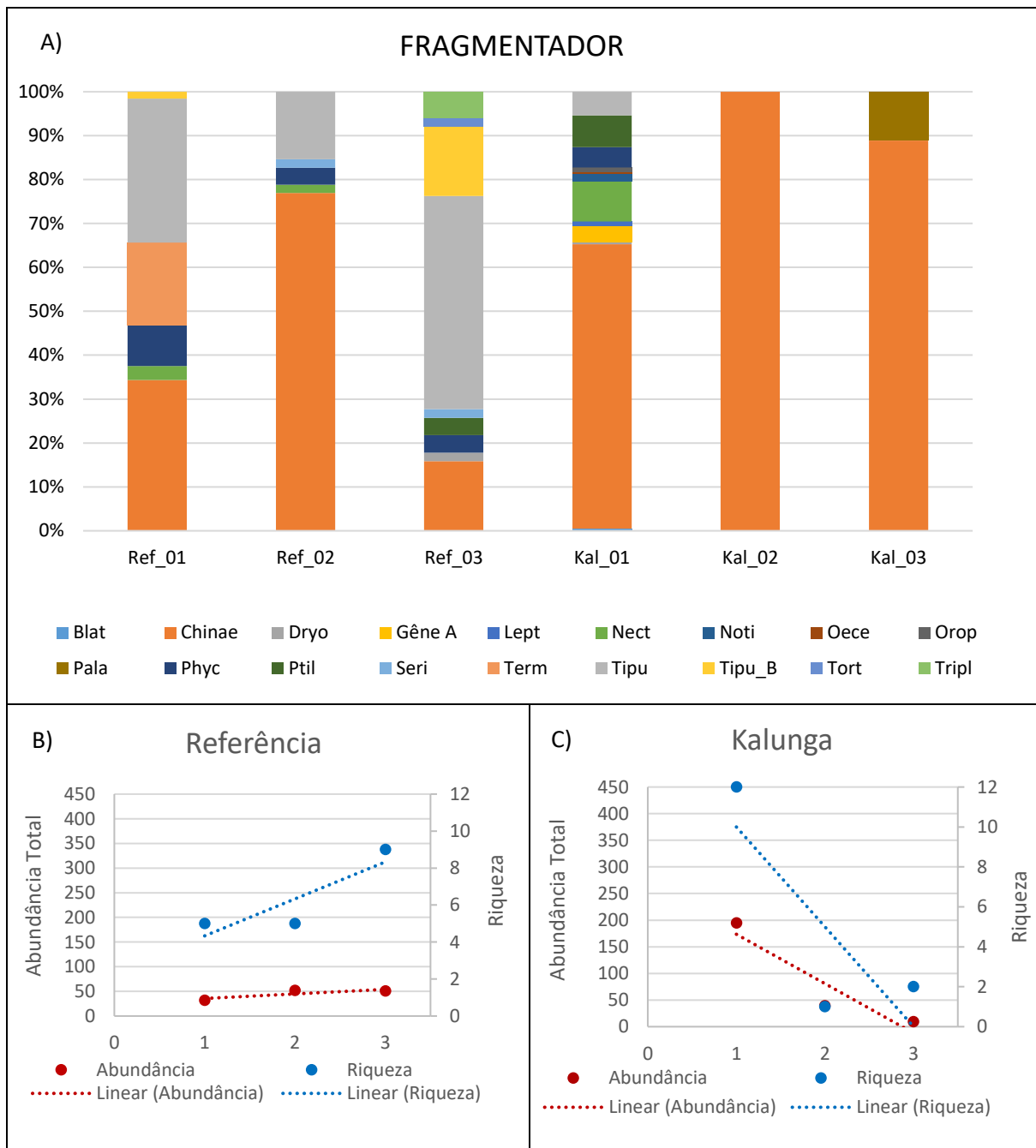
**Figura 22.** Categorização da comunidade de macroinvertebrados bentônicos dos trechos dos igarapés Kalunga (01, 02, 03) e Referência (01, 02, 03) em grupos funcionais tróficos, representados em percentuais de abundância. Os resultados foram obtidos a partir do somatório das amostragens referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).



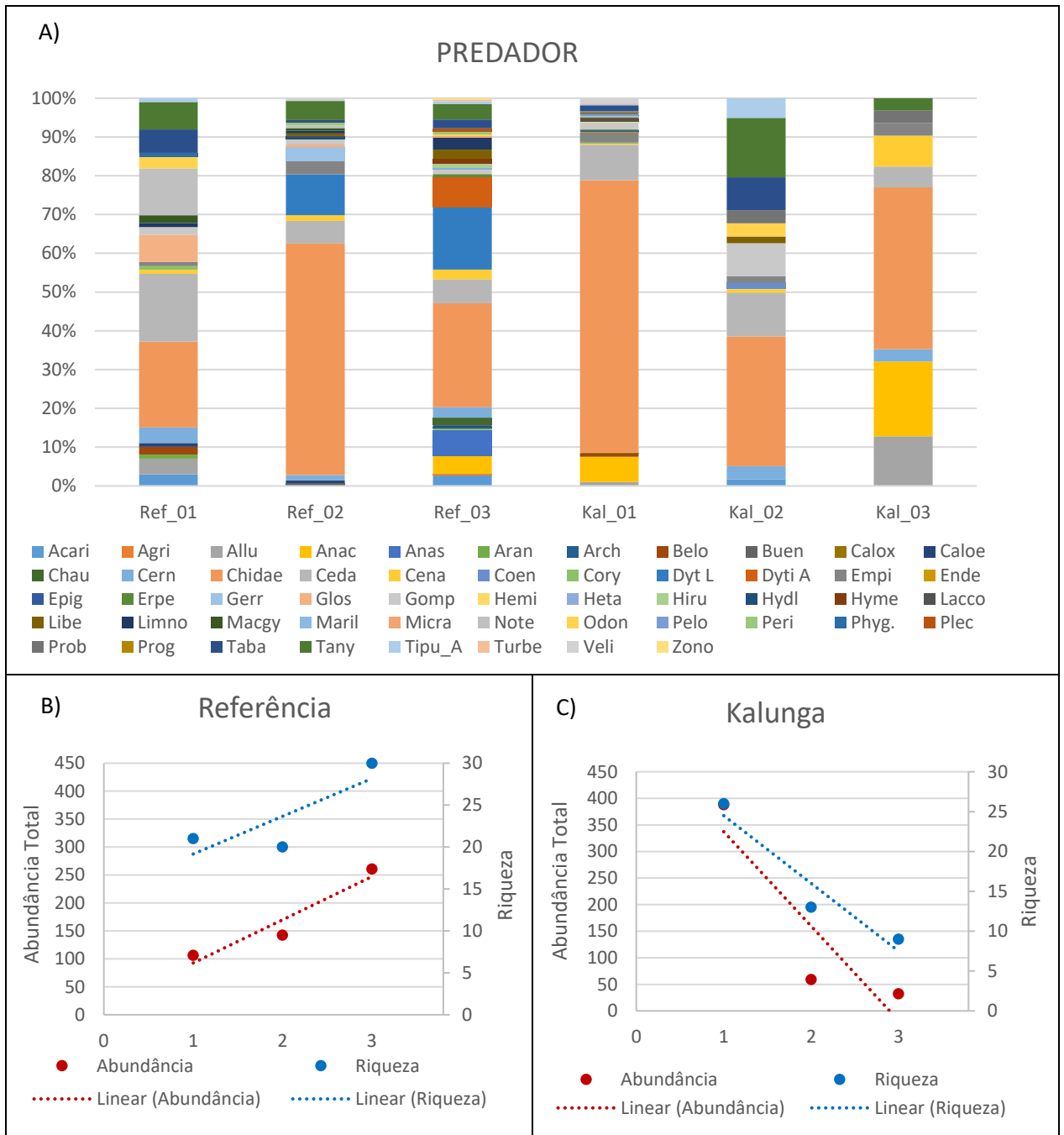
**Figura 23.** Distribuição da abundância dos táxons enquadrados na categoria trófica de Coletor-Catador nos trechos dos igarapés Kalunga ( 01, 02, 03 ) e Referêncã ( 01, 02, 03 ) (A) e a distribuição da abundância e da riqueza desta categoria ao longo de um gradiente longitudinal no igarapé Referêncã (B) e Kalunga (C). As abreviaturas dos táxons presentes no gráfico se encontram no anexo 11. Os resultados foram obtidos a partir do somatório das amostragens referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).



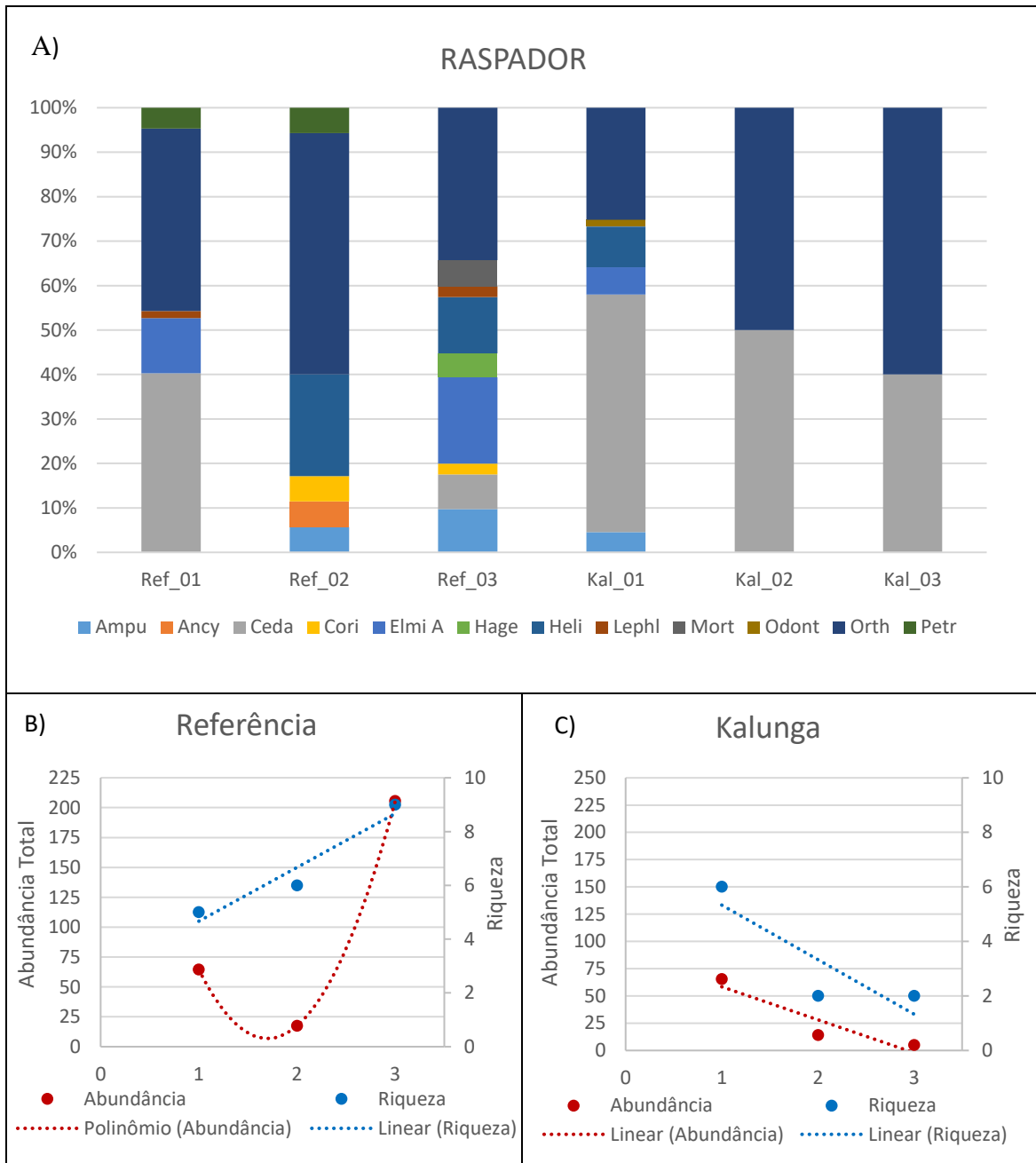
**Figura 24.** Distribuição da abundância dos táxons enquadrados na categoria trófica de Coletor Filtrador nos trechos dos igarapés Kalunga ( 01, 02, 03 ) e Referência ( 01, 02, 03 ) (A) e a distribuição da abundância e da riqueza desta categoria ao longo de um gradiente longitudinal no igarapé Referência (B) e Kalunga (C). As abreviaturas dos táxons presentes no gráfico se encontram no anexo 11. Os resultados foram obtidos a partir do somatório das amostragens referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).



**Figura 25.** Distribuição da abundância dos táxons enquadrados na categoria trófica de Fragmentador nos trechos dos igarapés Kalunga ( 01, 02, 03 ) e Referência ( 01, 02, 03 ) (A) e a distribuição da abundância e da riqueza desta categoria ao longo de um gradiente longitudinal no igarapé Referência (B) e Kalunga (C). As abreviaturas dos táxons presentes no gráfico se encontram no anexo 11. Os resultados foram obtidos a partir do somatório das amostragens referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).



**Figura 26.** Distribuição da abundância dos táxons enquadrados na categoria trófica Predador nos trechos dos igarapés Kalunga (01, 02, 03) e Referência ( 01, 02, 03 ) (A) e a distribuição da abundância e da riqueza desta categoria ao longo de um gradiente longitudinal no igarapé Referência (B) e Kalunga (C). As abreviaturas dos táxons presentes no gráfico se encontram no anexo 11. Os resultados foram obtidos a partir do somatório das amostragens referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).



**Figura 27.** Distribuição da abundância dos táxons enquadrados na categoria trófica Raspador nos trechos dos igarapés Kalunga ( 01, 02, 03) e Referência ( 01, 02, 03 ) (A) e a distribuição da abundância e da riqueza desta categoria ao longo de um gradiente longitudinal no igarapé Referência (B) e Kalunga (C). As abreviaturas dos táxons presentes no gráfico se encontram no anexo 11. Os resultados foram obtidos a partir do somatório das amostragens referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).



**Tabela 15.** Sumário dos testes T e Mann Whitney referentes à riqueza e a abundância das guildas tróficas de Coletores-Catadores, Coletores-Filtradores, Fragmentadores, Predadores e Raspadores dos trechos impactados do igarapé Kalunga (02 e 03) e dos trechos preservados dos igarapés Kalunga (01) e Referência (01, 02 e 03). **Legenda:** Valores em negrito representam diferenças significativas. Abreviaturas: Col-Cat=Coletor-Catador, Col-Fil=Coletor-Filtrador, Frag.=Fragmentador, Pred.=Predador, Rasp.=Raspador.

Teste est. / Grupos Tróficos	Shapiro wilk		Levene test	t	Teste T		Mann-Whitney		
	W	p	p		GL	p	U	z	p
<b>Col-Cat.</b>									
Abundância	0,9787	0,8835	0,3631	8,64	22	<b>1,599 * 10<sup>-8</sup></b>	-	-	-
Riqueza	0,9106	<b>0,04196</b>	0,8978	-	22	-	12,0	-3,1016	<b>0,00192</b>
<b>Col-Fil.</b>									
Abundância	0,9359	0,1465	0,3081	1,86	22	0,769	-	-	-
Riqueza	0,788	<b>0,00024</b>	0,3053	-	22	-	39,5	-1,3992	0,1617
<b>Frag.</b>									
Abundância	0,9103	<b>0,0415</b>	0,1564	-	22	-	27,5	-2,0847	<b>0,0370</b>
Riqueza	0,8252	<b>0,00099</b>	<b>0,01468</b>	-	22	-	11,0	-3,264	<b>0,001</b>
<b>Pred.</b>									
Abundância	0,9565	0,3963	0,1793	2,91	22	<b>0,0084</b>	-	-	-
Riqueza	0,9074	<b>0,0225</b>	0,2372	-	22	-	22,0	-2,4486	<b>0,0143</b>
<b>Rasp.</b>									
Abundância	0,9631	0,528	0,4505	5,1686	22	<b>4,029*10<sup>-5</sup></b>	-	-	-
Riqueza	0,8634	<b>0,004</b>	0,004	-	22	-	12,0	-3,264	<b>0,001</b>

#### 4.7 Avaliação de atributos de igarapés associados a funções ecossistêmicas com base em aspectos funcionais dos macroinvertebrados

A avaliação de atributos dos igarapés foi realizada com base nas razões entre as proporções dos grupos tróficos descritos na Tabela 16 (Merrit & Cummis 2005). Com base nesta classificação é possível inferir que os trechos de igarapés com maior nível de heterotrofia neste estudo são os trechos Kalunga 01 e Referência 02; e os trechos com menor nível de heterotrofia são os trechos Referência 01 e Referência 03. Os trechos impactados Kalunga 02 e Kalunga 03 ocupam uma posição intermediária com relação a

esta classificação. Com relação a disponibilidade de Matéria Orgânica em Suspensão o trecho de igarapé que apresentou valor mais elevado, indicando elevada concentração foi o trecho Kalunga\_02 com valor de razão de 0,64. Para avaliação da disponibilidade de Matéria Orgânica em Suspensão a razão entre os grupos foi mais elevada nos trechos do igarapé Kalunga (01, 02 e 03) quando comparada aos trechos do igarapé Referência (01, 02 e 03). Na avaliação dos substratos, os trechos de igarapé com substratos mais estáveis são Kalunga 01 e Kalunga 03. Com relação ao controle ascendente, todos os trechos dos igarapés ultrapassaram os valores esperados para esta avaliação, entretanto os trechos Referência 03 e os impactados Kalunga 02 e Kalunga 03 apresentam uma relação maior do que todos os outros trechos, mas o trecho impactado Kalunga 03 apresentou uma relação duas vezes maior que Referência 03 (Tabela 16).

**Tabela 16.** Estimativa de funções ecossistêmicas baseada em razões entre grupos funcionais tróficos de macroinvertebrados bentônicos nos trechos dos igarapés Kalunga e Referência (01, 02, 03). Os resultados foram obtidos a partir do somatório das amostragens referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017). Abreviaturas: Col-Cat= Coletor-Catador, Col-Fil= Coletor-Filtrador, Coletores= Coletor-Catador + Coletor-Filtrador, Frag.= Fragmentador, Pred.= Predador, Rasp.= Raspador, PPB= Produção Primária Bruta, R= Respiração, MOPF= Matéria Orgânica Particulada Fina, MOPG= Matéria Orgânica Particulada Grossa, MOS= Matéria Orgânica em Suspensão, MOE= Matéria Orgânica Estocada.

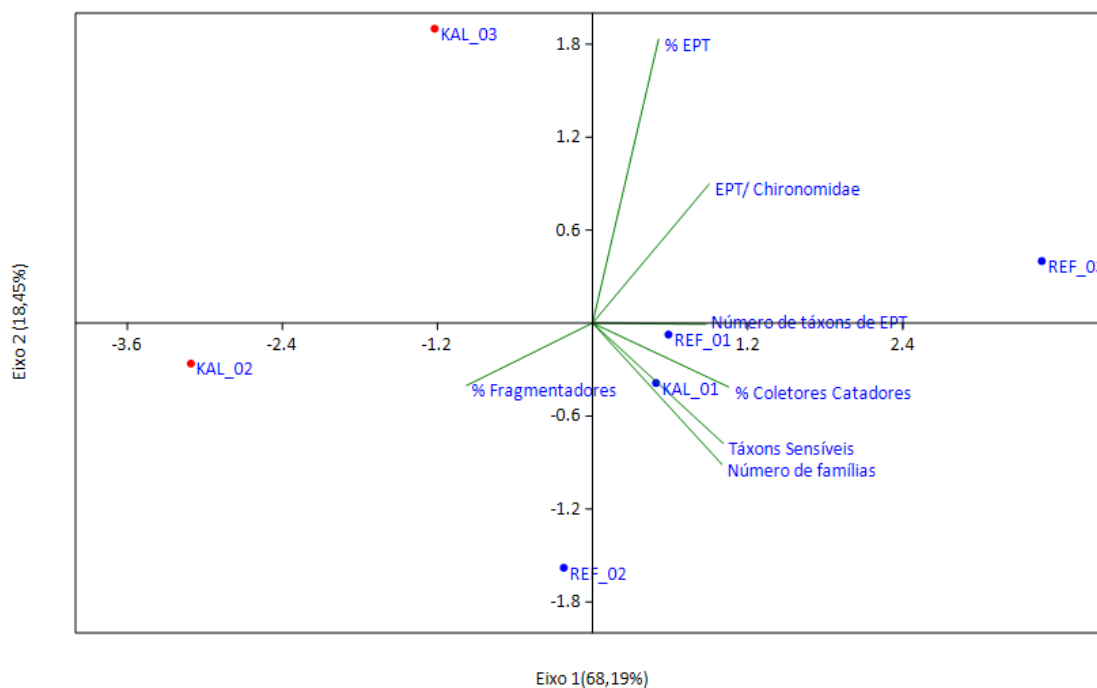
Atributos	Razão entre os Grupos Tróficos	Ref 01	Ref 02	Ref 03	Kal 01	Kal 02	Kal 03
<b>PPB/R</b>	<b>Rasp./Frag. + Coletores</b>	0,27	0,08	0,26	0,07	0,14	0,09
<b>MOPF / MOPG</b>	<b>Frag./Coletores</b>	0,19	0,18	0,07	0,24	0,64	0,22
<b>MOS / MOE</b>	<b>Col-Fil./Col-Cat.</b>	0,22	0,51	0,22	0,75	0,74	0,86
<b>Estabilidade do Leito</b>	<b>Rasp. + Col-Fil. / Frag. + Col-Cat.</b>	0,50	0,51	0,52	0,63	0,53	0,76
<b>Controle Ascendente</b>	<b>Pred./ Coletores. + Frag. + Rasp.</b>	0,41	0,39	0,26	0,37	0,52	0,59

A avaliação da qualidade da água e da integridade biótica dos trechos dos igarapés Kalunga e Referência foi baseada no índice multimétrico elaborado por Couceiro *et al.* (2012) (Tabela 17). Os resultados foram ordenados em uma análise de componentes principais evidenciando um gradiente de qualidade ambiental, em que os trechos mais

preservados estão posicionados à direita, e à esquerda encontram-se os mais impactados (Figura 28). Nesta análise apenas o primeiro eixo pôde ser interpretado com 68,19 % de explicação da variação total dos dados (Anexo15). Com base nos scores da PCA e de acordo com a metodologia previamente descrita, os resultados da classificação dos trechos dos igarapés se encontram na Tabela 18.

**Tabela 17.** Avaliação da Qualidade ambiental dos trechos dos igarapés Kalunga e Referência (01, 02, 03), com base no índice multimétrico biótico para avaliação da integridade dos igarapés amazônicos de Couceiro (2012). Os resultados foram obtidos a partir do somatório das amostragens referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).

	<b>Ref_01</b>	<b>Ref_02</b>	<b>Ref_03</b>	<b>Kal_01</b>	<b>Kal_02</b>	<b>Kal_03</b>
<b>Métricas Bióticas</b>						
<b>Número de famílias</b>	27	30	36	27	10	12
<b>Número de táxons de EPT</b>	32	19	160	144	8	13
<b>Táxons sensíveis</b>	23	24	42	33	0	0
<b>EPT/ Chironomidae</b>	0,42	0,06	0,75	0,15	0,08	0,28
<b>% EPT</b>	8,51	3,73	12,67	9,97	4,65	14,29
<b>% Coletores Catadores</b>	38,00	37,00	48,00	31,00	20,25	25,48
<b>% Fragmentadores</b>	8,74	10,26	4,01	13,43	22,67	10,34



**Figura 28.** Análise de Componentes Principais com as métricas bióticas (Número de famílias, Número de táxons, Táxons Sensíveis, EPT/Chironomidae, % EPT, % Coletores Catadores, % Fragmentadores) utilizadas para a determinação da qualidade da água e integridade biótica dos igarapés Kalunga e Referência. Siglas: Ref\_01 = Referência\_01; Ref\_02 = Referência\_02; Ref\_03 = Referência\_03; Kal\_01 = Kalunga\_01; Kal\_02 = Kalunga\_02; Kal\_03 = Kalunga\_03. Os resultados foram obtidos a partir do somatório das amostragens referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017).

**Tabela 18.** Avaliação da qualidade dos trechos estudados dos igarapés foi obtida a partir do somatório das amostragens referentes aos períodos de estiagem (setembro de 2014 e novembro de 2016) e de chuvas (abril de 2016 e 2017). A classificação foi elaborada pelos autores baseado nos aspectos bióticos da comunidade de macroinvertebrados.

Trechos dos igarapés	QUALIDADE AMBIENTAL
Referência 01	Muito bom
Referência 02	Regular
Referência 03	Muito bom
Kalunga 01	Bom
Kalunga 02	Muito ruim
Kalunga 03	Ruim

## 5. DISCUSSÃO

As atividades de mineração na Serra de Carajás são atividades que potencialmente podem causar impactos aos ecossistemas aquáticos e terrestres, ainda que possam ser posteriormente mitigados pela implantação de atividades de restauração ambiental, quando não puderem ser objeto de prevenção. A compreensão dos efeitos destas atividades sobre os ecossistemas pode fornecer elementos para uma restauração mais eficiente, que permita uma melhor aproximação às condições ambientais anteriores ao impacto. Vários estudos recentes têm investigado os efeitos de atividades antrópicas sobre igarapés (Silva *et al.*, 2012; Bucci *et al.*, 2014; Bevilacqua, 2014; Panizon, 2016; Corrêa, 2017) e podem ser importantes para fornecer parâmetros que avaliem as condições destes ecossistemas. Dessa forma, com base em comparações entre igarapés em diferentes condições ambientais (ainda que as peculiaridades de cada tipo de igarapé sejam consideradas) foi possível concluir que um trecho do igarapé Kalunga apresentou alterações estruturais e limnológicas, redução de biodiversidade e de funções ecológicas.

### 5.1 Caracterização dos igarapés com base em aspectos estruturais e limnológicos

De uma forma geral, foi possível evidenciar diferenças entre os trechos impactados do igarapé Kalunga em relação aos trechos do igarapé Referência, que não foi impactado. Também foi possível verificar semelhanças entre o trecho preservado do igarapé Kalunga (Kalunga 01) e os trechos do igarapé Referência (Referência 01, 02 e 03), especialmente quando comparados aos trechos de igual ordem. As diferenças observadas com relação à integridade de habitat foram relacionadas às características da mata ciliar, presença de sedimento carregado, estrutura e escavação do barranco. As principais alterações foram observadas apenas no trecho Kalunga\_02. Enquanto os demais trechos do igarapé apresentaram vegetação composta por uma floresta madura contínua, o trecho Kalunga\_02 apresentou redução na largura e continuidade da mata. Parte da vegetação original foi suprimida em função do carregamento de sedimentos e substituída por gramíneas e capoeira de *Vismia* spp. e apresentou camadas esparsas de gramínea em barrancos com deslizamento, além de uma abertura de dossel ampliada.

Com relação ao substrato, os trechos preservados dos igarapés (Kalunga 01 e Referência 01, 02 e 03) apresentaram uma composição de substratos dentro do esperado

para estes tipos de corpos d'água (Pascoaloto, 2001). Os leitos foram compostos predominantemente por cascalho, pedra e folhiço e uma pequena ou inexpressiva fração de silte e argila foi encontrada. Por outro lado, os trechos impactados do igarapé apresentaram seu leito compostos predominantemente por silte e argila, o que pode ser um indicativo de soterramento de outros substratos e o que reduz a heterogeneidade de habitats destes ecossistemas. A redução do número de substratos pode afetar diretamente a comunidade de macroinvertebrados pois a variedade de microhabitat está diretamente relacionada ao número de guildas tróficas (Callisto & Esteves, 1995). A análise granulométrica indicou também a predominância das frações maiores de areia nos trechos do igarapé não impactado, variando de frações de areia muito grossa a média.

Em relação às variáveis físicas e químicas da água, os trechos impactados (Kalunga 02 e 03) apresentaram valores mais elevados de oxigênio dissolvido quando comparados aos trechos 01 e 02 do igarapé Referência, resultado semelhante ao encontrado em igarapés impactados de Coari, Amazonas por Goch (2007). A maior disponibilidade de oxigênio pode estar associada a uma menor disponibilidade de folhiço no substrato, reduzindo assim a sua depleção pela decomposição da matéria orgânica por fungos e bactérias (Walker, 1990). Uma das características de igarapés é apresentar baixos valores de condutividade elétrica, o que foi observado de forma geral nos trechos não impactados (Referência 01, 02, 03 e Kalunga 01). Entretanto, os trechos impactados apresentaram valores estatisticamente diferentes e mais elevados de condutividade elétrica. Uma vez que o carreamento de sedimentos resulta em aumento de sólidos em suspensão, conseqüentemente o impacto resultará em aumento da condutividade elétrica nos igarapés impactados (Couceiro, 2009a).

Já os valores de pH apresentaram-se mais ácidos nos trechos de igarapé localizados no início do gradiente longitudinal (Referência 01 e Kalunga 01) e se tornaram mais elevados ao final dele. De uma forma geral os trechos não impactados apresentavam-se mais ácidos e os trechos impactados apresentavam-se mais neutros a alcalinos. A acidez dos igarapés é resultante da produção de ácidos húmicos decorrentes da decomposição da matéria orgânica alóctone (Junk, 1984), que é substituída pela autóctone ao longo de um transecto longitudinal de um riacho (Vannote, 1980). Embora não tenham sido detectadas diferenças significativas com relação à concentração de matéria orgânica no substrato, houve diferença na disponibilidade de substratos orgânicos. Este trecho apresentou em seu leito uma proporção diferente de matéria

orgânica, com uma proporção maior de raízes e troncos quando comparado a todos os outros trechos de igarapé. A menor proporção de folhíço na composição da matéria orgânica, quando comparado ao restante do material alóctone, pode ter favorecido ao aumento de pH. Além disso, o substrato também pode ter influenciado os valores de pH, um estudo desenvolvido por Couto *et al.*, (2016) no Sudoeste da Amazônia indicou uma correlação positiva entre o aumento dos valores de silte e argila com o pH.

A diferença significativamente menor de fósforo total encontrada no trecho de igarapé Kalunga 03 pode estar associada ao elevado aporte de argila encontrado em seu leito. Em ecossistemas aquáticos continentais oxigenados, o fosfato pode ser adsorvido por argilas precipitando-se, o que resulta em sua imobilização no sedimento, afetando diretamente a produtividade do igarapé, uma vez que o fósforo pode ser o fator limitante para produção primária (Esteves, 1998).

Com relação à temperatura d'água, a diferença significativa entre os valores registrados no igarapé Kalunga e Referência está associada à redução da cobertura do dossel no trecho Kalunga\_02. A redução do sombreamento no trecho Kalunga\_02 resultou em elevação da temperatura, principalmente nos períodos de estiagem. Em setembro de 2014, a temperatura do trecho Kalunga\_02 atingiu valor máximo 30,4 °C, nos outros trechos de igarapé o valor máximo atingido foi de 26,0 °C, registrado no trecho Referência\_01, em abril de 2016.

A ausência de diferenças significativas com relação à turbidez se deve provavelmente ao tempo decorrido após o impacto (ocorrido em 2010) e/ou ao aumento da turbidez no período de chuvas, que ocorre naturalmente em alguns ecossistemas preservados (Esteves, 2011). Desta forma a elevação da turbidez nos trechos não impactados pode ter mascarado e/ou minimizado as diferenças entre os trechos em diferentes condições ambientais. A turbidez muitas vezes é considerada como o descritor mais importante de alterações em ecossistemas com elevada entrada de sedimentos (Raposo *et al.*, 2009). Os impactos relacionados ao aumento de turbidez em função do carreamento de sedimentos finos, podem causar uma redução da produção primária.

O aumento de sólidos em suspensão (turbidez) também pode ter uma correlação negativa com os organismos bentônicos, especialmente do grupo Coletores-Filtradores. Entretanto, os resultados obtidos neste estudo não corroboram esta relação. O Teste T indicou ausência de diferenças significativas com relação à riqueza de táxons e

abundância do grupo de Coletores-Filtradores encontrados nos trechos impactados e não impactados dos igarapés Kalunga e Referência. Possivelmente a importância da turbidez como um filtro ambiental para os macroinvertebrados seja menor em ecossistemas lóticos, uma vez que em condições naturais a turbidez pode oscilar entre os períodos de chuva e estiagem. Desta forma, é provável que apenas os organismos com ciclos de vida mais curtos sejam afetados por esta condição, enquanto que os de vida mais longa (ciclo de vida longo o suficiente para atravessar os períodos de chuva e estiagem) possam estar adaptados.

Outro fator que descarta a maior importância da turbidez nesta pesquisa, é o resultado da ordenação das variáveis limnológicas com a comunidade de macroinvertebrados. Através da Análise de Componentes Principais (ACP), foi possível evidenciar que a distribuição da comunidade de macroinvertebrados exibiu baixa explicabilidade para o gradiente das variáveis limnológicas (apenas 35,91 %).

As Análises de Correspondência Destendenciadas (ACD) indicaram alta explicabilidade dos táxons para o gradiente de substrato (maior que 93%) (Graça *et al.*, 2015) corroborando os resultados de Fossati *et al.*, (2001) e Buss *et al.*, (2004), que indicam que em igarapés impactados por carreamento de sedimentos fino, o substrato pode exercer maior influência sobre a estrutura da comunidade do que as variáveis limnológicas.

Por fim, os resultados sugerem que as diferenças das variáveis limnológicas encontradas nos trechos Kalunga 02 e 03 são resultantes de alterações devidas ao carreamento de sedimento fino para o leito do igarapé. Nota-se que a condutividade elétrica, o pH, a temperatura e a turbidez podem indicar uma resposta ao carreamento de sedimentos para o leito do igarapé, uma vez que foram mais importantes para caracterização dos trechos impactados. Alterações nestas variáveis limnológicas foram consideradas por alguns autores como um dos principais indícios de alteração da qualidade das águas em igarapés amazônicos (Cleto Filho & Walker, 2001; Galuch, 2007; Couceiro, 2009b; Pinto *et al.*, 2009; Ferreira *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2012; Bucci, 2014; Panizon, 2016; Corrêa, 2017).



## 5.2 Macroinvertebrados bentônicos como indicadores das condições ambientais

O carreamento de sedimentos resultou na redução da abundância e riqueza de táxons da comunidade de macroinvertebrados. Alguns estudos apontam uma substituição de táxons na comunidade em trechos impactados por carreamento de sedimentos (O'Callaghan *et al.*, 2005). Entretanto, não foi possível fazer tal afirmação uma vez que apenas três táxons, com ocorrência de apenas um indivíduo, ocorreram exclusivamente nos trechos impactados.

O trecho Kalunga\_01 apresentou a maior abundância e a segunda maior riqueza de táxons quando comparado a todos os outros trechos estudados. O trecho Referência\_01 apresentou valores de abundância e riqueza inferiores a todos os trechos não impactados. De acordo com Vannote *et al.* (1980) o incremento da riqueza e abundância pode ser observado ao longo do gradiente longitudinal de um riacho, da nascente em direção à foz de um rio, predição que foi corroborada no igarapé utilizado neste trabalho como Referência.

Os resultados das Análises de Correspondência Destendenciadas (ACD) analisados juntamente com as análises de variâncias de riqueza e abundância indicam que a ocorrência de silte e argila no leito dos trechos 02 e 03 do igarapé Kalunga apresenta uma correlação negativa com a abundância dos táxons, que tende a decair neste substrato. Semelhantemente, a riqueza da comunidade também apresenta uma correlação negativa com este componente do leito. Se a ocorrência de poucos táxons está associada a este substrato, é possível inferir que poucos deles apresentam características adaptativas para permanecerem nos trechos onde houve carreamento de sedimentos. Esta ordenação indica uma evidente separação entre organismos presentes nos substratos silte e argila e raiz, com relação a todos os outros que ocorrem nos outros diferentes substratos.

Com relação à ocorrência dos táxons, em todos os trechos de igarapés foi observada a predominância dos organismos pertencentes à ordem Diptera principalmente os da Família Chironomidae. Os organismos pertencentes a esta Família podem ser considerados um dos mais abundantes e diversos dos ecossistemas continentais (Trivinho-Strixino, 2014). Os gêneros que a compõe podem apresentar uma grande variedade de características adaptativas, o que pode ter contribuído para sua prevalência nos trechos impactados. As principais são:

- hábito fossorial;
- permanência em ambientes com grande instabilidade do substrato;
- não necessitam de uma variedade de habitat;
- podem viver em um ambiente praticamente anóxico;
- capacidade de capturar o oxigênio da água através da superfície de seu corpo. Esta é principal característica vantajosa com relação a outros insetos aquáticos, pois a maioria deles captura oxigênio atmosférico ou depende de elevadas concentrações de oxigênio dissolvido na água para sobreviver (Goulart & Callisto, 2003; Trivinho-Strixino, 2014; Hamada & Nessimian, 2014).

A segunda ordem mais abundante foi Coleoptera, entretanto sua abundância foi drasticamente reduzida nos trechos impactados, foi 38 vezes menor no trecho Kalunga\_03 quando comparado ao trecho do igarapé de referência de mesma ordem (Referência 03). Já em Kalunga\_02, apenas um indivíduo foi encontrado. A maior parte dos táxons coletados pertenciam a Família Elmidae. Alguns estudos apontam que a redução dos elmídeos pode estar associada à ausência de espaços intersticiais que são preenchidos por sedimentos em córregos impactados (Ryan, 1991; Elliott, 2008). Por outro lado, a classe Oligochaeta geralmente é apresentada como um conjunto de organismos que toleram ou resistem a uma diversidade de tipos de impactos antrópicos (Pinto *et al.*, 2010), entretanto foi possível evidenciar redução de sua abundância nos trechos impactados quando comparados aos não impactados. Resultado semelhante ao encontrado por Bevilacqua (2014) em igarapés impactados da Amazônia Central que apresentaram alterações antrópicas em função do processo de urbanização e de atividades de mineração (assoreamento e redução de dossel).

Representantes da ordem Odonata foram encontrados em quase todos os trechos de igarapé, com exceção do trecho Kalunga\_03. As odonatas podem exercer controle descendente sobre macroinvertebrados, influenciando a dinâmica populacional de suas presas e de sua própria população, uma vez que apresentam comportamento canibal (Ramírez, 2010; Rodrigues, 2015). Podem ser classificadas em duas subordens: Zygoptera e Anisoptera. Os indivíduos representantes da primeira subordem podem ser considerados bons indicadores de ambientes com condições ambientais preservadas, enquanto que os da segunda tendem ser mais favorecidos em igarapés impactados (Junior, 2013).

A presença de insetos pertencentes às ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) está associada a ecossistemas com características ambientais

preservadas e com elevada qualidade ambiental (Merritt *et al.*, 2008). Os gêneros que compõem a ordem Trichoptera apresentam diferentes graus de sensibilidade com relação aos impactos antrópicos, sendo considerados menos sensíveis quando comparados aos da ordem Plecoptera (Nogueira, 2011; Amaral, 2014). Nos trechos de igarapés preservados foi registrada a ocorrência de táxons pertencentes às três ordens. Entretanto, nos trechos impactados foi registrada a ocorrência de apenas duas famílias da Ordem Trichoptera: Polycentropodidae e Hydropsychidae. A ocorrência dos gêneros *Cernotina* e *Cyrnellus* pertencentes à família Polycentropodidae pode estar associada a suas estratégias de obtenção de alimento, pois ocupam respectivamente os grupos tróficos de predador e coletor filtrador. Nos trechos impactados a contribuição dos predadores foi aumentada e o aumento da disponibilidade de matéria orgânica em suspensão pode favorecer a ocorrência de coletores filtradores. Com relação à família Hydropsychidae, segundo Barbour (1999), sua abundância pode ser aumentada em ecossistemas com incremento de matéria orgânica.

Alguns táxons foram encontrados exclusivamente nos trechos impactados Kalunga 02 e 03 são: Coenagrionidae, Collembola e Paleomonidae. Coenagrionidae é uma família pertencente à ordem Odonata, associada a raízes e folhiço do leito dos igarapés, tanto em trechos de corredeiras como em remansos. Pode também ser encontrada em poças, nas margens dos igarapés (Nessimian & Hamada, 2014; Martins, 2004). Geralmente os representantes desta família são encontrados em áreas que apresentem características ambientais preservadas, entretanto neste trabalho sua ocorrência se deu em um igarapé impactado. Este resultado foi semelhante ao encontrado por Rodrigues *et al.* (2015), que registrou a ocorrência desta família em trechos de um rio em processo erosivo, receptor de efluentes domésticos. Os Collembola são hexápodes que podem ser encontrados tanto em ecossistemas aquáticos quanto em terrestres, mas são predominantemente edáficos. Atuam direta e indiretamente no processo de ciclagem de nutrientes através da dispersão de fungos, da decomposição da matéria orgânica, no controle de bactérias e etc. (Nessimian & Hamada, 2014; Berude *et al.*, 2015). Em rios, geralmente estão associados às margens, em trechos lênticos e no folhiço. Segundo Souza *et al.* (2010) os Collembola podem ser considerados organismos tolerantes à degradação ambiental, uma vez que sua ocorrência pode não ser alterada em função de um determinado nível de impacto ambiental por efluentes.

A família Palaemonidae pertence a ordem Decapoda é composta predominantemente por organismos bentônicos, onívoros que se alimentam de algas, detritos, dípteros, oligoquetos, fungos e microcrustáceos. Podem suportar uma determinada amplitude térmica (18 a 31 °C) e apresentam adaptações para permanecerem em ambientes com condições adversas. O gênero *Macrobrachium* pode apresentar maior adaptação para ecossistemas dulcícolas (Muller *et al.*, 1999; Dornellas *et al.*, 2011).

Além do carreamento de sedimentos finos, outras intervenções antrópicas também podem ter exercido influência sobre a comunidade de macroinvertebrados encontrada no trecho Kalunga\_02.

### **5.3 Avaliação de atributos e funções ecossistêmicas com base em grupos funcionais tróficos**

Com propósito de compreender melhor a base trófica dos riachos tropicais florestados, alguns estudos estão sendo realizados (Dugeon, 2010; Nereis-Lima, 2016) para evidenciar se o padrão postulado por Vannote (1980) para riachos temperados se aplica a riachos tropicais. A predição para rios temperados sombreados pela vegetação, é que a limitação de luz diminui a contribuição primária autóctone para base alimentar da cadeia, onde o acúmulo de folhiço determina a predominância da contribuição alóctone para base alimentar do ecossistema.

Entretanto, em rios tropicais, o sombreamento de seu leito pode não ser tão limitante para produção primária autóctone, porque as altas temperaturas e a disponibilidade de luz nos trópicos podem ser suficientes para favorecer a produção de algas (Neres-Lima, 2016). Os resultados indicaram uma correlação entre a abertura de dossel e a temperatura da água, corroborando os resultados de Pascoaloto *et al.* (1990) que indicam uma relação entre as duas variáveis. A pesquisa desenvolvida por esses autores indicou que ao longo de um ano, a frequência das algas se manteve estável em um riacho de primeira ordem, onde a cobertura do dossel era constante. Com um aumento da abertura do dossel era possível prever um aumento da produção primária no trecho Kalunga\_02, o que não foi observado. A intensidade de luz adequada, disponibilizada por aberturas no dossel é um fator determinante para o crescimento de algas Rodofitas, entretanto, outros fatores também exercem influência sobre o sua distribuição e abundância, como a estabilidade do substrato e disponibilidade de nutrientes (Pascoaloto *et al.*, 2001).

Neste estudo foi possível evidenciar que o padrão postulado por Vannote (1980) foi corroborado e todos os trechos de igarapé apresentam uma base alimentar predominantemente heterotrófica. Esse resultado foi determinado pela relação entre raspadores dividido pela soma de fragmentadores e catadores, porque enquanto os raspadores se alimentam estritamente de algas e perifiton aderidos a estruturas rígidas como pedras e rochas (produção autóctone), os fragmentadores se alimentam de folhíço, madeira, galhos e etc., (produção alóctone). Enquanto os coletores se alimentam de matéria orgânica particulada menor que 1mm (produção alóctone). Entretanto, os trechos Kalunga 02 e 03 apresentam um grau de heterotrofia mais elevado quando comparados ao trecho Referência de igual ordem (Referência 03). No trecho Kalunga\_02 a redução da cobertura de dossel não influenciou a disponibilidade do material alóctone como foi observado por Mortati (2004). Os resultados obtidos nos trechos dos igarapés Kalunga e Referência foram comparados com os de outro igarapé, da região de Manaus, para que fosse possível identificar padrões para este tipo de ecossistema. Comparando as avaliações realizadas com os igarapés da Serra de Carajás e os da região de Manaus (Merritt *et al.*, 2009), os da Serra de Carajás apresentaram um grau de trofia mais elevado. Diferiram também com relação a associação de fragmentadores e a vegetação ripária. Enquanto os igarapés da região de Manaus apresentaram uma boa relação entre a vegetação ripária e os fragmentadores, os igarapés paraenses apresentaram uma relação pobre (Merritt & Cummis, 2014).

Com relação à disponibilidade de matéria orgânica, enquanto a maioria dos trechos de igarapé apresentou uma contribuição maior de Matéria Orgânica Particulada Grossa (MOPG), o trecho impactado Kalunga 02 apresentou uma maior proporção de Matéria Orgânica Particulada Fina (MOPF), e uma boa relação com os fragmentadores e a vegetação ripária  $> 0,25$  (0,64). De uma forma geral, em riachos tropicais a importância de fragmentadores tende a ser reduzida quando comparada aos riachos temperados de baixa ordem, porque os valores elevados de temperatura favorecem a decomposição de matéria orgânica por fungos e bactérias (Paula, 2007; Gimenes *et al.*, 2010; Boyero *et al.*, 2011). O aumento da contribuição relativa dos fragmentadores neste trecho está associado a ocorrência de insetos pertencentes a subfamília Chironominae. Estes fragmentadores podem ter sido favorecidos em detrimento de outros em função da sua capacidade de formar tubos sobre ou no interior de sedimentos (Nessimian & Hamada, 2014). Essas características adaptativas favoreceram a permanência destes organismos, a importância

relativa foi maior, mas a abundância total de fragmentadores foi reduzida quando comparada aos trechos não impactados.

Todos os trechos do igarapé Kalunga apresentaram uma disponibilidade maior de matéria orgânica em suspensão quando comparado aos trechos do igarapé Referência. A maior abundância de coletores filtradores foi registrada no trecho Kalunga\_01 e decresceu abruptamente nos trechos Kalunga 02 e 03. Os filtradores (organismos que se alimentam de matéria orgânica fina menor que 1,00mm, em suspensão) coletados durante os períodos de amostragens pertencem basicamente aos Filos Molusca e Arthropoda (Classe insecta). Nos trechos impactados apenas organismos da ordem Trichoptera foram coletados. Embora os índices de matéria orgânica apresentem-se bastante elevados nos trechos impactados é provável que o sedimento em suspensão possa ter reduzido a abundância destes organismos. Com base em recentes estudos é possível inferir que alguns fatores podem exercer uma influência determinante na resposta dos coletores ao carreamento de sedimento fino: 1) a disponibilidade de matéria orgânica presente no solo do entorno; 2) o comprimento do aparato filtrador utilizado para alimentação desses organismos (Farias, 2013; Colling, 2007).

De acordo com Farias (2013), depois de um evento de enxurradas existe um decaimento exponencial de matéria orgânica do solo, que pode ser carregada para o leito dos rios. Os primeiros elementos que são conduzidos por esse transporte são os colóides e a matéria orgânica, por apresentarem menor densidade, sendo transportados com maior facilidade pela água. Em alguns casos, quando a matéria orgânica alcança o leito dos rios, pode contribuir para o aumento de coletores filtradores principalmente se a matéria orgânica permanecer em suspensão.

Com relação ao aparato filtrador, um estudo desenvolvido por Colling (2007), com bivalves demonstrou que apenas os organismos com aparato filtrador curto (sifão) foram afetados pelo aumento de sólidos em suspensão. Barbosa (1995), afirma que o desenvolvimento de sifões em moluscos está relacionado à sua capacidade de penetrar no substrato. Desta forma é provável que os moluscos filtradores selecionados em substratos não consolidados possam apresentar um aparato filtrador mais longo não somente para obtenção de seu alimento, mas também para que possam se fixar no substrato. Um outro experimento conduzido por Lummer (2016) com mexilhões indicou que o aumento de sedimentos não influenciou as taxas de filtração deste organismo. Desta forma é possível

inferir que a influência dos sólidos em suspensão sobre os Moluscos coletores filtradores não está associada simplesmente a sua estratégia de forrageamento, mas também a estrutura e comprimento do aparato filtrador utilizado por estes organismos. A ausência destes organismos nos trechos impactados pode indicar pouca variabilidade genética local com relação esta característica adaptativa.

Com relação aos insetos, características morfo-comportamentais podem favorecer sua ocorrência em ecossistemas com abundância de sedimentos finos. Podem apresentar estruturas que os mantenham fortemente aderidos ao substrato, como ventosas ventrais (Nessimian & Hamada 2014). Existem outras adaptações que também são importantes para sua fixação e proteção como corpo dorso-ventralmente achatado e produção de seda. No caso dos organismos da família Polycentropodidae, a construção de abrigos tubulares fixos pode ter favorecido sua permanência (Nessimian & Hamada, 2014). Os insetos aquáticos podem apresentar adaptações eficientes para proteção de suas estruturas respiratórias como brânquias operculares. Por outro lado, sua simples ocorrência nos trechos de igarapé impactados não indica uma plena adaptação ao meio. Os insetos da família Hydropsychidae podem ter sua eficiência reduzida na captura e seleção de seu alimento. Sua taxa de sobrevivência pode ser reduzida em função de um grande gasto energético para manutenção de suas redes de captura (Vasconcellos, 2007).

Os trechos do igarapé Referência apresentaram uma maior proporção de matéria orgânica estocada, quando comparado a todos os trechos do igarapé Kalunga. Também foi possível evidenciar uma grande oferta de matéria orgânica particulada fina (> 1,00mm) sobre o leito dos igarapés, tendo em vista que este é o recurso alimentar utilizado pelo grupo trófico dos coletores catadores. (Vannote, 1980). Os trechos preservados apresentaram maior abundância de coletores catadores, resultado semelhante ao encontrado por Buss (2002), Silva (2006) e Araújo (2014). Segundo Araújo (2014) a maior abundância deste grupo pode estar associada a rápida capacidade de colonização e resistência de alguns de seus integrantes como os táxons da subfamília Chironominae e Orthocladiinae, que são frequentemente os mais abundantes.

Os trechos de igarapés apresentaram de uma forma geral substratos estáveis, tanto em trechos de igarapé impactado quanto em não impactados, semelhantemente aos resultados de Couceiro (2009). De acordo com esta classificação o trecho que apresenta maior estabilidade seria o Kalunga 03, impactado. Os trechos impactados, embora sejam

predominantemente compostos por silte e argila, também apresentavam em sua composição raízes, galhos, troncos e etc. A presença desses substratos no trecho Kalunga\_03, ainda que em proporções bem inferiores aos trechos naturais, podem ter selecionado positivamente macroinvertebrados adaptados a estes mesohabitats. Como poucos organismos apresentaram-se adaptados ao substrato silte e argila é provável que alguns adaptados aos substratos estáveis tenham permanecido, mesmo que os trechos impactados apresentem maior instabilidade. Desta forma é possível que o resultado esteja enviesado, necessitando desta forma de adaptações para utilização deste índice de forma satisfatória.

Todos os grupos tróficos foram afetados pelo carreamento de sedimentos, com redução de abundância e riqueza com excessão dos coletores filtradores. Entretanto, dentre os organismos remanescentes o grupo trófico que apresentou maior proporção na composição da comunidade nos trechos impactados foi o predador. Embora, alterações no habitat possam alterar a composição de macroinvertebrados, os predadores podem permanecer no ambiente mesmo com alterações significativas dos gradientes ambientais (Lopes, 2011).

Com relação a qualidade ambiental, a avaliação realizada através do índice biótico desenvolvido por Couceiro *et al.* (2012), indicou que os trechos de igarapés preservados, de uma forma geral apresentaram uma boa qualidade. Dentre os trechos prístinos, apenas o trecho Referência\_02 apresentou uma qualidade de água regular. Este resultado provavelmente está associado a uma das amostragens que ocorreu no período de seca, em que o igarapé apresentava pouca água e ainda estava se restabelecendo. Com relação aos trechos impactados do igarapé Kalunga foi possível averiguar uma maior degradação no trecho Kalunga\_02, onde ocorreu o impacto propriamente dito. Contudo, ainda que o trecho Kalunga\_03 apresente uma qualidade de água avaliada como ruim, já é possível evidenciar um processo de recuperação deste ecossistema tendo em vista que sua qualidade ambiental é melhor que seu trecho a montante.



## 6. CONCLUSÃO

O carreamento de sedimento fino resultou em alterações limnológicas em trechos estudados dos igarapés, principalmente nas variáveis condutividade elétrica, pH, temperatura e turbidez, indicando uma resposta a este tipo de impacto. As alterações destas variáveis, juntamente com o índice multimétrico biótico indicaram degradação da qualidade de água em dois trechos do igarapé Kalunga que receberam sedimentos. Contudo, foi possível evidenciar um processo de recuperação do igarapé, visto que o trecho Kalunga\_03, um trecho a jusante do impacto propriamente dito, apresenta melhor qualidade quando comparado ao trecho Kalunga\_02. Além das alterações limnológicas, alterações estruturais também foram observadas no igarapé Kalunga, como a redução da cobertura do dossel e alterações do substrato.

O carreamento de sedimento fino resultou em redução na abundância e riqueza dos macroinvertebrados bentônicos nos trechos impactados do igarapé Kalunga, e de uma forma geral em um efeito deletério sobre toda a comunidade. Diferentemente do que foi previsto, não foi possível identificar alterações nos parâmetros turbidez e matéria orgânica. O impacto gerou alterações na estrutura trófica da comunidade dos macroinvertebrados bentônicos que deixou de ser composta predominantemente por coletores catadores para ser composta predominantemente por predadores. Todos os grupos tróficos tiveram redução significativa de riqueza e abundância, com exceção dos coletores filtradores. A redução significativa dos grupos tróficos indica que a qualidade da matéria orgânica e a disponibilidade de abrigos podem ter exercido maior influência sobre os grupos tróficos do que simplesmente a disponibilidade de matéria orgânica.

Por fim, conclui-se que as alterações do substrato exerceram um papel muito mais importante na estrutura trófica e taxonômica da comunidade de macroinvertebrados bentônicos do que o aumento da turbidez (sólidos em suspensão).

## **7. PERSPECTIVAS FUTURAS**

As estratégias mais indicadas para a recuperação do trecho impactado do igarapé Kalunga são estratégias mitigadoras que primeiro atuem na recomposição da vegetação ripária dificultando assim nova de entrada sedimentos. Posteriormente, ações que atuem diretamente no leito do igarapé serão muito mais eficientes.

Para compreender melhor os efeitos de sedimentos finos sobre a comunidade de macroinvertebrados na Amazônia, se faz necessário um número maior de amostragens durante um período mais longo de tempo. Poucos estudos indicam os efeitos do sedimento fino sobre os insetos aquáticos. Uma vez, que a maior parte da comunidade é composta por insetos, se faz necessário uma ampliação destes estudos, principalmente através de experimentos, para compreender melhor de que forma este tipo de impacto pode alterar a fisiologia e a expectativa de vida destes organismos em ecossistemas semelhantes.

A utilização da abordagem funcional trófica dos macroinvertebrados bentônicos pode ser uma estratégia eficiente para avaliação de funções ecossistêmicas, entretanto precisa ser aprimorada para obtenção de resultados mais eficientes. Talvez a substituição de valores de abundância por densidade de táxons pode trazer um refinamento maior aos resultados.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, D. C. & Romeiro, A. R. (2009). Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano. Texto para Discussão. IE/UNICAMP no. 155, vol. 01, p. 1- 44.
- Anjos, H. (2007). Efeitos da fragmentação florestal sobre as assembléias de peixes de igarapés da zona urbana de Manaus. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Curso de Pós Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 101 p.
- APHA (1998). Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 20<sup>th</sup> ed. Washington, 1270 p.
- Araujo, A. V.; Bouzan, A. M.; Souza, G.B.G. (2014). Como a correnteza e presença de briófitas influencia na frequência de adaptações para fixação de insetos aquáticos ao substrato rochoso? Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional, Programa de Pós-Graduação em Zoologia. Não Publicado.
- Araújo, L. E.; Sousa, F. A. S.; Moraes Neto, J. M.; Souto, J. S. & Reinaldo, L. R. L. R. (2009). Bacias Hidrográficas e Impactos Ambientais. *Qualitas Revista Eletrônica*, no. 8 vol. 01, p. 1–18. Disponível em: <https://doi.org/10.18391/qualitas.v8i1.399>. Acesso em: 01 mai. 2018
- Arias, A. R. L., Buss, D. F., Albuquerque, C., Inácio, A. F., Freire, M. M., Egler, M., Mugnai, R., Baptista, D. F. (2007). Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos. *Ciência & Saúde Coletiva*, vol. 12, no. 01, p. 61–72.
- Barbosa, A. S (2015). Ecologia trófica em arroios de baixa ordem do Sul do Brasil: relação entre consumidores primários e secundários. Dissertação (Pós-Graduação em Biologia). Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, RS. 37p.
- Barbour, M.T., Gerritsen J., Snyder, B.D. and Stribling, J.B. (1999). Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. U.S. Environmental, Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C., 344p.
- Bevilacqua, M. S. (2014). Oligochaeta em Riachos (igarapés) da Floresta Nacional Saracá-Taquera (PA): Abundância, Riqueza, Diversidade e potencial como Indicador de Impacto Antrópico. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Conservação), PPGCiAC/UFRJ, 94p.

- Berude, M.C; Galode, J.K.B; Pinto, P.H.; Amaral, A. A. (2015). A mesofauna e sua importância como bioindicadora. *Enciclopédia Biosfera*. Centro Científico Conhecer- Goiânia, vol. 11, no. 22, p.14-28.
- Bispo, D.S. (2013). Avaliação do habitat e das assembléias de macroinvertebrados bentônicos de riachos em uma Área de Proteção Ambiental. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Programa de Pós-graduação em Ecologia, USP, São Paulo, 55p.
- Boyero, L.; Pearson, R. G.; Dudgeon, D; Graça, M. A. S; Gessner, M. O; Albariño, R. J; Ferreira, V; Yule, C. M; Boulton, A. J.; Arunachalam, M; Callisto, M; Chauvet, E; Ramírez, Alonso; Ramírez, Alonzo; Chará, J; Moretti, M. S; Gonçalves, J. F, Jr; Helson, J. H; Chara-Serna, A. M; Encalada, A. C; Davies, S. L.; Lamonthé, S; Cornejo, A; Li, A.O.Y; Buria, L. M; Villanueva, V. D; Zuñiga, M. C; Pingle, C.M. (2011). Global distribution of a key trophic guild contrasts with common latitudinal diversity patterns Published by: Wiley on behalf of the Ecological Society of America Stable. *Ecology*, vol. 92, no. 09, p.1839-1848.
- Bozelli, R. L; Esteves, F. A; Roland, F.(2000). Lago do Batata: impacto e recuperação de um ecossistema amazônico. Ed. Instituto de Biologia, UFRJ, 332 p.
- Brasil Mineral (2012). Exploração de minas de ferro em Carajás causa crescimento desordenado em Parauapebas (PA). *Brasil Mineral*, vol. 01, p. 1- 4.
- Bucci, M. H. S.; Oliveira L. F. C. (2014). Índices de Qualidade da Água e de Estado Trófico na Represa Dr. João Penido. Juiz de Fora, MG. *Ambiente & Água*, vol. 09, no. 01, 12 p.
- Buss, D. F., Baptista, F., Silveira, M. P., Nessimian, J. L., & Dorvill, F. M. (2002). Influence of water chemistry and environmental degradation on macroinvertebrate assemblages in a river basin in south-east Brazil. *Hydrobiologia*, vol. 481, p.125–136.
- Buzelli, G. M.; Santino, M.B.C. (2013). Diagnóstico da qualidade da água e estado reservatório de Barra Bonita. *Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*: vol. 08, no. 01, p.186-205.
- Callender, E., & Rice, K. C. (1999). The Urban Environmental Gradient: Anthropogenic Influences on the Spatial and Temporal Distributions of Lead and Zinc in Sediments. *Environmental Science & Technology* / vol. 34, no. 02, p. 232-238.
- Callisto, M. (2001). Macroinvertebrados Bentônicos como Ferramenta para Avaliar a Saúde de Riachos. *Environmental Science & Technology* / vol. 34, no. 02, p.71–82.
- Callisto, M., & Esteves, F. A. (1998). Categorização Funcional dos Macroinvertebrados Bentônicos em quatro ecossistemas lóticos sob influência das atividades de uma mineração de Bauxita. *Oecologia Brasiliensis*. vol V, PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro Brasil, p. 1-12.
- Callisto, M., & Esteves, F. A. (1995). Distribuição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em um ecossistema amazônico impactado por rejeito de bauxita - lago

- batata (Pará, Brasil). *Oecologia Brasiliensis*. vol I, PPGE/UFRJ. Rio de Janeiro, p. 335-348 .
- Callisto, M., Ferreira, W. R., Moreno, P., Goulart, M., & Petrucio, M. (2002). Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). *Acta Limnologica Brasiliensis*, vol 14, no 01, p. 91-98. Disponível em: <[http://www.ablimno.org.br/acta/pdf/acta\\_limnologica\\_contents\\_1401E\\_files/Artigo,10\\_14\\_p](http://www.ablimno.org.br/acta/pdf/acta_limnologica_contents_1401E_files/Artigo,10_14_p)>. Acesso em: 10 de ago.de 2018.
- Callisto, M.; Moreno, P. (2006). Bioindicadores como ferramenta para o manejo, gestão e conservação ambiental. IIº Simpósio Sul de Gestão e Conservação Ambiental URI/Campus de Erechim – Erechim/RS. Disponível em : <[http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index\\_arquivos/pdfs\\_pagina/Callisto&Moreno-2006.pdf](http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index_arquivos/pdfs_pagina/Callisto&Moreno-2006.pdf)>. Acesso: Dez de 2017.
- Cardinale, B. J., Srivastava, D. S., Duffy, J. E., Wright, J. P., Downing, A. L., Sankaran, M., & Jouseau, C. (2006). Effects of biodiversity on the functioning of trophic groups and ecosystems. *Nature*, vol. 443, no. 5202, p. 989-992.
- CETEM. Centro de Tecnologia Mineral (2016). Rompimento de barragem de rejeitos de mineração de ferro em Itabirito (MG) provoca mortes, 1-3p. Disponível em : <<http://verbetes.cetem.gov.br/verbetes/ExibeVerbete.aspx?verid=209>>. Acesso em 01 de jun. de 2018.
- Cherem, L. F. S. (2008). Análise Morfométrica da Bacia do Alto Rio das Velhas. Dissertação (Mestrado em análise e modelagem de Sistemas Ambientais). UFMG / Instituto de Geociências, Departamento de Cartografia, 110 p.
- Ciofi, F. G., Cobra, D. P., & Nunes, M. V. (2013). a Influência do tipo de sedimento E Substrato Na Macroinvertebrados Bentônicos. *Fórum Ambiental*, vol. 9, no. 03, p. 150-161.
- Cleto Filho, S. E. N., & Walker, I. (2001). Efeitos da ocupação urbana sobre a macrofauna de invertebrados aquáticos de um igarapé da cidade de Manaus/AM - Amazônia Central. *Acta Amazonica*, vol. 31, no. 01, p. 68-89.
- Colling, A.L (2007). Influência dos fatores abióticos na variabilidade espaço temporal dos macroinvertebrados bentônicos em uma esada rasa estuarina da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica), Pós-graduação em Oceanografia Biológica , UFRGS, 106 p.
- Corrêa, L. C. D (2017). Efeitos do impacto ambiental sobre a diversidade taxonômica e funcional de macroinvertebrados aquáticos em áreas de mineração na Floresta Nacional Saracá-Taquera, PA.(Brasil). Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Conservação). PPG-CiAC/ UFRJ, 137 p.
- Couceiro, S. R. M., Hamada, N., Luz, S. L. B., Forsberg, B. R., & Pimentel, T. P. (2007). Deforestation and sewage effects on aquatic macroinvertebrates in urban streams in Manaus, Amazonas, Brazil. *Hydrobiologia*, vol. 575, no. 01, p. 271-284.

- Couceiro, S. R. M. (2009)a. Sedimentos antropogênicos em igarapés da base de Operações Geólogo Pedro Moura, Coari-AM: Efeito sobre Macroinvertebrados e degradação de folhas. Tese (Doutorado em Ecologia), Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal de Brasília, 122 p.
- Couceiro, S. R. M., Hamada, N., Forsberg, B. R., & Padovesi-Fonseca, C. (2009)b. Effects of anthropogenic silt on aquatic macroinvertebrates and abiotic variables in streams in the Brazilian Amazon. *Journal of Soils and Sediments*, vol. 10, no. 01, p. 89-103.
- Couceiro, S. R. M., Hamada, N., Forsberg, B. R., Pimentel, T. P., & Luz, S. L. B. (2012). A macroinvertebrate multimetric index to evaluate the biological condition of streams in the Central Amazon region of Brazil. *Ecological Indicators*, vol. 18, p. 118-125.
- Couto, W.H. ; Anjos, L.H.C.; Wadt, P.G.S; Pereira, M.G. (2016). Atributos Edáficos e Resistência a Penetração em áreas de sistemas agloflorestais no Sudoeste Amazônico. *Ciência Florestal*, Santa Maria, vol. 26, no. 03, p. 811-823.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. de; HERNANDEZ Fº , P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F.(1999). Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial. CONVÊNIO INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. São José dos Campos - SP. **apud** (in IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (2003) Plano de Manejo Múltiplo para Floresta Nacional de Carajás. Estado do Pará (paginado por capítulo).
- Cummins, K. W.; Wilzbach, M. A.; Gates, D. M.; Perry, J. B.; Taliaferro, W. B. (1989). Shredders and riparian vegetation: leaf litter that falls into streams influences communities of stream invertebrates. *BioScience*, vol. 01, no. 39, p. 24-30.
- Dornellas, E. J., Silva, F. M., Motta, D. G., Simões, C. B., & Sá, F. S. (2011). Ocorrência de *Macrobrachium olfersii* (CRUSTACEA, DECAPODA, PALAEMONIDAE) em um afluente do Rio Santa Maria da Vitória, em Santa Leopoldina, ES, sudeste do Brasil. *Natureza on Line*, vol. 09, no. 01, p. 19–26.
- DOU- Diário Oficial da União (2003). RESOLUÇÃO N 29, DE 11 DE DEZEMBRO DE 2002 Define diretrizes para a outorga de uso dos recursos hídricos para o aproveitamento dos recursos minerais. Disponível em : <http://www.cnrh.gov.br/documentos/1755-livro-conjunto-de-normas-legais-8-edicao/file>. Acesso: Dez de 2017.
- DOU- Diário Oficial da União (2005). RESOLUÇÃO CONAMA- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - N 357 DE 11 MARÇO DE 2005. DOU, No 053, de 18/03/2005, p. 58-63.

- Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z.-I., Knowler, D. J., Lévêque, C., ... Sullivan, C. A. (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, vol. 81, no. 02, p. 163–182.
- Dudgeon, D., Cheung, F. K. W., & Mantel, S. K. (2010). Foodweb structure in small streams: do we need different models for the tropics? *Journal of the North American Benthological Society*, vol 29, no. 02, p. 395-412.
- Ecological sampling methods. Disponível em: < [http://www.Countysideinfo.co.uk/bio\\_sampl\\_cont.htm](http://www.Countysideinfo.co.uk/bio_sampl_cont.htm) >. Acesso em 01 jun. 2018>.
- Elliott, J. M. (2008). The Ecology of Riffle Beetles (Coleoptera: Elmidae). *Freshwater Reviews*, vol 01, no. 02, p. 189-203.
- Esteves, F. A. (2011) Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro: Interciência /FINEP, 3ª edição, 826 p.
- Farias, V.L.S. (2013) Concentração de nutrientes e qualidade da água de enxurradas em entressulcos. Jaboticabal. Dissertação (Mestrado em agronomia - Ciências do solo) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP, 46p.
- Fearnside, P. M. (2005). Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências. *Megadiversidade*, vol. 01, no. 01, p. 113–123.
- Feld, C. K., Fernandes, M. R., Ferreira, M. T., Hering, D., Ormerod, S. J., Venohr, M., & Gutiérrez-Cánovas, C. (2018). Evaluating riparian solutions to multiple stressor problems in river ecosystems — A conceptual study. *Water Research*, vol. 139, no.01, p. 381-394.
- Ferreira, S. J. F., Miranda, S. Á. F., Marques Filho, A. de O., & Silva, C. C. (2012). Efeito da pressão antrópica sobre igarapés na Reserva Florestal Adolpho Ducke, área de floresta na Amazônia Central. *Acta Amazonica*, vol. 42, no.04, p. 533–540.
- Fossati, O.; Wasson, J.G.; Hery, C.; Marin, R. and Salinas, G. (2001). Impact of sediment releases on water chemistry and macroinvertebrate communities in clear water Andean streams (Bolivia). *Archiv für Hydrobiologie*, vol. 151, no. 01, p. 33-50.
- Galuch, A.V. (2007). Adaptação de um Índice de Integridade Biótica para igarapés da Amazônia Central, com base em atributos ecológicos da comunidade de peixes. Dissertação (Mestrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais), INPA/UFAM, Manaus, Amazonas, 53p.
- Gimenes, K.Z; Cunha-Santino, M.B;Jr, I. B.(2010). Decomposição da matéria Orgânica alóctone e autóctone em ecossistemas aquáticos. *Oecologia Australis*, vol. 14, no. 04, p. 1036-1073 .
- Goch, Y. G. D. F. (2007). Efeitos do assoreamento sobre as comunidades de peixes de Igarapés da Bacia do Rio Urucu, Coari, Amazonas, Brasil. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas /área de concentração Ecologia) INPA/UFAM, Manaus, 96p.

- Gonçalves, F.A. (2013). Efeito do Biorrevolvimento por macroinvertebrados bentônicos sobre a concentração de Metano (CH<sub>4</sub>) Nas Interfaces Sedimento – Água - Atmosfera. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e da Conservação) PPG-Ciac/UFRJ, 66p.
- Gonçalves, D. (2017). Principais desastres ambientais no Brasil e no mundo. Disponível em: site:<<https://www.unicamp.br/unicamp/ju/noticias.>> Acesso em: 01 de Jun de 2018.
- Gotelli, N.J; Elison, A.M (2011). Princípios de estatística em ecologia; tradução Fabricio Beggiato Baccaro; Rev. Técnica Vitor Lemes Landeiro. Ed.: Artmed. 1ª Edição, Porto Alegre, 528 p.
- Goulart, M. D. C., & Callisto, M. (2003). Bioindicadores de Qualidade de Água como Ferramenta em Estudos de Impacto Ambiental. *Revista da FAPAM*, vol. 02, no. 02, p. 153–164.
- Graça, M. A. S.; Ferreira, W. R.; Firmiano, K.; França, J.; Callisto, M. (2015). Macroinvertebrate identity, not diversity, differed across patches differing in substrate particle size and leaf litter packs in low order, tropical Atlantic forest streams. *Limnetica*, vol. 34, no. 01, p. 29–40.
- Hamada, N., Nessimian, J. L., & Querino, R. B. (2014). Insetos Aquáticos na Amazônia brasileira: Taxonomia, biologia e ecologia. Editora INPA, p. 728.
- Hauer, R.F & Lamberti, G. A. (1996). *Methods in stream Ecology*. Second Edition. Elsevier, 825 p.
- Holliday, C. P., Rasmussen, T. C., & Miller, W. P. (2003). Establishing the Relationship Between Turbidity and Total Suspended Sediment Concentration. ***Georgia Water Resources Conference: Proceedings of the 2003 Georgia Water Resources Conference***, held April 23-24, 2003, at The University of Georgia, Kathryn J. Hatcher, Editor, Institute of Ecology, The University of Georgia, Athens, Georgia. Não paginado.
- Hooper, D. U.; Chapin, F. S.; Ewel, J. J.; Hector, A.; Inchausti, P.; Lavorel, S.; Lawton, J.H.; Lodge, D.M; Loreau, M.; Naeem, S.; Schmid, B.; Setälä, H.; Symstad, Aj.; Vandermeer, J.; Wardle, D. A. (2005). Effects of biodiversity on ecosystem functioning: A consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, vol. 75, no. 01, p. 3–35.
- IBAMA-Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (2004) *apud* ICMBio. (2016). Plano de Manejo Floresta Nacional de Carajás. Volume II - Planejamento, 59 pp. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/flona-de-carajas>>. Acesso em : Jun de 2017.
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. (2015). Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais. *Laudo Técnico Preliminar*, vol. 01, no. 01, p. 2–35.



- IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (2003) Plano de Manejo Múltiplo para Floresta Nacional de Carajás. Estado do Pará (paginado por capítulo).
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2012). Manual Técnico da Vegetação Brasileira. IBGE, Rio de Janeiro : s.n., 2012, 271p.
- IBRAM. (2016). Instituto Brasileiro de Mineração -Gestão e Manejo de Rejeitos da Mineração; organizador, Instituto Brasileiro de Mineração. 1.ed. - Brasília: IBRAM, 128 p.
- ICMBio. (2016). Plano de Manejo Floresta Nacional de Carajás. Volume II - Planejamento, 59 pp. Disponível em: < <http://www.icmbio.gov.br/portal/flona-de-carajas>>. Acesso em : Dez de 2017.
- Johnson, K. H.; Vogt, K. A.; Clark, H. J.; Schmitz, O. J.; Vogt, D. J. (1996). Biodiversity and the productivity and stability of ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 11, no. 09, p. 372–377.
- Junior, G. F.; Gallo, Z., & Sossae, F. C. (2009). Levantamento florístico de mata ciliar em áreas de extração de argila no município de São Roque do Canaã-Es, *REVISTA UNIARA*, vol. 12, no. 02, p. 145–156.
- Junior, J. M.B.O (2013). O efeito da alteração ambiental sobre assembleias de odonata na Amazônia Oriental. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação). Pós-Graduação em Ecologia e Conservação/UEMT, Nova Xavantina, Mato Grosso, 67p.
- Junk, W. (1983). 4. Aquatic habitats in Amazonia. *The Environmentalist*, vol. 03, no. 01, p. 24–34.
- Junk, W. J. & Furch, K. (1980). Química da água e macrófitas aquáticas de rios e igarapés na Bacia Amazônica e nas áreas adjacentes. Parte I: Trecho Cuiabá - Porto Velho - Manaus. *Acta Amazonica*, vol. 10, no. 03, p. 611–633.
- Klass, K-D.; Meyer, R. (2006). A phylogenetic analysis of Dictyoptera (Insecta) based on morphological characters. *Entomologische Abhandlungen*, vol. 63, no.(1-2), p. 3-50.
- Leal, J.J.F. ; Callisto, M. .; Esteves, F. (2011). Capítulo 25. Comunidade Bentônica, 581-603p in : Esteves, F. A. Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro: Interciência /FINEP, 3ª edição, 826 p.
- Legendre, P; Gillet, F.; Borcard, D.(2011). *Numerical Ecology with R*.Springer, New York, EUA., 319 p.
- Lopes, A.; Paula, J. D; Mardegan, S. F.; Hamada, N.; & Piedade, M. T. F. (2011). Influência do hábitat na estrutura da comunidade de macroinvertebrados aquáticos associados às raízes de *Eichhornia crassipes* na região do Lago Catalão, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, vol. 41, no. 04, p. 493–502.

- Loreau, M., & Hector, a. (2001). Partitioning selection and complementarity in biodiversity experiments. *Nature*, vol. 412, no. 6842, p. 72–76.
- Lummer, E-M; Auerswald, K.; Geist, J. (2016). Fine sediment as environmental stressor affecting freshwater mussel behavior and ecosystem services. *Science of The Total Environment*, vol. 571, p. 1340-1348.
- Marioni, R. C. (2001). Os grupos tróficos em Coleoptera. *Revista Brasileira de Zoologia*, vol 18, no. 01, p. 205–224.
- Martins, E. (2004). Comportamento territorial e reprodutivo de *Argia* sp.(Odonata: Coenagrionidae) em um igarapé da Amazônia Central, 4 p. Disponível em: [http://pdbff.inpa.gov.br/cursos/efa/livro/2004/PDFs/41\\_final/dudu.pdf](http://pdbff.inpa.gov.br/cursos/efa/livro/2004/PDFs/41_final/dudu.pdf). Acesso: 01, ago. 2017.
- Martins, R. T; Oliveira,V.C; Salcedo, A.K.M.(2014).Capítulo 7: Uso de insetos aquáticos na avaliação de impactos antrópicos em ecossistemas aquáticos in Neissimian, J. L.; Hamada, N.; Querino, R. B. (2014). *Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia*. Manaus, INPA, 724 p.
- Mechi, A; Sanches, D. L. (2010). Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. *Estudos Avançados*, vol. 24, no. 68, p. 209–220.
- Melo (2012). Redução da fauna e da flora causa impactos tão graves quanto a poluição e as mudanças climáticas, disponível em : <https://www.ecodebate.com.br>. Acesso em: 01 jul. 2018
- Mello, M.C. S. (2010). **A Crise Hídrica no cenário mundial** : análise de suas causas, conseqüências e proposição de soluções que possibilitem a reversão desse quadro. Monografia. Universidade Candido Mendes, Rio de Janeiro, 156 f. Disponível em:<[http://www.avm.edu.br/docpdf/monografias\\_publicadas/k215618.pdf](http://www.avm.edu.br/docpdf/monografias_publicadas/k215618.pdf)> Acesso em 01.ago. 2017.
- Merritt, R. W., Cummins, K. W.(1984) An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Department of Entomology. Michigan State University, 862 p.
- Merritt, R. W.; Cummins, K. W.; Andrade, P.C.N. (2005).The use of invertebrate groups to characterize ecosystem attributes in selected stream and rivers in south Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, vol. 40, no. 01, p. 69-89.
- MHNJB - Museu da História Natural Jardim Botânico - (2015). Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico – UFMG, Belo Horizonte, vol. 24, no.1, p. 1-249.
- Monteles, J. S. (2012). Comunidade de insetos bentônicos em igarapés do Nordeste Paraense-Amazônia Oriental. Dissertação (Mestrado em ciências ambientais) Universidade Federal do Pará. Museu Paraense Emilio Goeldi e EMBRAPA, Programa de Pós-graduação em ciências Ambientais, Belém, 97p.

- Moraes, D. S. de L., & Jordão, B. Q. (2001). Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. *Saúde Pública*, vol. 03, no. 83, p. 370-374.
- Mortati, A. F. (2004). Colonização por peixes no folhiço submerso: implicações das mudanças na cobertura florestal sobre a dinâmica da ictiofauna de igarapés na Amazônia Central. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas, área de concentração ecologia), INPA/UFAM, Manaus, Amazonas, 67p.
- Mugnai, R.; J.L. Nessimian & D.F. Baptista. 2010. Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro. Technical Books Editora, Rio de Janeiro, 174 p.
- Müller, Y. M. R.; Nazari, E. M.; Ammar, D.; Ferreira, E. C.; Beltrame, I. T., & Pacheco, C. (1999). Biologia dos Palaemonidae (Crustacea, Decapoda) da bacia hidrográfica de Ratoles, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, vol. 16, no. 03, p. 629-636.
- Naeem, S.; Iii, F. S. C.; Costanza, R.; Ehrlich, P. R., Golley, F. B.; Hooper, D. U.; Lawton, J.H; O'Neill, R. V.; Mooney, H.A.; Sala, O.E.; Symstad, A. J Tilman, D. (1999). Biodiversity and Ecosystem Functioning: Maintaining Natural life Support processes. *Issues in Ecology*, vol. 4, no. 04, p. 1-12.
- Naeem, S.; Håkansson, K. L; Crawley J. H. L. M. J; Thompson, L. J (1996). Biodiversity and Plant Productivity in a Model Assemblage of Plant Species. *Oikos* vol. 76, no. 02, p. 259-264.
- Nessimian, J. L.; Hamada, N.; Querino, R. B. (2014). *Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia*. Manaus, INPA, 724 p.
- Neres-Lima, V., Brito, E. F., Krsulović, F. A. M., Detweiler, A. M., Hershey, A. E., & Moulton, T. P. (2016). High importance of autochthonous basal food source for the food web of a Brazilian tropical stream regardless of shading. *International Review of Hydrobiology*, vol. 101, no. (3-4), p. 132-142.
- Nessimian, J. L., & Ribeiro, J. R. I. (2000). Aspectos da biologia de *Buena platycnemis* (Fieber) (Insecta, Heteroptera, Notonectidae) da Restinga de Maricá, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Zoologia*, vol. 17, no. 1953, p. 229-239.
- Nessimian, J. L., Venticinque, E. M., Zuanon, J., De Marco, P., Gordo, M., Fidelis, L., Juen, L. (2008). Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. *Hydrobiologia*, vol. 614, no. 01, p.117-131.
- Nogueira, C., Backup, P. A., Menezes, N. A., Oyakawa, O. T., Kasecker, T. P., Neto, M. B. R., & da Silva, J. M. C. (2010). Restricted-range fishes and the conservation of Brazilian freshwaters. *PLOS ONE*, vol. 05, no. 06, p.1-10.
- Nogueira, D. S., Cabette, H. S. R., & Juen, L. (2011). Estrutura e composição da comunidade de Trichoptera (Insecta) de rios e áreas alagadas da bacia do rio Suiá-Miçú, Mato Grosso, Brasil. *Iheringia. Série Zoologia*, vol. 101, no. 03, p.173-180.

- O'Callaghan, P.; Jocqué, M., ; Kelly-Quinn, M. (2015). Nutrient- and sediment-induced macroinvertebrate drift in Honduran cloud forest streams. *Hydrobiologia*, vol. 758, no. 01, p. 75–86.
- Oliveira, H. L., Nessimian, J. L., & Dorvillé, L. F. (2003). Feeding habits of chironomid larvae (Insecta: Diptera) from a stream in the Floresta da Tijuca, Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian Journal of Biology = Revista Brasileira de Biologia*, vol. 63, no. 02, p. 269–281.
- Palhares, J.C.P; Ramos, C; Klein, J.B; Lima, J.M.M; Muller, S; Cestonaro, T. (2007). Comunicado Técnico 455. EMBRAPA. Concórdia, SC. Medição da Vazão em Rios pelo Método do Flutuador, 1-4p .
- Panizon, M. (2016). Biomonitoramento da comunidade de macroinvertebrados de um reservatório de abastecimento público no sul do Brasil. Dissertação (mestrado em Ciências Ambientais, área de concentração: avaliação de Bacias Hidrográficas) UTFPR, Curitiba, 96p.
- Pascoaloto, D. (2001). Características ambientais de cinco igarapés de Terra-Firme em reservas florestais no estado do Amazonas e sua relação com Bactrachospermaceae, Rhodophyta. *ACTA Amazônica*. Manaus, vol. 31, no. 04, p. 597-606.
- Pascoaloto, D.; Necchi-Junior (1990). Seasonal Variation of *Sirodotia Delicatula* Skuja (Rhodophyta, Batrachodpermaceae) in small stream from São Paulo state, Southeastern Brazil. *Rev. Brazilian Journal of Biology*, vol. 50, no. 01, p. 37-44.
- Paula, J. D., Oliveira, F., & Luizão, F. J. (2007). Decomposição da Liteira em Igarapé sob floresta e área alterada na Amazônia Central - Brasil. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas, área de concentração ecologia), Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais, INPA/UFAM, Manaus, Amazonas, 88p.
- Pereira, A. L. (2011). Princípios da restauração de ambientes aquáticos continentais. Universidade Federal do Paraná (UFPR) – Laboratório de Ecologia, Pesca e Ictiologia . Disponível em: < [http://www.ablimno.org.br/boletins/pdf/bol\\_39\(2-1\).pdf](http://www.ablimno.org.br/boletins/pdf/bol_39(2-1).pdf)>. Acesso em : Set de 2017.
- Pinto, A.G.N. ; Horbe, A.M.C; Silva; M.S.R; Silva, M.S.R; Horbe, M.C; Miranda, S.A.F; Pascoaloto, D; Santos, H.N.C.(2009).Efeitos da ação antrópica sobre a hidrogequímica do rio Negro na orla de Manaus/AM. *Acta Amazônica*, vol. 39, no. 03, p. 627 - 638.
- Pinto, A. S; Moura, D. A; Lima, F. P. A (2010). Levantamento dos macroinvertebrados aquáticos do córrego Lagoa Serena. Instituto de biotecnologia, Uniara: avaliação do possível impacto ambiental do Represamento – *Uniara*, Araraquara, São Paulo, vol. 13, no. 02 , p.114-123.
- Ramírez, A., & Gutiérrez-Fonseca, P. E. (2014). Functional feeding groups of aquatic insect families in Latin America: A critical analysis and review of existing literature. *Revista de Biologia Tropical*, vol. 62, p. 155–167.

- Raposo, A.A; Barros, L.F.P; Junior, A.P.M (2009). O parâmetro de turbidez das águas como indicador de impactos humanos na dinâmica fluvial da bacia do rio Marcujá-Quadrilátero Ferrífero/MG.Conference: XIII, *Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*, At: Viçosa, MG. Disponível em : <<https://www.researchgate.net/publication/301650826>>. Acesso em: Dez de 2017.
- Ribeiro, L., & Uieda, V. (2005). Structure of a benthic macroinvertebrates community in a mountain stream in Itatinga, São Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, vol. 22, no. 03, p. 613–618.
- Rocha, L. G. (2010). Variação temporal da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em um riacho intermitente do semiárido brasileiro. Dissertação (Mestrado em Bioecologia Aquática) Programa de Pós-graduação em Ecologia, UFRGN, Rio Grande do Norte, Natal, 75p.
- Rodrigues, I. S., Maria, C., Raposo, R., Junior, A. M., Diniz, A. A., Neres, L., & Souza, B. De. (2015). Odonatas registradas no Rio Catolé Grande, no Município de Itapetinga, BA. *Enciclopédia Biosfera*, vol.11, no. 21, p. 2352–2364.
- Rosemberg, D.M & Resh, V.H. (1993). *Freshwater Biomonitoring and bentic macroinvertebrates*. New York: Chapman & Hall, 488p.
- Ryan, P. A. (1991). Environmental effects of sediment on New Zealand streams: A review. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, vol. 25, no. 02, p. 207–221.
- Sala, E.O; Chapin, F.S.; Armesto, J.J.; Berlow, E.; Bloomfield, J; Dirzo, R.; Sanwald, E.H.; Huenneke, L.F; Jakson, R.B.; Kinzi, A; Leemans, R; Lodge, D.M; Money, H.A; Oosterheld, M.; Poff, N.L.; Sykes, M.T.; Walker, B.H.; Walker, M; Wall, D.H. (2000). Global Biodiversit Scenarios for the Year 2100. **Review** : *Biodiversity*, vol. 287, no. 01, p. 1770-1774.
- Santos, I. G. A. dos, & Rodrigues, G. G. (2015). Colonização de macroinvertebrados bentônicos em detritos foliares em um riacho de primeira ordem na Floresta Atlântica do nordeste brasileiro. *Iheringia. Série Zoologia*, vol. 105, no. 01, p. 84-93.
- Santos, R. F. B., & Ferreira, M. I. P. (2014). Impactos negativos, positivos e propostas mitigadoras em bacias hidrográficas: estudo de caso da BH da Lagoa Imboassica (Macaé-RJ). *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego*, vol 08, no. 02, p.77–99.
- Santos, A. D; Clarkson, B.; J unior, N. F. (2009). Hydrophilidae (Insecta, Coleoptera) No Estado do Rio De Janeiro - Brasil : Lista de espécies e novos registros. *Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro*, vol. 67, no. (3-4), p. 329-336.
- Schmidt-Dallmier, M. J., Atchison, G. J., Steingraeber, M. T., & Knights, B. C. (1992). A sediment suspension system for bioassays with small aquatic organisms. *Hydrobiologia*, vol. 245, no. 03, p.157–161.

- SEDRU –Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional de Política Urbana e Gestão Metropolitana - (2016). Relatório: Avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da Barragem de Fundão em Mariana – MG. *Grupo Força Tarefa/Governo do Estado de Minas Gerais*. Decreto nº 46.892/2015, 287p.
- Segura, M. O. (2012). Coleoptera (Insecta) em sistemas aquáticos florestados: aspectos morfológicos, comportamentais e ecológicos. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais). Pós-Graduação do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde/UFSCar, São Carlos, São Paulo, 164p.
- Silva, A. C. F. (2005). **Biodiversidade de Macroinvertebrados Bentônicos e Funcionamento de Ecossistemas Aquáticos: Uma Abordagem Experimental**. Dissertação (Mestrado em Ecologia), PPGE/UFRJ, Rio de Janeiro, 106p.
- Silva, F. L.; Pauleto, G. M.; Talamoni, J. L. B.; Ruiz, S. S. (2009). Categorização funcional trófica das comunidades de macroinvertebrados de dois reservatórios na região centro-oeste do Estado de São Paulo. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, vol. 31, no. 01, p.73-78.
- Silva, J. B.; Guerra, L. D.; Ioris, A. A. R.; Fernandes, M. (2012). A crise hídrica global e as propostas do Banco Mundial e da ONU para seu enfrentamento. *Revista Cronos*, vol. 11, no. 02, p. 120-140.
- Silva, N. T. D. C. (2007). Macroinvertebrados bentônicos em áreas com diferentes graus de preservação ambiental na Bacia do Ribeirão Mestre d'Armas, DF. Dissertação (Mestrado em ecologia), Programa de Pós-graduação em Ecologia / Universidade de Brasília, 113 p.
- Silva, V., & Wantzen, K. (2006). Uso de Substratos Artificiais para Avaliação do Impacto do Assoreamento sobre Macroinvertebrados Bentônicos em um Córrego de Cabeceira no Pantanal do Mato Grosso, Brasil. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, vol.11, no. 01, p. 99-107.
- Silveira, C.R. (2016). Serviços ecossistêmicos na bacia hidrográfica de um reservatório hidrelétrico em cenário de escassez de água. Dissertação (Mestrado em ecologia). Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre - Instituto de Ciências Biológicas / UFMG, 40 p.
- Souza, S.S. (2010). (HEXAPODA: COLLEMBOLA) higrofílicos do igarapé do sabiá Localizado no torno do conjunto nova cidade, em Manaus, AM. C. Ciências Biológicas - 14. Zoologia - 6. Zoologia. 63ª Reunião anula da SBPC.
- Stenert, C., Maltchik, L.; Rocha, O. (2012). Diversidade de invertebrados aquáticos em arrozais no Sul do Brasil. *Neotropical Biology and Conservation*, vol. 07, no. 01, p. 67–77.
- Suguio, K. (1973). Introdução a sedimentologia. Ed. Edgard Blucher, LTDA/USP, São Paulo, 317 p.

- Tilman, D. (1996) Biodiversity: Population versus Ecosystem Stability. *Ecological Society of America*, vol.77, no. 02, p. 350-363.
- Trivinho-Strixino, S. 2014. Capítulo 26, Ordem Diptera, Família Chironomidae, Guia de identificação de larvas, p. 457-660 in Neissimian, J. L.; Hamada, N.; Querino, R. B. (2014). *Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia*. Manaus, INPA.
- Vannote, R.L., G. W. Minshall, K. W. Cummins, J.R. Sedell, And; E. Gushing. (1980). The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquatic Sciences*, vol. 37, no. 01, p. 130-137.
- Vasconcelos, M. C. (2007). Efeito do sedimento fino de origem terrestre sobre a fauna de Macroinvertebrados Bentônicos em Riachos. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Programa de Pós-graduação em Ecologia/UFRGS, Porto Alegre, 73p,
- Venancio, F. D. V.; Santos, R. M.; Cassaro, S.; Pierro, P. C. C. (2015). A crise hídrica e sua contextualização mundial. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer*, vol. 01, no.22, p. 1–13.
- Vitousek, P. M., Mooney, H. a, Lubchenco, J., & Melillo, J. M. (1997). Human Domination of Earth's Ecosystems. *Science*, vol. 277, no.5325, p. 494–499.
- Walker, I., (1990). Ecologia e biologia dos igapós e igarapés. *Ciência Hoje*, vol. 11, p.44-53.
- Walton, D. W. H. (2008). Carrying capacity. *Antarctic Science*, vol. 20, no.01, p. 341-346.
- Wetzel, R. G.; Rich, P.H; Miller, C. M.; Allen, H.L. Metabolism of dissolved and particulate detrital carbon in a temperate hard-water lake. *Mem. Ist. Ital. No.29 Suppl.*, p. 185-243. **apud** Furtado, A.L.S; Leal, J.J.F ; Barros, M.P.F.(2007). Documento 65: Metodologia para avaliação experimental da atividade da fauna bentônica. *EMBRAPA*, 20p.
- Wolff, L. L. (2012). Assembléia de peixes da encosta Atlântica, Brasil: estrutura espacial, uso dos recursos alimentares e relações ecomorfológicas. Tese (Doutorado em Ciências ambientais) Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais/ Universidade Estadual de Maringá, 92p.
- Zerlin., R.A. (2011). Variação temporal dos macroinvertebrados bentônicos, em lagoa marginal ao rio Paranapanema. Dissertação (Mestrado Ciências Biológicas-Biologia). Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas área de Concentração: Zoologia, UNESP, São Paulo, Botucatu, 101p.

## 9. ANEXOS

**Anexo 1.** Valores estimados de cobertura de dossel através da metodologia do “quadrat” em porcentual para os trechos dos igarapés Kalunga e Referência (1, 2 e 3) nos períodos de Estiagem (Setembro de 2014 e Novembro de 2016) e Chuvas (Abril de 2016 e Abril de 2017).

Pontos de Coleta	Período	Dossel (%)
Referência_01	Estiagem/14	95,2
Referência_02	Estiagem/14	89,6
Referência_03	Estiagem/14	87,2
Kalunga_01	Estiagem/14	90,4
Kalunga_02	Estiagem/14	56,2
Kalunga_03	Estiagem/14	78,4
Referência_01	Chuvas/16	77,6
Referência_02	Chuvas/16	76,8
Referência_03	Chuvas/16	76,0
Kalunga_01	Chuvas/16	84,8
Kalunga_02	Chuvas/16	56,8
Kalunga_03	Chuvas/16	78,4
Referência_01	Estiagem/16	NULL
Referência_02	Estiagem?16	80,0
Referência_03	Estiagem/16	83,2
Kalunga_01	Estiagem/16	91,2
Kalunga_02	Estiagem/16	44,8
Kalunga_03	Estiagem/16	69,6
Referência_01	Chuvas/17	88,80
Referência_02	Chuvas/17	93,60
Referência_03	Chuvas/17	72,00
Kalunga_01	Chuvas/17	76,00
Kalunga_02	Chuvas/17	68,00
Kalunga_03	Chuvas/17	76,00



**Anexo 2.** Proporção dos Componentes do leito para cada trecho dos igarapés Kalunga e Referência (1, 2 e 3) amostrado nos períodos de Estiagem(Setembro de 2014 e Novembro de 2016) e Chuvas(Abril de 2016 e Abril de 2017). Observação: zero (0) = ausência do item. Siglas: Ar= areia; MO= Matéria Orgânica; Fol=Folhoso; Ra:= Raiz; Gal=Galho; Casc: Cascalho; Ped: Pedra; Tron: Troncos; Sil/Arg= Silte e Argila.

Ponto de coleta	Período	Substrato %								
		Ar	MO	Fol	Ra	Gal	Casc	Ped	Tron	Sil/Arg
Referência_01	Estiagem/14	24,0	8,0	60,8	0	0	0	0	1,6	5,60
Referência_02	Estiagem/14	10,4	0	56,0	4,0	0	8,0	0	4,0	17,60
Referência_03	Estiagem/14	32,0	0	44,0	0	4,0	8,0	0	8,0	4,00
Kalunga_01	Estiagem/14	31,2	0	8,8	0	0	39,2	20,8	0	0,00
Kalunga_02	Estiagem/14	4,0	0	28,0	49,6	8,0	0	0	0	10,40
Kalunga_03	Estiagem/14	2,4	0	17,6	0	0	15,2	14,4	4,0	46,40
Referência_01	Chuvas/16	2,4	16,0	67,2	0	3,2	8,8	0	2,4	0,00
Referência_02	Chuvas/16	4,8	0	60,0	0	10,4	24,8	0	0	0,00
Referência_03	Chuvas/16	59,2	0	16,0	4,8	0	20,0	0	0	0,00
Kalunga_01	Chuvas/16	31,2	0	8,8	0	0	39,2	20,8	0	0,00
Kalunga_02	Chuvas/16	0	0	8,0	40,0	0	8,0	0	16,0	28,00
Kalunga_03	Chuvas/16	0	0	54,4	8,0	4,0	0	0	13,6	20,00
Referência_01	Estiagem/16	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	0,00
Referência_02	Estiagem/16	8,0	6,4	78,4	4,8	0	0	0	2,4	0,00
Referência_03	Estiagem/16	35,2	2,4	50,4	4,0	0	4,0	0	1,6	2,40
Kalunga_01	Estiagem/16	28,0	0	22,4	2,4	0	37,6	8,8	0,8	0,00
Kalunga_02	Estiagem/16	0	0	12,8	13,6	0	8,8	0	5,6	59,20
Kalunga_03	Estiagem/16	0,8	0	20,0	0	0	4,0	23,2	3,2	48,80
Referência_01	Chuvas/17	65,3	6,4	4,8	7,8	0	15,7	0	0	0,00
Referência_02	Chuvas/17	53,6	0	2,4	8,0	0,8	35,2	0	0	0,00
Referência_03	Chuvas/17	53,6	1,6	0	0	0	35,2	9,6	0	0,00
Kalunga_01	Chuvas/17	32,0	0	17,6	0	0	44,0	6,4	0	0,00
Kalunga_02	Chuvas/17	9,2	0	0	30,0	0	5,2	3,6	6,0	46,00
Kalunga_03	Chuvas/17	14,1	3,2	39,2	0	19,2	5,3	5,3	0	13,60

**Anexo 3.** Proporção das frações de granulometria em percentual para cada trecho dos igarapés Kalunga e Referência (1, 2 e 3) amostrado nos períodos de Estiagem (Setembro de 2014 e Novembro de 2016) e Chuvas (Abril de 2016 e Abril de 2017). Observação: NULL= Dados ausentes permanentemente

<b>Pontos de Coleta</b>	<b>Período</b>	<b>Areia Muito Grossa</b>	<b>Areia Grossa (%)</b>	<b>Areia Média (%)</b>	<b>Areia Fina (%)</b>	<b>Areia Muito Fina</b>	<b>Siltes e Argila</b>
Referência_01	Estiagem/14	58,08	16,36	20,57	4,80	0,10	0,10
Referência_02	Estiagem/14	59,84	16,09	17,85	5,53	0,33	0,35
Referência_03	Estiagem/14	54,96	21,42	17,73	4,47	0,39	1,03
Kalunga_01	Estiagem/14	15,72	53,22	21,34	8,61	0,70	0,41
Kalunga_02	Estiagem/14	88,00	2,86	3,43	2,86	1,71	1,14
Kalunga_03	Estiagem/14	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
Referência_01	Chuvas/16	27,79	24,43	31,07	14,24	1,53	0,35
Referência_02	Chuvas/16	40,20	4,44	4,32	2,96	1,97	0,24
Referência_03	Chuvas/16	43,24	16,64	17,02	7,38	0,57	1,03
Kalunga_01	Chuvas/16	27,79	24,43	31,07	14,24	1,53	0,93
Kalunga_02	Chuvas/16	40,20	4,44	4,32	2,96	1,97	46,12
Kalunga_03	Chuvas/16	43,24	16,64	17,02	7,38	0,57	15,14
Referência_01	Estiagem/16	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
Referência_02	Estiagem/16	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
Referência_03	Estiagem/16	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
Kalunga_01	Estiagem/16	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
Kalunga_02	Estiagem/16	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
Kalunga_03	Estiagem/16	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
Referência_01	Chuvas/17	2,89	23,14	61,10	12,34	0,49	0,04
Referência_02	Chuvas/17	36,47	36,55	23,76	3,14	0,08	0,00
Referência_03	Chuvas/17	15,17	16,64	27,97	14,26	2,19	23,77
Kalunga_01	Chuvas/17	6,28	41,08	43,83	8,25	0,45	0,11
Kalunga_02	Chuvas/17	2,27	3,06	5,19	6,15	1,31	82,02
Kalunga_03	Chuvas/17	6,01	6,16	6,06	2,28	0,57	78,92

**Anexo 4.** Autovalores da Análise de Componentes Principais com os dados dos Componentes do leito dos trechos dos Igarapés Kalunga e Referência (1, 2 e 3).

<b>Eixos</b>	<b>Autovalor</b>	<b>% Variância</b>
<b>1</b>	300,498	33,389
<b>2</b>	16,016	17,796
<b>3</b>	128,872	14,319
<b>4</b>	106,157	11,795
<b>5</b>	0,767009	85,223
<b>6</b>	0,657317	73,035
<b>7</b>	0,362801	40,311
<b>8</b>	0,153308	17,034
<b>9</b>	0,102688	1,141

**Anexo 5.** Variáveis Limnológicas amostradas em campo para os igarapés Referência e Kalunga em dois períodos de Chuvas (Abril de 2016 e Abril 2017) e em dois períodos de Estiagem, (Setembro de 2014 e Novembro de 2016). Legenda: **Temp.H<sub>2</sub>O(°C)** = Temperatura da água; **Cond.** = Condutividade Elétrica; **Turb.** = Turbidez; **MO** = Matéria Orgânica; **N-tl** = Nitrogênio total; **F-tl** = Fósforo total. **Est** = período de Estiagem; **Chu** = período de Chuvas. **NULL:** Dados não monitorados ou ausentes permanentemente. **Observação:** Durante o período de Estiagem de 2016, o trecho Referência\_01 se extinguiu temporariamente e o trecho Referência\_2 apresentava-se como remanso.

<b>Pontos de Coleta</b>	<b>Período</b>	<b>Temp. H<sub>2</sub>O (°C)</b>	<b>O<sub>2</sub> (mg/L)</b>	<b>pH</b>	<b>Cond. (uS/cm)</b>	<b>Turb. (NTU)</b>	<b>Vazão</b>	<b>MO (%)</b>	<b>N-tl (mg/L)</b>	<b>P-tl (mg/L)</b>
Referência_01	Est/14	24,9	5,85	5,94	44,41	1	14,20	1,07	NULL	NULL
Referência_02	Est/14	24,0	7,80	6,27	52,74	2,01	157,24	1,78	NULL	NULL
Referência_03	Est/14	23,6	7,42	6,72	47,91	7,17	237,98	1,38	NULL	NULL
Kalunga_01	Est/14	24,4	8,88	5,93	16,98	1,27	15,6	1,27	NULL	NULL
Kalunga_02	Est/14	30,4	6,62	7,23	103,00	7,20	48,50	21,65	NULL	NULL
Kalunga_03	Est/14	26,6	6,54	7,25	110,00	6,50	75,54	11,46	NULL	NULL
Referência_01	Chu/16	26,0	4,62	6,19	65,00	5,00	7,45	37,68	1,10	0,05
Referência_02	Chu/16	25,6	4,25	6,05	31,00	7,40	96,27	45,09	1,19	0,02
Referência_03	Chu/16	25,3	6,73	6,51	47,00	20,50	221,78	46,57	1,89	0,02
Kalunga_01	Chu/16	23,4	8,16	5,98	19,00	2,50	4,35	45,74	1,66	0,03
Kalunga_02	Chu/16	25,4	7,58	7,32	132,00	28,00	8,02	4,32	0,14	0,03
Kalunga_03	Chu/16	25,6	7,01	7,17	103,00	46,70	117,33	27,98	0,42	0,01
Referência_01	Est/16	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
Referência_02	Est/16	24,0	1,18	6,06	119,00	21,70	NULL	7,07	1,41	0,02

Pontos de Coleta	Período	Temp. H <sub>2</sub> O (°C)	O <sub>2</sub> (mg/L)	pH	Cond. (uS/cm)	Turb. (NTU)	Vazão	MO (%)	N-tl (mg/L)	P-tl (mg/L)
Referência_03	Est16	22,8	6,20	7,12	42,00	8,10	32,13	1,99	0,52	0,03
Kalunga_01	Est/16	23,1	9,11	6,19	19,00	15,50	8,91	1,38	0,42	0,04
Kalunga_02	Est/16	27,3	7,78	7,59	120,00	10,40	48,46	17,91	0,09	0,04
Kalunga_03	Est/16	25,3	7,01	7,19	111,00	5,40	170,21	10,78	0,67	0,01
Referência_01	Chu/17	23,9	4,18	6,15	50,00	21,00	8,33	0,98	0,49	0,02
Referência_02	Chu/17	23,6	4,88	6,16	48,00	5,60	146,36	0,34	0,45	0,02
Referência_03	Chu/17	23,5	7,61	6,67	86,00	8,80	291,74	0,58	1,20	0,03
Kalunga_01	Chu/17	24,4	6,55	4,48	21,00	5,50	147,61	0,89	0,60	0,04
Kalunga_02	Chu/17	27,7	3,07	6,83	30,00	10,60	87,03	13,32	0,22	0,06
Kalunga_03	Chu/17	25,7	7,67	6,77	94,00	12,70	577,62	6,53	0,54	0,02

**Anexo 6** - Autovalores da Análise de Componentes Principais com os dados das variáveis Limnológicas e da cobertura do dossel dos trechos dos Igarapés Kalunga e Referência (1, 2 e 3).

Eixos	Autovalores	% Variância
1	312,252	39,032
2	176,477	22,06
3	101,969	12,746
4	0,674502	84,313
5	0,558246	69,781
6	0,394575	49,322
7	0,305285	38,161
8	0,160406	20,051

**Anexo 7.** Classificação taxonômica e abundância da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em todos os trechos dos igarapés Referência (Referência 01, Referência 02, Referência 03) e Kalunga (Kalunga 01, Kalunga 02, Kalunga 03) no período de Estiagem (Setembro) de 2014. **Legenda:** **Ref\_01:** Referência 01; **Ref\_02:** Referência 02; **Ref\_03:** Referência 03; **Kal\_01:** Kalunga 01; **Kal\_02:** Kalunga\_02; **Kal\_03:** Kalunga 03; Gên./Mor/Sf= Gênero/Morfotipo/Subfamília. **Observação:** Os táxons presentes na coluna (Gên/Mor/Sf) que não estão enquadrados na categoria de gênero foram classificados como Morfotipo ou Subfamília.

Filo	Classe	Ordem	Família	Ano						
				(Gên./Mor/Sf)	Setembro de 2014					
					Ref_01	Ref_02	Ref_03	Kal_01	Kal_02	Kal_03
	NI	-	-	-	0	0	0	0	0	0
Annelida	Hirundinida	-	-	-	0	0	0	0	0	0
		Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	-	0	0	0	0	0	0
	Oligochaeta	NI	-	-	0	0	0	0	0	0
		Haplotaxida	Alluroididae	-	0	0	0	0	0	0
			Naididae	<i>Tubificinae</i>	0	0	0	0	0	0
Arachnida	Acari	-	-	-	0	0	4	0	0	0
	Araneae	-	-	-	0	0	0	0	0	0
Crustacea	NI	-	-	-	0	0	1	0	0	0
	Decapoda	-	-	-	0	0	1	0	0	0
		Palaemonidae	-	-	0	0	0	0	0	0
				<i>Macrobrachium</i>	0	2	4	0	0	0
	Blattodea	NI	-	-	0	0	0	0	0	0
		Termitas	-	-	-	0	0	0	0	0
	Arthropoda	Dytiscidae	-	-	-	0	0	3	0	0
<i>Laccophilus</i>			0	0	0	0	0	0	0	
NI		-	-	-	0	1	0	0	0	3
Dryopidae		-	-	-	0	0	0	0	0	0
		<i>Oropelmus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
Insecta		Coleoptera	-	-	-	5	1	12	9	0
	<i>Cylloepus</i>		0	0	0	0	0	0	0	
	<i>Heterelmis</i>		0	0	2	1	0	0		
	Elmidae		<i>Hexacylloepus</i>	8	0	195	0	0	0	
	<i>Neoelmis</i>		24	29	28	43	0	0		
	<i>Phanoceroides</i>		0	0	11	13	0	0		
<i>Xenelmis</i>	0	13	47	15	0	0				

Filo	Classe	Ordem	Família	Ano		Setembro de 2014				
				(Gên./Mor/Sf)	Ref_01	Ref_02	Ref_03	Kal_01	Kal_02	Kal_03
			Hydrophilidae	<i>Hydrophilidae</i>	0	1	0	0	0	0
			Noteridae	<i>Noteridae</i>	0	0	0	0	0	0
			Ptilodactylidae	-	0	0	0	10	0	0
			Scirtidae	-	0	0	0	11	0	0
		<b>Collembola</b>	-	-	0	0	0	0	0	0
			-	-	52	25	47	101	3	2
			Ceratopogonidae	<i>Ceratopogoninae</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Probezzia</i>	0	0	0	0	0	0
				-	0	255	129	808	3	14
			Chironomidae	<i>Chironominae</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Orthoclaadiinae</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Tanypodinae</i>	0	0	0	0	0	0
		<b>Diptera</b>	Empididae	-	0	5	0	8	0	1
				-	0	0	1	1	0	1
			Simuliidae	<i>Simulium</i>	0	0	9	0	0	0
				<i>Arachnephia</i>	0	0	1	0	0	0
			Tabanidae	-	5	1	0	1	1	0
				-	15	8	9	15	0	0
			Tipulidae	Tipulidae A(Mor)	0	0	0	0	0	0
				Tipulidae B(Mor)	0	0	0	0	0	0
			NI	-	2	0	4	4	0	1
			Euthyplociidae	<i>Campylocia</i>	0	0	0	0	0	0
		<b>Ephemeroptera</b>		-	3	0	3	0	0	0
			Leptophlebiidae	<i>Hagenulopsis</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Leptophlebiidae</i>	0	0	1	0	0	0
			NI	-	0	0	0	1	0	0
			Belostomatidae	<i>Belostomatidae</i>	0	0	0	0	0	0
		<b>Hemiptera</b>	Corixidae	-	0	0	2	0	0	0
			Gerridae	-	0	0	0	0	0	0
			Naucoridae	<i>Limnocoris</i>	1	1	1	0	0	0
				<i>Pelocoris</i>	0	0	0	0	0	0

Filo	Classe	Ordem	Família	Ano (Gên./Mor/Sf)	Setembro de 2014					
					Ref_01	Ref_02	Ref_03	Kal_01	Kal_02	Kal_03
			Notonectidae	<i>Buena</i>	0	0	0	0	0	0
			Veliidae	-	0	1	0	2	0	0
		<b>Hymenoptera</b>	-	-	0	0	0	0	0	0
		<b>Lepdoptera</b>	Crambidae	<i>Petrophila</i>	0	0	0	0	0	0
			Tortricidae	-	0	0	0	0	0	0
		<b>Megaloptera</b>	Corydalidae	-	0	0	0	1	0	0
			Chauliodinae (Sf)	-	0	0	0	0	0	0
			NI	-	1	0	1	0	0	0
			-	-	1	1	0	0	0	0
			Calopterygidae	<i>Calopteryx</i>	0	0	0	0	0	0
			-	<i>Hetaerina</i>	0	0	0	0	0	0
			Coenagrionidae	-	0	0	0	0	0	0
			-	-	2	1	0	4	2	0
		<b>Odonata</b>	-	<i>Agriogomphus</i>	0	0	0	0	0	0
			-	<i>Archaeogomphus</i>	0	0	0	0	0	0
			-	<i>Epigomphus</i>	0	0	0	0	0	0
			Gomphidae	<i>Erpetogomphus</i>	0	0	2	1	0	0
			-	<i>Perivigomphus sp</i>	0	1	0	0	0	0
			-	<i>Phyllogomphoides</i>	1	0	0	0	0	0
			-	<i>Progomphus</i>	0	0	0	0	0	0
			-	<i>Zonophora</i>	0	0	0	0	0	0
			Libellulidae	-	0	0	0	0	0	0
			-	-	0	0	0	0	0	0
			-	<i>Micrathyna</i>	0	0	1	0	0	0
		<b>Plecoptera</b>	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	0	0	0	16	0	6
			-	<i>Enderleina</i>	0	0	0	1	0	0
			-	<i>Macrogynoplax</i>	0	1	0	0	0	0
		<b>Trichoptera</b>	NI	-	0	0	0	0	0	0
			Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	0	2	1	6	0	0

Filo	Classe	Ordem	Família	Ano (Gên./Mor/Sf)	Setembro de 2014					
					Ref_01	Ref_02	Ref_03	Kal_01	Kal_02	Kal_03
			Glossosomatidae	<i>Mortoniella</i>	0	0	12	0	0	0
			Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	0	1	10	2	0	0
				<i>Hydropsyche</i>	0	0	0	3	1	0
			Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	0	0	2	1	1	0
				<i>Macrostemum</i>	0	1	0	0	0	0
				<i>Smicridea</i>	0	1	8	9	3	5
				Gênero A	0	0	0	7	0	0
				-	0	0	0	2	0	0
			Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i>	1	1	0	18	0	0
				<i>Oecetis</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Tripletides</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Anastomoneura</i>	0	0	0	0	0	0
			Odontoceridae	<i>Marilia</i>	0	0	0	1	0	0
				-	0	0	0	1	0	0
			Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	0	0	0	0	0	0
				-	2	0	0	0	0	0
			Polycentropodidae	<i>Cernotina</i>	1	1	0	0	0	0
				<i>Cyrnellus</i>	0	0	2	0	0	0
				-	0	1	1	0	0	0
			Sericostomatidae	<i>Notidobiella</i>	0	0	0	0	0	0
		Veneroidea	Corbiculidae	<i>Corbicula</i>	0	0	0	0	0	0
Mollusca	Bivalvia	Basommatophora	Ancylidae	-	0	0	0	0	0	0
		Unionoidea	Hyriidae	-	0	2	0	0	0	0
	Gastrópoda	Pomacea	Ampullaridae	-	0	0	0	0	0	0
Nematoda		-	-	-	2	0	3	0	0	0
Platyhelminthes	Turbellaria	-	-	-	0	0	0	0	0	0
Abundância absoluta					126	357	558	1116	14	33



**Anexo 8.** Classificação taxonômica e abundância da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em todos os trechos dos igarapés Referência (Referência 01, Referência 02, Referência 03) e Kalunga (Kalunga 01, Kalunga 02, Kalunga 03) no período de Chuva (Abril) de 2016. **Legenda:** **Ref\_01:** Referência 01; **Ref\_02:** Referência 02; **Ref\_03:** Referência 03; **Kal\_01:** Kalunga 01; **Kal\_02:** Kalunga\_02; **Kal\_03:** Kalunga 03; Gên./Mor/Sf= Gênero/Morfotipo/Subfamília. **Observação:** Os táxons presentes na coluna (Gên/Mor/Sf) que não estão enquadrados na categoria de gênero foram classificados como Morfotipo ou Subfamília.

Filo	Classe	Ordem	Família	Ano		Abril / 2016					
				(Gen./Sf/ Mor)	Ref_01	Ref_02	Ref_03	Kal_01	Kal_02	Kal_03	
	NI	-	-	-	3	0	0	0	0	0	
Annelida	Hirundinida	-	-	-	0	0	1	0	0	0	
		Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	<i>Glossiphoniidae</i>	0	0	0	0	0	0	
	Oligochaeta	NI	-	-	0	0	10	0	0	0	
		Haplotaaxida	Alluroididae	<i>Alluroididae</i>	0	0	0	0	0	0	
			Naididae	<i>Tubificinae</i>	0	0	0	0	0	0	
Arachnida	Acari	-	-	-	2	0	0	1	0	0	
	Araneae	-	-	-	0	0	0	0	0	0	
	NI	-	-	-	0	0	0	0	0	0	
Crustacea	Decapoda	-	-	-	0	0	0	0	0	0	
		Palaemonidae	-	<i>Macrobrachium</i>	0	0	1	0	0	1	
	Blattodea	NI	-	-	0	0	0	1	0	0	
Artrhopoda		Termitas	-	-	0	0	0	0	0	0	
		Dytiscidae	-	-	0	0	2	0	0	0	
				<i>Laccophilus</i>	0	0	0	0	0	0	
		NI	-	-	0	1	0	0	0	0	
		Dryopidae	-	-	0	0	0	0	0	0	
					<i>Oropelmus</i>	0	0	0	0	0	0
		Insecta	-	-	-	8	0	21	8	0	0
		Coleoptera			<i>Cylloepus</i>	0	0	0	0	0	0
					<i>Heterelmis</i>	0	0	0	0	0	0
				Elmidae	<i>Hexacylloepus</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Neoelmis</i>	0	0	0	0	0	0	
				<i>Phanocerooides</i>	0	0	0	0	0	0	
				<i>Xenelmis</i>	0	0	0	7	0	0	
		Hydrophilidae		<i>Hydrophilidae</i>	0	0	0	0	0	0	

Filo	Classe	Ordem	Família	Ano	Abril / 2016					
				(Gen./Sf/ Mor)	Ref_01	Ref_02	Ref_03	Kal_01	Kal_02	Kal_03
			Noteridae	-	12	1	0	0	0	0
			Ptilodactylidae	-	0	0	2	3	0	0
			Scirtidae	-	0	0	0	0	0	0
		<b>Collembola</b>	-	-	0	0	0	0	0	1
			-	-	0	0	0	0	16	3
			Ceratopogonidae	<i>Ceratopogoninae</i>	2	0	6	2	0	0
				<i>Probezzia</i>	0	0	0	0	0	0
				-	66	0	77	0	54	25
				<i>Chironominae</i>	0	0	0	117	0	0
			Chironomidae	Orthoclaadiinae(Sf)	0	0	0	0	0	0
				Tanypodinae(Sf)	0	0	0	0	0	0
		<b>Diptera</b>	Empididae	-	0	0	0	2	0	0
				-	1	0	2	0	0	0
			Simuliidae	<i>Simulium</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Arachnephia</i>	0	0	0	0	0	0
			Tabanidae	-	0	0	2	3	1	0
				-	5	0	5	2	0	0
			Tipulidae	Tipulidae A (Mor)	0	0	0	0	0	0
				Tipulidae B (Mor)	0	0	0	0	0	0
			NI	-	5	0	1	0	0	0
			Euthyplociidae	<i>Campylocia</i>	0	0	4	0	0	0
		<b>Ephemeroptera</b>		-	0	0	0	0	0	0
			Leptophlebiidae	<i>Hagenulopsis</i>	0	0	0	0	0	0
				-	0	0	0	0	0	0
			NI	-	0	0	0	0	0	0
			Belostomatidae	-	2	0	0	3	0	0
		<b>Hemiptera</b>	Corixidae	-	0	1	3	0	0	0
			Gerridae	-	0	5	0	0	0	0
			Naucoridae	<i>Limnocoris</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Pelocoris</i>	0	0	0	0	0	0

Filo	Classe	Ordem	Família	Ano	Abril / 2016					
				(Gen./Sf/ Mor)	Ref_01	Ref_02	Ref_03	Kal_01	Kal_02	Kal_03
			Notonectidae	<i>Buena</i>	0	0	0	0	0	0
			Veliidae	-	0	0	0	3	0	0
		<b>Hymenoptera</b>	-	-	0	0	3	0	0	0
		<b>Lepdoptera</b>	Crambidae	<i>Petrophila</i>	0	0	0	0	0	0
			Tortricidae	-	0	0	0	0	0	0
		<b>Megaloptera</b>	Corydalidae	<i>NI</i>	1	0	0	0	0	0
			Corydalidae	Chauliodinae (Sf)	0	0	0	0	0	0
			NI	-	2	0	0	0	2	0
				-	0	0	1	0	0	0
			Calopterygidae	<i>Calopteryx</i>	0	0	0	1	0	0
				<i>Hetaerina</i>	0	0	0	0	0	0
			Coenagrionidae	-	0	0	0	0	0	0
				-	0	1	1	3	3	0
		<b>Odonata</b>		<i>Agriogomphus</i>	0	0	1	0	0	0
				<i>Archaeogomphus</i>	0	0	1	0	0	0
				<i>Epigomphus</i>	0	0	0	0	0	0
			Gomphidae	<i>Erpetogomphus</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Perivigomphus</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Phyllogomphoides</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Progomphus</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Zonophora</i>	0	0	0	0	0	0
			Libellulidae	-	0	1	5	1	0	0
				-	0	0	0	0	0	0
		<b>Plecoptera</b>	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	0	0	10	4	0	0
				<i>Enderleina</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Macrogynoplax</i>	2	0	0	0	0	0
			NI	-	7	0	3	11	0	0
		<b>Trichoptera</b>	Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	3	0	1	0	0	0
			Glossosomatidae	<i>Mortoniella</i>	0	0	0	0	0	0
			Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	0	3	5	1	0	0

Filo	Classe	Ordem	Família	Ano	Abril / 2016					
				(Gen./Sf/ Mor)	Ref_01	Ref_02	Ref_03	Kal_01	Kal_02	Kal_03
				<i>Hydropsyche</i>	4	0	0	36	0	0
			Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Macrostemum</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Smicridea</i>	0	0	0	0	0	0
				Genêro A	0	0	0	0	0	0
				-	0	0	0	0	0	0
			Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Oecetis</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Triplectides</i>	0	0	2	0	0	0
				<i>Anastomoneura</i>	0	0	0	0	0	0
			Odontoceridae	<i>Marilia</i>	0	0	0	0	0	0
				-	0	0	0	0	0	0
			Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	0	0	0	0	0	0
				-	0	0	0	0	0	0
			Polycentropodidae	<i>Cernotina</i>	0	0	2	0	0	0
				<i>Cyrnellus</i>	0	0	1	0	0	0
				-	0	0	0	0	0	0
			Sericostomatidae	<i>Notidobiella</i>	0	0	0	0	0	0
		<b>Veneroidea</b>	Corbiculidae	<i>Corbícula</i>	0	0	0	0	0	0
<b>Mollusca</b>	<b>Bivalvia</b>	<b>Basommatophora</b>	Ancylidae	-	0	1	0	0	0	0
		<b>Unionoidea</b>	Hyriidae	-	0	0	0	0	0	0
	<b>Gastropoda</b>	<b>Pomacea</b>	Ampullaridae	-	0	1	17	0	0	0
<b>Nematoda</b>		-	-	-	0	2	0	0	1	0
<b>Platyhelminthes</b>	<b>Turbellaria</b>	-	-	-	0	0	0	0	0	0
Abundância absoluta					125	17	190	209	77	30

**Anexo 9.** Classificação taxonômica e abundância da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em todos os trechos dos igarapés Referência (Referência 01, Referência 02, Referência 03) e Kalunga (Kalunga 01, Kalunga 02, Kalunga 03) no período de Estiagem (Novembro) de 2016. **Legenda:** **Ref\_01:** Referência 01; **Ref\_02:** Referência 02; **Ref\_03:** Referência 03; **Kal\_01:** Kalunga 01; **Kal\_02:** Kalunga\_02; **Kal\_03:** Kalunga 03; Gên./Mor/Sf= Gênero/Morfotipo/Subfamília. **Observação:** Os táxons presentes na coluna (Gên/Mor/Sf) que não estão enquadrados na categoria de gênero foram classificados como Morfotipo ou Subfamília.

Filo	Classe	Ordem	Família	Ano						
				(Gen./ Sf/ Mor)	Novembro de 2016					
					Ref_01	Ref_02	Ref_03	Kal_01	Kal_02	Kal_03
	NI	-	-	-	0	0	0	0	0	0
Annelida	Hirundinida	-	-	-	0	0	2	0	0	0
		Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	-	0	0	0	0	0	0
	Oligochaeta	NI	-	-	0	27	6	0	0	0
		Haplotaxida	Alluroididae	-	0	0	0	3	0	3
Arachnida	Acari	Araneae	Naididae	<i>Tubificinae</i>	0	0	0	0	0	0
			-	-	0	0	3	0	1	0
	NI	-	-	0	0	0	0	0	0	
Crustacea	Decapoda	Palaemonidae	-	-	0	0	0	0	0	0
			<i>Macrobrachium</i>	0	0	0	0	0	0	1
	Blattodea	NI	-	-	0	0	0	0	0	0
		Termitas	-	-	0	0	0	0	0	0
Artrhopoda	Insecta	Coleoptera	Dytiscidae	-	0	15	52	0	0	0
			<i>Laccophilus</i>	0	0	0	0	0	0	
	Dryopidae	NI	-	-	0	0	0	0	0	0
		<i>Oropelmus</i>	0	0	0	0	0	0	0	
		-	0	0	37	2	0	0		
		<i>Cylloepus</i>	0	0	0	3	0	0		
		<i>Heterelmis</i>	0	0	0	2	0	0		
		Elmidae	<i>Hexacylloepus</i>	0	0	1	0	0	0	
<i>Neoelmis</i>	0	0	8	1	0	0				
<i>Phanoceroides</i>	0	0	1	0	0	0				
<i>Xenelmis</i>	0	0	46	2	0	0				

Filo	Classe	Ordem	Família	Ano		Novembro de 2016				
				(Gen./ Sf/ Mor)	Ref_01	Ref_02	Ref_03	Kal_01	Kal_02	Kal_03
			Hydrophilidae	-	0	0	0	0	0	0
			Noteridae	-	0	0	0	0	0	0
			Ptilodactylidae	-	0	0	0	0	0	0
			Scirtidae	-	0	0	0	0	0	0
		<b>Collembola</b>	-	-	0	0	0	0	0	0
					0	0	0	5	0	0
			Ceratopogonidae	<i>Ceratopogoninae</i>	0	4	7	0	1	5
				<i>Probezzia</i>	0	0	0	0	0	0
				-	0	0	0	0	2	0
				<i>Chironominae</i>	0	26	5	9	26	7
			Chironomidae	Orthoclaadiinae(Sf)	0	5	87	10	3	4
				Tanypodinae(Sf)	0	0	8	0	9	0
		<b>Diptera</b>	Empididae	-	0	0	0	0	1	0
				-	0	0	0	0	0	0
			Simuliidae	<i>Simulium</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Arachnephia</i>	0	0	0	0	0	0
			Tabanidae	-	0	0	4	2	2	0
				-	0	7	35	4	0	0
			Tipulidae	Tipulidae A (Mor)	0	0	0	0	0	0
				Tipulidae B (Mor)	0	0	0	0	0	0
			NI	-	0	0	0	0	0	0
			Euthyplociidae	<i>Campylocia</i>	0	0	0	0	0	0
		<b>Ephemeroptera</b>		-	0	0	0	0	0	0
			Leptophlebiidae	<i>Hagenulopsis</i>	0	0	11	0	0	0
				-	0	0	3	0	0	0
			NI	-	0	0	0	0	0	0
			Belostomatidae	-	0	0	0	0	0	0
		<b>Hemiptera</b>	Corixidae	-	0	0	0	0	0	0
			Gerridae	-	0	0	0	0	0	0
			Naucoridae	<i>Limnocoris</i>	0	0	6	0	0	0
				<i>Pelocoris</i>	0	0	0	1	0	0

Filo	Classe	Ordem	Família	Ano	Novembro de 2016					
				(Gen./ Sf/ Mor)	Ref_01	Ref_02	Ref_03	Kal_01	Kal_02	Kal_03
			Notonectidae	<i>Buena</i>	0	1	0	0	0	0
			Veliidae	-	0	0	0	0	0	0
		<b>Hymenoptera</b>	-	-	0	0	0	0	0	0
		<b>Lepdoptera</b>	Crambidae	<i>Petrophila</i>	0	0	0	0	0	0
			Tortricidae	-	0	0	0	0	0	0
		<b>Megaloptera</b>	Corydalidae	NI	0	0	0	0	0	0
			Corydalidae	Chauliodinae(Sf)	0	0	5	0	0	0
			NI	-	0	0	0	1	0	0
			Calopterygidae	-	0	0	0	0	0	0
			Calopterygidae	<i>Calopteryx</i>	0	0	0	0	0	0
			Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	0	0	0	0	0	0
			Coenagrionidae	-	0	0	0	0	1	0
				-	0	0	2	0	0	0
				<i>Agriogomphus</i>	0	0	0	0	0	0
		<b>Odonata</b>		<i>Archaeogomphus</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Epigomphus</i>	0	0	0	1	0	0
			Gomphidae	<i>Erpetogomphus</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Perivigomphus sp</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Phyllogomphoides</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Progomphus</i>	0	0	0	1	0	0
				<i>Zonophora</i>	0	0	0	0	0	0
			Libellulidae	-	0	0	0	0	1	0
				-	0	0	2	0	0	0
		<b>Plecoptera</b>		<i>Anacroneuria</i>	0	0	0	5	0	0
			Perlidae	<i>Enderleina</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Macrogynoplax</i>	0	0	0	0	0	0
			NI	-	0	0	0	0	0	0
		<b>Trichoptera</b>	Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	0	0	0	2	0	0
			Glossosomatidae	<i>Mortoniella</i>	0	0	0	0	0	0
			Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	0	0	11	3	0	0
			Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i>	0	0	0	0	0	0

Filo	Classe	Ordem	Família	Ano	Novembro de 2016					
				(Gen./ Sf/ Mor)	Ref_01	Ref_02	Ref_03	Kal_01	Kal_02	Kal_03
				<i>Leptonema</i>	0	1	3	1	0	0
				<i>Macrostemum</i>	0	0	0	2	0	0
				<i>Smicridea</i>	0	0	23	8	1	0
				<i>Gênero A</i>	0	0	0	0	0	0
				-	0	0	0	0	0	0
			Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Oecetis</i>	0	0	0	1	0	0
				<i>Triplectides</i>	0	0	1	0	0	0
				<i>Anastomoneura</i>	0	0	17	0	0	0
			Odontoceridae	<i>Marilia</i>	0	0	0	0	0	0
				-	0	0	0	0	0	0
			Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	0	0	2	0	0	0
				NI	0	0	0	0	0	0
			Polycentropodidae	<i>Cernotina</i>	0	0	0	0	1	0
				<i>Cyrnellus</i>	0	0	0	0	0	0
				-	0	0	0	0	0	0
			Sericostomatidae	<i>Notidobiella</i>	0	0	0	3	0	0
		Veneroidea	Corbiculidae	<i>Corbicula</i>	0	0	0	0	0	0
Mollusca	Bivalvia	Basommatophora	Ancylidae	-	0	0	0	0	0	0
		Unionoidea	Hyriidae	-	0	0	0	0	0	0
	Gastropoda	Pomacea	Ampullaridae	-	0	0	1	0	0	0
Nematoda		-	-	-	0	0	7	0	0	0
Platyhelminthes	Turbellaria	-	-	-	0	0	1	1	0	0
Abundância absoluta					0	86	397	73	49	20



**Anexo 10.** Classificação taxonômica e abundância da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em todos os trechos dos igarapés Referência (Referência 01, Referência 02, Referência 03) e Kalunga (Kalunga 01, Kalunga 02, Kalunga 03) no período de Chuva (Abril) de 2017. **Legenda:** **Ref\_01:** Referência 01; **Ref\_02:** Referência 02; **Ref\_03:** Referência 03; **Kal\_01:** Kalunga 01; **Kal\_02:** Kalunga\_02; **Kal\_03:** Kalunga 03; Gên./Mor/Sf= Gênero/Morfotipo/Subfamília. **Observação:** Os táxons presentes na coluna (Gên/Mor/Sf) que não estão enquadrados na categoria de gênero foram classificados como Morfotipo ou Subfamília.

Filo	Classe	Ordem	Família	Ano	Abril / 2017						
				(Gen/ S/ Mor)	Ref_01	Ref_02	Ref_03	Kal_01	Kal_02	Kal_03	
	NI	-	-	-	3	0	0	0	0	0	
Annelida	Hirundinida	-	-	-	0	0	1	0	0	0	
		Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	-	0	0	0	0	0	0	
	Oligochaeta	NI	-	-	0	0	10	0	0	0	
		Haplotaxida	Alluroididae	-	0	0	0	0	0	0	
			Naididae	<i>Tubificinae</i>	0	0	0	0	0	0	
Arachnida	Acari	-	-	-	2	0	0	1	0	0	
		Araneae	-	-	0	0	0	0	0	0	
	NI	-	-	-	0	0	0	0	0	0	
Crustacea	Decapoda	-	-	-	0	0	0	0	0	0	
		Palaemonidae	-	-	0	0	0	0	0	0	
			<i>Macrobrachium</i>	-	0	0	1	0	0	1	
	Blattodea	NI	-	-	0	0	0	1	0	0	
Arthropoda	Blattodea	Termitas	-	-	0	0	0	0	0	0	
		Dytiscidae	-	-	0	0	2	0	0	0	
			<i>Laccophilus</i>	-	0	0	0	0	0	0	
	Insecta	Coleoptera	NI	-	-	0	1	0	0	0	0
			Dryopidae	-	-	0	0	0	0	0	0
				<i>Oropelmus</i>	-	0	0	0	0	0	0
				-	-	8	0	21	8	0	0
			<i>Cylloepus</i>	-	0	0	0	0	0	0	
			<i>Heterelmis</i>	-	0	0	0	0	0	0	
			Elmidae	<i>Hexacylloepus</i>	-	0	0	0	0	0	0
			<i>Neoelmis</i>	-	0	0	0	0	0		
			<i>Phanoceroides</i>	-	0	0	0	0	0		
			<i>Xenelmis</i>	-	0	0	0	7	0		
		Hydrophilidae	-	-	0	0	0	0	0	0	

Filo	Classe	Ordem	Família	Ano	Abril / 2017					
				(Gen/ S/ Mor)	Ref_01	Ref_02	Ref_03	Kal_01	Kal_02	Kal_03
			Noteridae	-	12	1	0	0	0	0
			Ptilodactylidae	-	0	0	2	3	0	0
			Scirtidae	-	0	0	0	0	0	0
		<b>Collembola</b>	-	-	0	0	0	0	0	1
			-	-	0	0	0	0	16	3
			Ceratopogonidae	<i>Ceratopogoninae</i>	2	0	6	2	0	0
				<i>Probezzia</i>	0	0	0	0	0	0
				-	66	0	77	0	54	25
				<i>Chironominae</i>	0	0	0	117	0	0
			Chironomidae	Orthocladiinae(Sf)	0	0	0	0	0	0
				Tanypodinae(Sf)	0	0	0	0	0	0
		<b>Diptera</b>	Empididae	-	0	0	0	2	0	0
			-	-	1	0	2	0	0	0
			Simuliidae	<i>Simulium</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Arachnephia</i>	0	0	0	0	0	0
			Tabanidae	-	0	0	2	3	1	0
			-	-	5	0	5	2	0	0
			Tipulidae	Tipulidae A	0	0	0	0	0	0
				Tipulidae B	0	0	0	0	0	0
			NI	-	5	0	1	0	0	0
			Euthyplociidae	<i>Campylocia</i>	0	0	4	0	0	0
		<b>Ephemeroptera</b>	-	-	0	0	0	0	0	0
			Leptophlebiidae	<i>Hagenulopsis</i>	0	0	0	0	0	0
			-	-	0	0	0	0	0	0
			NI	-	0	0	0	0	0	0
			Belostomatidae	-	2	0	0	3	0	0
			Corixidae	-	0	1	3	0	0	0
		<b>Hemiptera</b>	Gerridae	-	0	5	0	0	0	0
				<i>Limnocoris</i>	0	0	0	0	0	0
			Naucoridae	<i>Pelocoris</i>	0	0	0	0	0	0
			Notonectidae	<i>Buena</i>	0	0	0	0	0	0

Filo	Classe	Ordem	Família	Ano	Abril / 2017					
				(Gen/ S/ Mor)	Ref_01	Ref_02	Ref_03	Kal_01	Kal_02	Kal_03
			Veliidae	-	0	0	0	3	0	0
		<b>Hymenoptera</b>	-	-	0	0	3	0	0	0
		<b>Lepdoptera</b>	Crambidae	<i>Petrophila</i>	0	0	0	0	0	0
			Tortricidae	-	0	0	0	0	0	0
		<b>Megaloptera</b>	Corydalidae	NI	1	0	0	0	0	0
			Corydalidae	Chauliodinae(Sf)	0	0	0	0	0	0
			NI	-	2	0	0	0	2	0
			Calopterygidae	-	0	0	1	0	0	0
			Calopterygidae	<i>Calopteryx</i>	0	0	0	1	0	0
			Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	0	0	0	0	0	0
			Coenagrionidae	-	0	0	0	0	0	0
				-	0	1	1	3	3	0
				<i>Agriogomphus</i>	0	0	1	0	0	0
		<b>Odonata</b>		<i>Archaeogomphus</i>	0	0	1	0	0	0
				<i>Epigomphus</i>	0	0	0	0	0	0
			Gomphidae	<i>Erpetogomphus</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Perivigomphus sp</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Phyllogomphoides</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Progomphus</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Zonophora</i>	0	0	0	0	0	0
			Libellulidae	-	0	1	5	1	0	0
				-	0	0	0	0	0	0
		<b>Plecoptera</b>	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	0	0	10	4	0	0
				<i>Enderleina</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Macrogynoplax</i>	2	0	0	0	0	0
			NI	-	7	0	3	11	0	0
			Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	3	0	1	0	0	0
		<b>Trichoptera</b>	Glossosomatidae	<i>Mortoniella</i>	0	0	0	0	0	0
			Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	0	3	5	1	0	0
				<i>Hydropsyche</i>	4	0	0	36	0	0
			Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	0	0	0	0	0	0

Filo	Classe	Ordem	Família	Ano	Abril / 2017					
				(Gen/ S/ Mor)	Ref_01	Ref_02	Ref_03	Kal_01	Kal_02	Kal_03
				<i>Macrostemum</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Smicridea</i>	0	0	0	0	0	0
				Gênero A	0	0	0	0	0	0
				-	0	0	0	0	0	0
			Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Oecetis</i>	0	0	0	0	0	0
				<i>Triplectides</i>	0	0	2	0	0	0
				<i>Anastomoneura</i>	0	0	0	0	0	0
			Odontoceridae	<i>Marilia</i>	0	0	0	0	0	0
				-	0	0	0	0	0	0
			Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	0	0	0	0	0	0
				NI	0	0	0	0	0	0
			Polycentropodidae	<i>Cernotina</i>	0	0	2	0	0	0
				<i>Cyrnellus</i>	0	0	1	0	0	0
				-	0	0	0	0	0	0
			Sericostomatidae	<i>Notidobiella</i>	0	0	0	0	0	0
		Veneroidea	Corbiculidae	<i>Corbicula</i>	0	0	0	0	0	0
Mollusca	Bivalvia	Basommatophora	Ancylidae	-	0	1	0	0	0	0
		Unionoidea	Hyriidae	-	0	0	0	0	0	0
	Gastropoda	Pomacea	Ampullaridae	-	0	1	17	0	0	0
Nematoda		-	-	-	0	2	0	0	1	0
Platyhelminthes	Turbellaria	-	-	-	0	0	0	0	0	0
Abundância absoluta					125	17	190	209	77	30

**Anexo 11.** Lista de Abreviatura dos Táxons

<b>Táxon</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Táxon</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Táxon</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Táxon</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Táxon</b>	<b>Abreviatura</b>
Acari	Acari	Corixidae	Cori	Hydrophilidae	Hydl	<i>Peruvigonphus</i>	Peru	<i>Xenelmis</i>	Xene
<i>Agriogomphus</i>	Agri	Corydalidae	Cory	<i>Hydropsyche</i>	Hydch	<i>Petrophila</i>	Petr	<i>Zonophora</i>	Zono
Alluroididae	Allu	Crustacea	Crust	Hymenoptera	Hyme	<i>Phanoceroides</i>	Phan		
Ampullaridae	Ampu	<i>Cylloepus</i>	Cyllo	Hyriidae	Hyri	<i>Phylloicus</i>	Phyl		
<i>Anacroneuria</i>	Anac	<i>Cyrnellus</i>	Cyrn	<i>Leptonema</i>	Lepta	Ptilodactylidae	Ptil		
<i>Anastomoneura</i>	Anas	Decapoda	Deca	Leptophlebiidae	Leph1	Plecoptera	Plec		
Ancylidae	Ancy	Dryopidae	Dryo	<i>Laccophilus</i>	Lacco	<i>Progomphus</i>	Prog		
Annelida	Annel	Dytiscidae	Dyti	Libellulidae	Libe	Ptilodactylidae	Ptil		
Aranae	Aran	Elmidae adulto	Elmi_A	<i>Limnocoris</i>	Limno	<i>Phyllogomphoides</i>	<i>Phyll</i>		
<i>Arauchnephia</i>	Arau	Elmidae larva	Elmi_L	<i>Macrobrachium</i>	Macbr	Polycentropodidae	Poly		
<i>Archaeogomphus</i>	Arch	Empididae	Empi	<i>Macrogynoplax</i>	Macgy	<i>Probezzia</i>	Prob		
Belostomatidae	Belo	<i>Enderleina sp.</i>	<i>Ende</i>	<i>Macrostemum</i>	Macro	Sericostomatidae	Seric		
Blattodea	Blat	Ephemeroptera	Ephe	Leptoceridae	Lept	Simuliidae	Sime		
<i>Bueona</i>	Buen	<i>Epigomphus</i>	Epig	<i>Marilia sp.</i>	<i>Maril</i>	<i>Simulium</i>	Simi		
<i>Calopterix</i>	Calox	Nematoda	Nema	<i>Micrathyna</i>	<i>Micra</i>	<i>Smicridea</i>	Smic		
Calopterygidae	Caloe	<i>Erpetogonphus</i>	Erpe	<i>Nectopsyche</i>	Nect	Scirtidae	Scirt		
<i>Campylocia</i>	Camp	Euthyplociidae	Euth	<i>Mortoniella</i>	<i>Mort</i>	Tabanidae	Taba		
Ceratopogonidae	Ceda	Gerridae	Gerr	<i>Neoelmis</i>	Neoe	Tanypodinae	Tany		
Ceratopogoninae	Cena	Gomphidae	Gom	Noteridae	Note	Termitas	Term		
<i>Cernotina</i>	Cern	Gênero A .	GêneA	Notidobiella	Noti	Tipulidae	Tipu		
Chauliodinae	Chau	Glossiphonidae	Glos	Odonata	Odon	Tipulidae_A	Tipu_A		
<i>Chimarra</i>	Chima	<i>Hagenulopsis</i>	Hage	Odontoceridae	Odont	Tipulidae_B	Tipu_B		
Chironomidae	Chidae	<i>Helicopsyche</i>	Heli	<i>Oecetis</i>	Oece	Tortricidae	Tortr		
Chironominae	Chinae	<i>Hetaerina</i>	Heta	Oligochaeta	Olig	Trichoptera	Trich		
Coenagrionidae	Coen	Hemiptera	Hemi	<i>Oropelmus</i>	Orop	Triplectides	Triple		
Coleoptera	Coleo	Heterelmis	Hete	Orthoclaadiinae	Orth	Turbellaria	Turb		
Collembola	Coll	Hexacylloepus	Hexa	Palaeomonidae	Pala	Tubificinae	Tubi		
Corbícula	Corb	Hirudinea	Hiru	<i>Pelocoris</i>	Pelo	Veliidae	Veli		

**Anexo 12.** Autovalores da Análise de Correspondência Destendenciada (DCA) baseada nos dados de Abundância Total e nos dados de contribuição de cada substrato para formação dos leitos nos trechos dos igarapés Kalunga e Referência. Observação: Autovalores representam o percentual de explicação de cada eixo.

<b>Eixos</b>	<b>Autovalor</b>
<b>1</b>	0,6838
<b>2</b>	0,2519
<b>3</b>	0,0756
<b>4</b>	0,007232

**Anexo 13.** Autovalores da Análise de Correspondência Destendenciada (DCA) baseada nos dados de ocorrência e nos dados de contribuição de cada substrato para formação dos leitos nos trechos dos igarapés Kalunga e Referência. Observação: Autovalores representam o percentual de explicação de cada eixo.

<b>Eixos</b>	<b>Autovalor</b>
<b>1</b>	0,66190
<b>2</b>	0,27560
<b>3</b>	0,09764
<b>4</b>	0,01675

**Anexo 14.** Categorização dos Macroinvertebrados em Grupos Funcionais Tróficos e sua distribuição ao longo de um gradiente longitudinal nos igarapés Referência e Kalunga (trechos 1, 2 e 3). **Siglas:**

**Ref\_01** =Referência\_01; **Ref\_02**=Referência\_02; **Ref\_03**=Referência\_03; **Kal\_01**=Kalunga\_01; **Kal\_02**=Kalunga\_02; **Kal\_03**=Kalunga\_03

	Ref_01	Ref_02	Ref_03	Kal_01	Kal_02	Kal_03	
<b>COLETOR-CATADOR</b>	Ceratopogonidae (1/3)	17	8	16	35	7	2
	Ceratopogoninae (1/2)	1	2	7	1	1	3
	Chironomidae (1/3)	22	85	69	269	20	13
	Collembola	0	0	0	0	0	1
	<i>Cylloepus</i>	0	0	0	3	0	0
	Elmidae (larva)	5	1	32	15	0	0
	Euthyplociidae	3	0	3	0	0	0
	Heterelmis	0	0	2	3	0	0
	Hexacylloepus	9	0	196	0	0	0
	Leptoceridae	0	0	0	2	0	0
	Leptonema	0	1	5	2	1	0
	<i>Macrobrachium</i>	0	2	6	0	0	1
	<i>Macrostemum</i>	0	1	0	2	0	0
	Nematoda	16	3	10	0	1	0
	<i>Neoelmis</i>	24	29	38	44	0	0
	Oligochaeta	0	27	17	0	0	0
	Orthoclaadiinae (1/2)	27	10	71	17	7	3
	<i>Phanoceroides</i>	0	0	12	13	0	0
	Scirtidae	0	0	2	14	0	0
	Smicridea	0	8	33	21	4	5
	Tipulidae (1/2)	11	8	25	11	0	0
	Tipulidae B (1/2)	1	0	8	0	0	0
	Tubificinae	6	2	0	0	0	0
<i>Xenelmis</i>	0	13	95	26	0	0	
<b>TOTAL</b>	<b>141</b>	<b>190</b>	<b>607</b>	<b>451</b>	<b>35</b>	<b>22</b>	
<b>COLETOR-FILTRADOR</b>	<i>Arachnephia</i>	0	0	1	0	0	0
	<i>Campylocia</i>	0	0	10	0	0	0
	<i>Chimarra</i>	0	0	2	0	0	0
	Chironomidae (1/3)	22	85	69	269	20	13
	Corbicula	1	0	0	0	0	0

	Ref_01	Ref_02	Ref_03	Kal_01	Kal_02	Kal_03	
FRAGMENTADOR	Hydropsyche	5	0	0	39	1	0
	Hyriidae	0	2	0	0	0	0
	Leptonema	0	1	5	2	1	0
	<i>Macrostemum</i>	0	1	0	2	0	0
	Simuliidae	1	0	3	1	0	1
	<i>Simulium</i>	0	0	9	0	0	0
	Smicridea	0	8	33	21	4	5
	<b>TOTAL</b>	<b>29</b>	<b>97</b>	<b>135</b>	<b>336</b>	<b>26</b>	<b>19</b>
	Blattodea	0	0	0	1	0	0
	Chironominae	11	40	8	126	39	8
	Dryopidae	0	0	1	1	0	0
	Gênero A	0	0	0	7	0	0
	<i>Nectopsyche</i>	1	1	0	18	0	0
	<i>Notidobiella</i>	0	0	0	3	0	0
	<i>Oecetis</i>	0	0	0	1	0	0
	<i>Oropelmus</i>	0	0	0	2	0	0
	Palaemonidae	0	0	0	0	0	1
	<i>Phylloicus</i>	3	2	2	9	0	0
	Ptilodactylidae	0	0	2	14	0	0
	Sericostomatidae	0	1	1	0	0	0
	Termitas	6	0	0	0	0	0
	Tipulidae	11	8	25	11	0	0
	Tipulidae B	1	0	8	0	0	0
	Tortricidae	0	0	1	0	0	0
	<i>Triplectides</i>	0	0	3	0	0	0
	<b>TOTAL</b>	<b>32</b>	<b>52</b>	<b>51</b>	<b>193</b>	<b>39</b>	<b>9</b>
	Acari	3	0	7	1	1	0
	<i>Agriogomphus</i>	0	0	1	0	0	0
	Alluroididae	4	0	0	3	0	4
	<i>Anacroneuria</i>	0	0	12	25	0	6
	<i>Anastomoneura</i>	0	0	17	0	0	0
	Araneae	1	0	1	0	0	0
<i>Archaeogomphus</i>	0	0	1	0	0	0	
Belostomatidae	2	0	0	3	0	0	



	Ref_01	Ref_02	Ref_03	Kal_01	Kal_02	Kal_03	
<b>PREDADOR</b>	<i>Buenoa</i>	0	1	0	0	0	
	Calopterygidae	1	1	1	0	0	
	<i>Calopteryx</i>	0	0	0	1	0	
	Ceratopogonidae (1/3)	17	8	16	35	7	2
	Ceratopogoninae(1/2)	1	2	7	1	1	3
	<i>Cernotina</i>	4	2	7	0	2	1
	Chauliodinae	0	0	5	0	0	0
	Chironomidae (1/3)	22	85	69	269	20	13
	Coenagrionidae	0	0	0	0	1	0
	Corydalidae	1	0	0	1	0	0
	Dytiscidae	0	15	61	0	0	0
	Empididae	1	5	0	10	1	1
	<i>Enderleina</i>	0	0	0	1	0	0
	Epigomphus	0	0	0	1	0	0
	<i>Erpetogomphus</i>	0	0	2	1	0	0
	Gerridae	0	5	0	0	0	0
	Glossiphoniidae	7	1	0	0	0	0
	Gomphidae	2	2	3	7	5	0
	Hemíptera	0	0	0	1	0	0
	<i>Hetaerina</i>	0	0	1	0	0	0
	Hirundinida	0	0	3	0	0	0
	Hydrophilidae	0	1	0	0	0	0
	Hymenoptera	0	0	3	0	0	0
	<i>Laccophilus</i>	0	0	0	3	0	0
	Libellulidae	0	1	6	1	1	0
	<i>Limnocois</i>	1	1	8	0	0	0
	<i>Macrogynoplax</i>	2	1	0	0	0	0
	<i>Marilia</i>	0	0	0	1	0	0
	<i>Micrathyna</i>	0	0	1	0	0	0
	Noteridae	12	1	0	0	0	0
	Odonata	3	0	1	1	2	0
	<i>Pelocoris</i>	0	0	0	1	0	0
	<i>Peruvigomphus</i>	0	1	2	0	0	0
	<i>Phyllogomphoides</i>	1	0	0	0	0	0
	Perlidae	0	0	2	0	0	0
	<i>Probezzia</i>	0	0	0	2	2	1
<i>Progomphus</i>	0	0	0	1	0	0	
Tababanidae	6	1	6	6	5	0	

	Ref_01	Ref_02	Ref_03	Kal_01	Kal_02	Kal_03	
<b>RASPADOR</b>	Tanypodinae	7	7	10	0	9	1
	Tipulidae_A	1	0	2	1	3	0
	Turbellaria	0	0	1	1	0	0
	Veliidae	0	1	0	5	0	0
	<i>Zonophora</i>	0	0	1	0	0	0
	<b>TOTAL</b>	<b>99</b>	<b>142</b>	<b>256</b>	<b>384</b>	<b>59</b>	<b>31</b>
	Ampullaridae	0	1	20	3	0	0
	Ancylidae	0	1	0	0	0	0
	Ceratopogonidae(1/3)	26	0	16	35	7	2
	Corixidae	0	1	5	0	0	0
	Elmidae (adulto)	8	0	40	4	0	0
	<i>Hagenulopsis</i>	0	0	11	0	0	0
	<i>Helicopsyche</i>	0	4	26	6	0	0
	Leptophlebiidae	1	0	5	0	0	0
	<i>Mortoniella</i>	0	0	12	0	0	0
	Odontoceridae	0	0	0	1	0	0
	Orthoclaadiinae (1/2)	27	10	71	17	7	3
	<i>Petrophila</i>	3	1	0	0	0	0
	<b>TOTAL</b>	<b>65</b>	<b>18</b>	<b>206</b>	<b>66</b>	<b>14</b>	<b>5</b>

**Anexo 15** - Autovalores da Análise de Componentes Principais com as métricas bióticas (Número de famílias, Número de táxons, Táxons Sensíveis, EPT/Chironomidae, % EPT, % Coletores Catadores, % Fragmentadores) utilizadas para a determinação da qualidade da água e integridade biótica dos igarapés Kalunga e Referência. Siglas: Ref\_01=Referência 01; Ref\_02=Referência\_02; Ref\_03=Referência 03; Kal\_01=Kalunga\_01; Kal\_02=Kalunga-02; Kal\_03=Kalunga=03.

Eixos	Autovalores	% Variância
<b>1</b>	4,7734	68,191
<b>2</b>	1,29777	18,54
<b>3</b>	0,669853	9,5693
<b>4</b>	0,251776	3,5968
<b>5</b>	0,00720334	0,1029