



UFRR

UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA - UFRR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS
CURSO DE MESTRADO EM RECURSOS NATURAIS

CAIO HENRIQUE DE ASSIS SANTOS

INFLUÊNCIA DA INTEGRIDADE DO HABITAT E DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS
SOBRE A COMUNIDADE DE ODONATA EM IGARAPÉS FLORESTADOS EM
RORAIMA

BOA VISTA, RR

2019

CAIO HENRIQUE DE ASSIS SANTOS

INFLUÊNCIA DA INTEGRIDADE DO HABITAT E DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS
SOBRE A COMUNIDADE DE ODONATA EM IGARAPÉS FLORESTADOS EM
RORAIMA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
graduação em Recursos Naturais – PRONAT
da Universidade Federal de Roraima, como
requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Boldrini

Coorientador: Prof. Dr. Leandro Juen

BOA VISTA, RR

2019

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal de Roraima

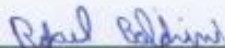
- S237i Santos, Caio Henrique de Assis.
Influência da integridade do habitat e das variáveis ambientais sobre a comunidade de Odonata em igarapés florestados em Roraima / Caio Henrique de Assis Santos. – Boa Vista, 2021.
49 f. : il.
- Orientador: Prof. Dr. Rafael Boldrini.
Coorientador: Prof. Dr. Leandro Juen.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Roraima, Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais.
- 1 – Libélulas. 2 – Zygoptera. 3 – Integridade do habitat. 4 – Mata ciliar. I – Título. II – Boldrini, Rafael (orientador). II – Juen, Leandro (coorientador).

CDU – 595.7(811.4)

CAIO HENRIQUE DE ASSIS SANTOS

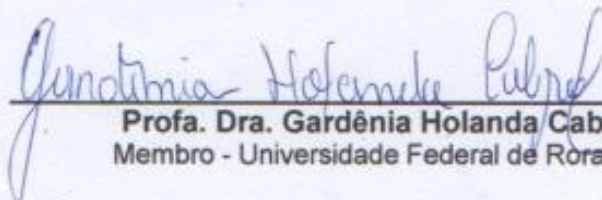
**VARIÁVEIS AMBIENTAIS E COMUNIDADES DE ODONATA EM IGARAPÉS
FLORESTADOS EM RORAIMA**

Dissertação apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Mestrado em Ciências Ambientais (Recursos Naturais) da Universidade Federal de Roraima, defendida em 23 de agosto de 2019 e avaliada pela seguinte Banca Examinadora:



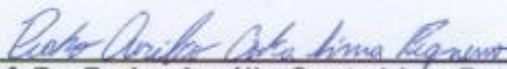
Prof. Dr. Rafael Boldrini

Orientador - Universidade Federal de Roraima



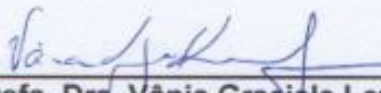
Profa. Dra. Gardênia Holanda Cabral

Membro - Universidade Federal de Roraima



Prof. Dr. Pedro Aurélio Costa Lima Pequeno

Membro - Universidade Federal de Roraima



Profa. Dra. Vânia Graciele Lezan Kowalczuk

Membro - Universidade Federal de Roraima

AGRADECIMENTOS

Em primeiro instante agradeço a CAPES/CNPQ pelo financiamento deste estudo e concessão da bolsa de Pós-graduação. Agradeço também ao financiamento do trabalho por meio do EDITAL Nº 06/2018/PRPPG/PRÓ-PESQUISA-AGP APOIO A GRUPOS DE PESQUISA e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, processo 401784/ 2016-9.

Ao programa de Pós-graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Roraima por oferecer formação pública de qualidade.

Ao professor Dr. Rafael Boldrini pela orientação no desenvolvimento do trabalho, pela disponibilização do Laboratório de Entomologia da Universidade Federal de Roraima - LABENT. Agradeço também pela ajuda nas viagens para coleta das libélulas.

Ao professor Dr. Leandro Juen pela orientação no desenvolvimento da dissertação. Agradeço também pelo apoio recebido durante meu estágio no Laboratório de Ecologia da Universidade Federal do Pará - LABECO. Agradeço ainda pela dedicação na disciplina de Estatística Aplicada a Estudos Ecológicos na qual obtive conhecimento para o desenvolvimento das análises estatísticas do presente trabalho.

Ao professor Me. Rodrigo Feltran pela disponibilização do aparelho multiparâmetro para medição das variáveis físico-químicas da água.

A Ismael Oliveira pela ajuda e disponibilidade de tempo para as viagens e coleta das libélulas.

A Rafael Bastos pelo apoio no LABECO e pela ajuda nas análises estatísticas do trabalho. Agradeço também ao colega Joás Brito na ajuda das análises estatísticas do estudo.

Aos colegas Lenize Calvão, Fernando Carvalho, Rafael Bastos, Cristian e Jorge Luiz na ajuda na identificação das libélulas e no meu treinamento.

A Bióloga Me. Keyty Oliveira que me deu todo suporte no dia-dia. Agradeço pela paciência e dedicação de estar sempre ao meu lado nas horas difíceis e boas.

Aos amigos do Curso de Mestrado em Recursos Naturais, pelas conversas e momentos de distração.

Aos professores do Curso de Mestrado em Recursos Naturais, por compartilhar suas experiências e conhecimentos.

Aos familiares que me prestaram apoio durante esse período.

Obrigado!

RESUMO

A floresta amazônica vêm sofrendo impactos ambientais decorrentes das alterações do uso do solo para fins antrópicos. Um desses impactos é a alteração da mata ciliar que é responsável por proteger e fornecer recursos e condições para a biodiversidade aquática, sua retirada ou diminuição pode gerar efeitos negativos para a comunidade de insetos aquáticos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das variáveis ambientais e da integridade ambiental sobre a comunidade de Odonata em igarapés florestados na Amazônia. Testamos as hipóteses de que: I. Igarapés florestados íntegros afetam positivamente a riqueza e abundância de espécies da subordem Zygoptera e negativamente espécies de Anisoptera e II. As variáveis ambientais, oxigênio dissolvido, largura da mata ciliar, temperatura da água e condutividade elétrica influenciam na riqueza, abundância e composição de espécies de Odonata em igarapés de floresta. Foram amostrados 14 igarapés, onde aplicamos o índice de integridade de habitat (IIH) para avaliar o estado de preservação dos ambientes e mensuramos as métricas ambientais tais como largura da mata ciliar, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e temperatura da água. Foram coletados 188 espécimes de Odonata, distribuídos em quatro famílias, 13 gêneros e 27 espécies. Sendo que das 27 espécies, 12 são novos registros para o estado de Roraima. A integridade ambiental (IIH) variou entre 0.432 e 0.887. A diminuição da integridade física dos igarapés não exerceu efeito significativo sobre a riqueza e abundância da ordem Odonata, no entanto encontramos relação positiva da largura da mata ciliar com a riqueza de espécies da subordem Zygoptera. Destacamos também que outras métricas tais como temperatura da água, largura da mata ciliar e vazão afetaram a riqueza e abundância da comunidade de Odonata. A relação positiva de zigópteros com o aumento da largura da mata ciliar pode indicar uma relação positiva dessa subordem com ambientes que possuem mata ciliar mais íntegra. A integridade do habitat não demonstrou efeito sobre a comunidade de Odonata. Esse fato pode ter ocorrido devido a baixa variação na integridade dos igarapés pois 11 igarapés apresentaram níveis altos de integridade. As relações positivas das variáveis ambientais com a comunidade de Odonata demonstraram que as características ambientais como a largura da mata ciliar e a temperatura da água são métricas importantes para a estruturação da comunidade de libélulas.

Palavras-chave: Libélulas. Zygoptera. Integridade do habitat. Mata ciliar.

ABSTRACT

The Amazon forest has been suffering environmental impacts resulting from changes in land use for anthropic purposes. One of these impacts is the alteration of the riparian forest, which is responsible for protecting and providing resources and conditions for aquatic biodiversity, its removal or reduction can generate negative effects for the aquatic insect community. The objective of this work was to evaluate the effect of environmental variables and environmental integrity on the Odonata community in forested streams in the Amazon. We tested the hypotheses that: I. Intact forested streams positively affect the richness and abundance of species of the suborder Zygoptera and negatively affect species of Anisoptera and II. Environmental variables, dissolved oxygen, riparian forest width, water temperature and electrical conductivity influence the richness, abundance and composition of Odonata species in forest streams. Fourteen streams were sampled, where we applied the Habitat Integrity Index (IIH) to assess the environmental preservation status and measured environmental metrics such as riparian forest width, dissolved oxygen, electrical conductivity and water temperature. 188 specimens of Odonata were collected, distributed in four families, 13 genera and 27 species. Of the 27 species, 12 are new records for the state of Roraima. The environmental integrity (IIH) ranged between 0.432 and 0.887. The decrease in the physical integrity of the streams did not have a significant effect on the richness and abundance of the order Odonata, however we found a positive relationship between the width of the riparian forest and the species richness of the suborder Zygoptera. We also highlight that other metrics such as water temperature, riparian forest width and flow affected the richness and abundance of the Odonata community. The positive relationship of zygopters with the increase in riparian forest width may indicate a positive relationship of this suborder with environments that have more intact riparian forest. Habitat integrity showed no effect on the Odonata community. This fact may have occurred due to the low variation in the integrity of the streams, as 11 streams had high levels of integrity. The positive relationships of environmental variables with the Odonata community demonstrated that environmental characteristics such as riparian forest width and water temperature are important metrics for structuring the dragonfly community.

Keywords: Dragonflies. Zygoptera. Habitat integrity index. Forested streams

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pontos amostrados na região A, Serra do Tepequém; Região B, Estação Ecológica de Maracá e região C, Mucajaí.....	20
Figura 2 – Índice de integridade dos igarapés amostrados: A. igarapé Cachoeirinha; B. igarapé Luís; C. igarapé Maracá L4; D. igarapé Paiva; E. igarapé Formiga e F. igarapé Barata.	21
Figura 3 - Equações do índice de integridade de hábitat baseado em Nessimian e colaboradores (2008).	22
Figura 4 - Método de varredura utilizado na amostragem das libélulas, adaptado de De Marco e colaboradores (1998).	23
Figura 5 – Novo registro da espécie <i>Acanthagrion apicale</i> (Coenagrionidae) para Roraima..	27
Figura 6 – Novo registro da espécie <i>Acanthagrion aeopiolum</i> (Coenagrionidae) para Roraima.	27
Figura 7 – Novo registro da espécie <i>Hetaerina rosea</i> (Calopterygidae) para Roraima.	28
Figura 8 - Riqueza observada de Odonata (Zygoptera) e riqueza estimada pelo procedimento de Jackknife 1 nos igarapés de floresta em Roraima. As barras representam o intervalo de confiança de 95%.....	31
Figura 9 - Riqueza observada de Odonata (Anisoptera) e riqueza estimada pelo procedimento de Jackknife 1 nos igarapés de floresta em Roraima. As barras representam o intervalo de confiança de 95%.....	32
Figura 10 - Integridade ambiental (IIH) e a riqueza de espécies de Odonata (A), riqueza de Zygoptera (B) e riqueza de Anisoptera (C).	33
Figura 11 - Integridade ambiental (IIH) e abundância de espécies de Odonata (A), abundância de Zygoptera (B) e Anisoptera (C).	34
Figura 12 - Abundância relativa de espécies de Zygoptera e Anisoptera amostrados no estado de Roraima, agrupados segundo o valor do IIH.	33
Figura 13. Análise de Redundância (RDA) sobre a composição de espécies nos igarapés amostrados.	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Localização dos igarapés amostrados em Roraima.....	19
Tabela 2 - Variáveis ambientais observadas nos igarapés amostrados em Roraima no período seco.....	25
Tabela 3 - Abundância de libélulas coletadas nos 14 igarapés de floresta em Roraima.	29
Tabela 4 - Regressão múltipla para a riqueza de espécies de Odonata em relação às variáveis ambientais nos igarapés florestados em Roraima. SE = erro padrão da regressão. .	36
Tabela 5 - Regressão múltipla para a abundância de espécies de Odonata em relação às variáveis ambientais nos igarapés florestados em Roraima. SE = erro padrão da regressão. .	36
Tabela 6 - Regressão múltipla para a riqueza de espécies de Zygoptera em relação às variáveis ambientais nos igarapés florestados em Roraima. SE = erro padrão da regressão. .	37
Tabela 7 - Regressão múltipla para a abundância de espécies de Zygoptera em relação às variáveis ambientais nos igarapés florestados em Roraima. SE = erro padrão da regressão.....	38
Tabela 8 - Regressão múltipla para a abundância de espécies de Anisoptera em relação às variáveis ambientais nos igarapés florestados em Roraima. SE = erro padrão da regressão.....	39

SUMARIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	IMPACTOS AMBIENTAIS EM IGARAPÉS FLORESTADOS	11
1.2	INTEGRIDADE AMBIENTAL E BIOINDICADORES	12
1.3	ASPECTOS GERAIS DA ORDEM ODONATA	13
1.3.1	Requisitos ecofisiológicos e padrão de distribuição.....	15
1.4	CONHECIMENTO SOBRE ODONATA PARA O ESTADO DE RORAIMA.....	16
2	OBJETIVOS	18
2.1	OBJETIVO GERAL	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3	MATERIAIS E MÉTODOS	19
3.1	ÁREA DE ESTUDO	19
3.2	ANÁLISE DA INTEGRIDADE DO HABITAT	21
3.3	VARIÁVEIS AMBIENTAIS DOS IGARAPÉS.....	22
3.4	AMOSTRAGEM DE ODONATA.....	23
3.5	ANÁLISE DOS DADOS	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1	VARIÁVEIS AMBIENTAIS DOS IGARAPÉS.....	25
4.2	DESCRIÇÃO DA COMUNIDADE	27
4.3	RIQUEZA ESTIMADA DE ODONATA NOS IGARAPÉS AMOSTRADOS.....	31
4.4	INTEGRIDADE AMBIENTAL – RIQUEZA E ABUNDÂNCIA	32
4.5	VARIÁVEIS AMBIENTAIS E A COMUNIDADE DE ODONATA	35
5	CONCLUSÕES	41
	REFERÊNCIAS	42
	ANEXO	49

1 INTRODUÇÃO

Os igarapés (nome regional para rios de pequena ordem) são componentes importantes da floresta, pois criam uma heterogeneidade estrutural marcante (LIMA; GASCON, 1999). Além disso, mantêm uma fauna diversa sustentada energeticamente, principalmente, pelo material orgânico proveniente das florestas adjacentes (HENDERSON; WALKER, 1986; NESSIMIAN et al., 1998). Essa dependência produz uma associação entre as características da floresta que circunda o igarapé, a riqueza de espécies e sua distribuição e abundância. Uma importante característica dos cursos d'água florestados é a mata ciliar, que são formações vegetais existentes nas margens de rios e igarapés (VOGEL; ZAWADZKI; METRI, 2009).

A mata ciliar ou vegetação ripária é um importante componente dos sistemas lóticos. Sua presença impede que haja arraste excessivo de sedimentos para o igarapé, além de interceptar e absorver a radiação solar, que contribui para a estabilidade térmica dos pequenos cursos d'água (STEINBLUMS; FROEHLICH; LYONS, 1984). Este tipo de vegetação serve de corredor para a dispersão de indivíduos e é habitat para muitas espécies de animais, contribuindo para o equilíbrio da comunidade (NAIMAN; DÉCAMPS, 1997). No caso da ordem Odonata a mata ciliar cria um ambiente propício para muitas espécies, pois nessas áreas há um equilíbrio entre luminosidade e temperatura que favorece a presença de muitas espécies (CARVALHO et al., 2018; MONTEIRO-JÚNIOR; JÜEN; HAMADA, 2015; MONTEIRO-JÚNIOR, et al., 2013).

Nas últimas décadas, os ecossistemas aquáticos em ambientes florestados têm sido alterados de maneira significativa em função de múltiplos impactos ambientais advindos de atividades antrópicas, tais como: mineração, construção de barragens e represas, desmatamento, poluição da água, entre outros. Essas atividades causam degradação ambiental em função da desestruturação do ambiente físico, químico e alteração da dinâmica natural das comunidades biológicas, podendo causar influência negativa na biodiversidade aquática e terrestre nos ecossistemas aquáticos (DUDGEON et al., 2006; GOULART; CALLISTO, 2003).

1.1 IMPACTOS AMBIENTAIS EM IGARAPÉS FLORESTADOS

O sistema lótico em área florestada é o ambiente com maior número de famílias de Odonata (CORBET, 1999). Os ecossistemas de água doce estão entre os mais ameaçados da Terra, devido à excessiva utilização dos recursos naturais, avanço da agricultura, poluição e

desmatamento. Nesse sentido a perda de biodiversidade nestes ambientes pode ser até cinco vezes maior do que em ambientes terrestres (DUDGEON, 2010; DUDGEON et al., 2006; FEARNSSIDE; BARBOSA; PEREIRA, 2013; NAKA; COHN-HAFT; SANTOS, 2010; VÖRÖSMARTY et al., 2010).

Diferentes impactos antropogênicos afetam os ecossistemas de água doce, em particular o desmatamento, pode alterar os gradientes ambientais naturais e reduzir a variabilidade dos habitats (BLEICH et al., 2015; CARVALHO et al., 2013; COUCEIRO et al., 2012; MONTEIRO-JÚNIOR et al., 2013). Essa degradação pode influenciar na perda de espécies sensíveis a mudanças ambientais podendo levar a homogeneização da comunidade com espécies resistentes (MONTEIRO-JÚNIOR et al., 2013).

A remoção da mata ciliar das áreas que fazem fronteira com os ecossistemas aquáticos agrava os efeitos do desmatamento e afeta as comunidades aquáticas (CABETTE et al., 2016). A ausência dessa vegetação resulta na redução do aporte de material alóctone, como detritos e matéria orgânica, podendo aumentar a penetração de luz solar no ambiente, assim aumentando a temperatura local (STEINBLUMS; FROEHLICH; LYONS, 1984). Isso pode gerar um desequilíbrio na riqueza e abundância de vários grupos que vivem nesses ambientes (BOJSEN; JACOBSEN, 2003; MIGUEL et al., 2017; MONTEIRO-JÚNIOR et al., 2013).

Nesse sentido, a compreensão de como as comunidades de insetos aquáticos respondem a mudanças ambientais tornam-se ferramentas fundamentais para avaliar a qualidade da água e mensurar a integridade dos ecossistemas aquáticos (BONADA et al., 2006; LAMMERT; ALLAN, 1999).

1.2 INTEGRIDADE AMBIENTAL E BIOINDICADORES

Entende-se por integridade ambiental a estabilidade ecológica e o equilíbrio dos padrões físico-químicos e bióticos de um ecossistema. A integridade físico-química de um ecossistema aquático é determinada pela qualidade da água em relação ao seu estado natural. As características físico-químicas da água podem ser determinadas pelos parâmetros: pH, temperatura, alcalinidade, condutividade elétrica entre outros (KARR, 1981). A integridade física de um ecossistema aquático refere-se ao grau de alteração do habitat em comparação ao seu estado natural (KLEYNHANS, 1996).

A avaliação da integridade do ambiente é realizada principalmente através da aplicação de protocolos de avaliação e índices biológicos, tendo como base a utilização de bioindicadores

de qualidade da água e hábitat (MIGUEL et al., 2017; CARVALHO et al., 2013; OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2017). Os principais métodos envolvidos abrangem o levantamento e avaliação de modificações na riqueza de espécies e índices de diversidade; abundância de organismos resistentes; perda ou presença de espécies sensíveis.

O índice de integridade de habitat tem como base o protocolo proposto por Petersen (1996) sendo posteriormente modificado e utilizado por Nessimian e colaboradores em 2008. Esse protocolo avalia várias características do ambiente tais como o uso da terra, o estado de preservação da mata ciliar, características do leito do igarapé entre outros. Ao final da avaliação é atribuído um valor numérico que indica o nível de degradação de um determinado ambiente. Uma forma de avaliar se as comunidades biológicas refletem o resultado encontrado no índice é relaciona-lo com a riqueza, abundância e composição das espécies no ambiente (BRASIL et al., 2020; NESSIMIAN et al., 2008; MIGUEL et al., 2017).

Existem muitos indicadores biológicos para avaliar a integridade dos ecossistemas aquáticos como peixes, algas e macroinvertebrados bentônicos. Macroinvertebrados bentônicos são organismos que habitam o fundo de ecossistemas aquáticos durante pelo menos parte de seu ciclo de vida, associado aos mais diversos tipos de substratos, tanto orgânicos (folhiço, macrófitas aquáticas), quanto inorgânicos (cascalho, areia, rochas, etc.) (FIDELIS; NESSIMINA; HAMADA, 2008). Dentre os macroinvertebrados destaca-se a ordem Odonata, que possui características de ser um bioindicador acessível e bem conhecido (CARVALHO et al., 2013; MIGUEL et al., 2017).

Os insetos da ordem Odonata são bioindicadores que podem ser utilizados para avaliação da integridade do habitat (MIGUEL et al., 2017; CARVALHO et al., 2013). Esses insetos ocupam a interface entre os ecossistemas aquáticos e terrestres e são sensíveis às mudanças ambientais. Apresentam ciclo de vida curto podendo refletir mais rapidamente as modificações do ambiente através de mudanças na estrutura das populações e comunidades (CARVALHO et al., 2013; MONTEIRO-JÚNIOR et al., 2013; OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2017).

1.3 ASPECTOS GERAIS DA ORDEM ODONATA

Os insetos são organismos adaptados a diversos ambientes, sejam eles aquáticos ou terrestres. As variações morfológicas, fisiológicas e comportamentais os possibilitam se alimentar e viver em uma ampla faixa de nichos. São encontrados em todos os tipos de

ecossistemas, sejam eles naturais ou antropizados (GULLAN; CRANSTON, 2007). Dentre os insetos, são considerados aquáticos aqueles que apresentam ao menos uma fase da vida (ovo, larva, pupa e adulto) na água, como é o caso dos Odonata, uma ordem de insetos hemimetábolos que passam os estágios de ovo e larva na água (SOUZA; COSTA; OLDRINI, 2007). Esta ordem está inserida no filo Arthropoda, subfilo Hexapoda e classe Insecta (GULLAN; CRANSTON, 2007).

A ordem Odonata é composta por insetos conhecidos popularmente como libélulas, possuem fase larval aquática nadadora e adulta terrestre voadora sendo encontrados em diversos habitats de água doce como lagos, rios e igarapés (NEISS; HAMADA, 2014). Odonata contempla uma diversidade de mais de 6.000 espécies descritas, distribuídas em três subordens, Anisoptera, Zygoptera e Anisozygoptera, sendo que apenas as duas primeiras ocorrem na região neotropical. Atualmente, no Brasil, essa ordem é composta por 860 espécies distribuídas em 15 famílias e 146 gêneros (PINTO, 2019).

Os imaturos, comumente chamados de larvas ou náíades são facilmente reconhecidos por apresentarem aparelho bucal mastigador em formato de colher (NEISS; HAMADA, 2014). As larvas de Odonata apresentam grande variedade morfológica, sendo adaptadas aos mais variados ambientes aquáticos (FIDELIS; NESSIMIAN; HAMADA, 2008). O período de desenvolvimento das larvas varia de alguns meses a vários anos de acordo com a espécie e condições ambientais, são predadores vorazes se alimentando de presas que localizam visualmente (NEISS; HAMADA, 2014).

As larvas podem ser encontradas em ambientes lênticos e lóticos nos mais diferentes tipos de substrato como areia, cascalho, folhas, macrófitas, galhos, etc. (FIDELIS; NESSIMIAN; HAMADA, 2008). Esses insetos geralmente vivem enterrados sob o sedimento ou escondidos na vegetação aquática, aumentando as chances de obter alimento e proteção contra predadores. Após o período larval aquático, as larvas passam por um processo de metamorfose fora da água e se transformam em adultos (CORBET, 1999; NEISS; HAMADA, 2014).

A fase adulta da ordem Odonata apresenta indivíduos alados e terrestres voadores com pouco tempo de vida, desde dias até alguns meses (SOUZA; COSTA; OLDRINI, 2007). As libélulas podem ser muito coloridas e vistosas e apresentam dimorfismo sexual na maioria das espécies. No geral, possuem corpo esguio com abdômen longo e estreito, cabeça grande, olhos compostos bem desenvolvidos e asas membranosas com várias nervuras (WAKELING, 1997). Alimentam-se de outros insetos capturando-os em voo ou quando capturam presas imóveis. Os

machos adultos são territorialistas, sendo encontrados próximos a cursos d'água onde disputam com outros machos o acasalamento com as fêmeas (CONRAD; PRITCHARD, 1992). As fêmeas visitam os corpos d'água para copular e ovipositar, selecionando os locais com maior chance de sobrevivência para as larvas (MICHIELS; DHONDT, 1989).

Os representantes adultos de Anisoptera têm asas anteriores e posteriores largas, com diferentes formatos, possuem grande capacidade de voo, podendo alcançar longas distâncias. Já os representantes de Zygoptera possuem asas pequenas, estreitas na base, de mesmo formato e têm capacidade de voo limitada quando comparado com anisópteros (CORBET, 1999).

As larvas e os adultos são importantes para o equilíbrio ecológico do ambiente, pois são predadoras vorazes que se alimentam de outros grupos de animais e também servem de alimento para aves, peixes, anfíbios entre outros (NEISS; HAMADA, 2014). Além de sua função ecológica, também podem ser utilizados como bioindicadores de qualidade do ambiente (KUTCHER; BRIED, 2013; MIGUEL et al., 2017).

Nos sistemas aquáticos, um dos meios para avaliação de impactos antropogênicos é o uso de bioindicadores. Para avaliação desses ambientes são utilizados organismos ou comunidades com características funcionais relacionadas a fatores ambientais que indicam mudanças no ambiente a partir de alterações em sua biota (MIGUEL et al., 2017; OLIVEIRA-JUNIOR et al., 2015; SILVA; DE MARCO; RESENDE, 2010).

Na ordem Odonata discute-se também padrões e restrições ecofisiológicas entre as espécies, nesse sentido acredita-se que a estrutura de suas comunidades pode se deslocar de forma previsível em resposta a mudanças nas condições ambientais locais. Essa relação foi observada em alguns trabalhos como, por exemplo: De Marco, Batista e Cabette (2015), Juen e De Marco (2011), Monteiro-Júnior e colaboradores (2013) e Oliveira Junior.

1.3.1 Requisitos ecofisiológicos e padrão de distribuição

Em relação ao padrão ecofisiológico, comportamento de voo e termorregulação, a ordem Odonata pode ser dividida em dois grupos: “*fliers*” (voadores), que permanecem a maior parte do tempo em atividade, voando entre locais próximos a cursos d'água ou mais distantes e “*perchers*” (pousadores), que permanecem a maior parte do tempo parados em um substrato, fazendo apenas voos curtos entre locais de ovoposição e forrageamento (CORBET, 2004; CORBET; MAY, 2008).

Os voadores são classificados como endotérmicos pois a produção de calor depende da atividade de voo. Essas espécies possuem em sua maioria tamanho corporal grande, com alta

capacidade de voo, agilidade e velocidade (CORBET; MAY, 2008; HEINRICH; CASEY, 1978).

Em relação aos pousadores, a produção de calor é proveniente da energia recebida do meio ambiente, principalmente pela luz do sol e da temperatura ambiental local. Nesse sentido são classificados como ectotérmicos. Geralmente são libélulas pequenas, com pouca velocidade e agilidade o que leva esses indivíduos a necessidade de utilização da energia externa para suas atividades (CORBET, 2004; CORBET; MAY, 2008).

Em geral Anisoptera e Zygoptera apresentam distribuição influenciada pelo clima, fatores físico-químicos da água e integridade ambiental (JUN; DE MARCO, 2012), no entanto Zygoptera demonstra requisitos ambientais específicos. Espécies dessa subordem apresentam comportamento pousador com capacidade dispersiva restrita e dependência da estrutura do habitat (CORBET, 1999; HECKMAN, 2008; HEISER; SCHMITT, 2009). Os integrantes dessa subordem geralmente habitam igarapés com cobertura vegetal densa, portanto espera-se que apresentem maior riqueza de espécies em ambientes íntegros e um decréscimo de sua riqueza em locais degradados, pois não conseguiriam sobreviver em ambientes com grande incidência de luz e calor (CARVALHO et al., 2013). As espécies de Anisoptera que apresentam comportamento voador estão normalmente associadas a ambientes abertos, com maior incidência de sol (CORBET, 1999), de modo que a riqueza e abundância de espécies da subordem devem ser maiores em ambientes com menor cobertura vegetal.

1.4 CONHECIMENTO SOBRE ODONATA PARA O ESTADO DE RORAIMA

Para Roraima há o registro de 9 famílias, 46 gêneros e 66 espécies (FLECK; FEITOZA; GOMES, 2018; MACHADO; MESQUITA; MACHADO, 1991). Os odonatos nesta região são pouco conhecidos, em relação as regiões próximas como a Venezuela e Amazonas com 527 e 164 espécies, respectivamente (DE MARMELS, 2017; NEISS; HAMADA, 2014). Além disso, algumas famílias ainda não foram registradas, como por exemplo, Platystictidae, Dicteriadidae, Corduliidae, Polythoridae e Megapodagrionidae que são comuns na região Amazônica. Nesse sentido, ressalta-se a necessidade de um maior esforço no estudo nessa região, como corrobora De Marco e Vianna (2005).

Nos últimos dez anos houve um aumento no número de pesquisas sobre insetos aquáticos em Roraima, o que vem contribuindo diretamente com o aumento das informações sobre a distribuição e ecologia de vários grupos incluindo a ordem Odonata (COUCEIRO et al., 2010; FLECK; FEITOZA; GOMES, 2018; MACHADO; MESQUITA; MACHADO,

1991). O conhecimento da Odonatofauna roraimense é pouco conhecido, existem poucos trabalhos publicados sobre esta ordem e também não há um conhecimento amplo sobre as espécies que ocorrem no Estado. Esse tipo de estudo é importante, pois visa melhorar a compreensão sobre a biodiversidade da Amazônia, além disso, pode contribuir para entender e mensurar as consequências dos possíveis impactos ambientais que podem estar ocorrendo ou acontecer no futuro.

2 OBJETIVOS

Visando responder os questionamentos levantados nesta dissertação, elaborou-se as seguintes hipóteses: I. Igarapés florestados íntegros afetam positivamente a riqueza de espécies da ordem Odonata e II. As variáveis ambientais (pH, temperatura da água, largura da mata ciliar, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e vazão da água) influenciam a riqueza, abundância e composição de espécies da ordem Odonata em igarapés de floresta.

2.1 OBJETIVO GERAL

Compreender a relação entre a integridade ambiental e a população de Odonata em igarapés florestados em Roraima.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar as variáveis ambientais amostradas;
- Conhecer a comunidade de Odonata em igarapés florestados;
- Estimar a riqueza da subordem Zygoptera e Anisoptera em igarapés florestados;
- Relacionar a integridade ambiental com a riqueza, abundância e composição de espécies amostradas;
- Comparar a comunidade de Zygoptera e Anisoptera em relação a integridade ambiental entre os igarapés estudados;
- Avaliar os efeitos das variáveis ambientais sobre a riqueza, abundância e composição de espécies da ordem Odonata.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Após a amostragem de 14 igarapés aonde foram medidas variáveis abióticas e aplicado o Índice de Integridade do Hábitat, coletou-se adultos de Odonata para identificação taxonômica. Os odonatos foram identificados em nível específico e tiveram a riqueza e abundância quantificadas, sendo em seguida realizados testes estatísticos para observar os questionamentos propostos nas hipóteses..

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em 14 igarapés (Tabela 1) em diferentes estados de preservação distribuídos em três regiões: Serra do Tepequém, Ilha de Maracá, e Mucajaí (Figura 1). Todos os ambientes caracterizados como área de floresta.

Roraima possui três tipos de clima de acordo com o sistema internacional de Koeppen, Af (tropical chuvoso com predomínio de florestas); Aw (Tropical chuvoso com predomínio de savanas) e Am (Tropical chuvoso com predomínio de chuvas de monção). A temperatura média varia de 20°C, nas zonas mais elevadas, a 38°C no território situado em níveis baixos em relação ao nível do mar (RORAIMA, 2019).

Tabela 1 - Localização dos igarapés amostrados em Roraima.

Código	Igarapé	Latitude	Longitude
Ua1	Cocal	03°45'12.00"N	61°42'42.00"W
Ua2	Paiva	03°46'28.70"N	61°43'04.20"W
Ua3	Cabo Sobral	03°48'16.70"N	61°44'31.70"W
Ua4	Barata	03°47'07.07"N	61°45'02.06"W
Ua5	Serra Grande	02°32'29.02"N	60°47'53,06"W
Ua6	Formiga	02°23'35.00"N	61°21'27.40"W
Ua7	Sossego	02°23'26.00"N	61°21'43.40"W
Ua8	Cachoerinha	02°32'11.10"N	61°09'33.30"W
Ua9	Sítio Luís	02°33'01.70"N	61°16'55.20"W
Ua10	Maracá N2	03°22'01.01"N	61°27'06.06"W
Ua11	Maracá N5	03°22'51.05"N	61°27'06.06"W
Ua12	Maracá L5	03°22'50.46"N	61°27'30.38"W
Ua13	Maracá L4	03°22'40.59"N	61°28'00.37"W
Ua14	Maracá L4.1	03°22'40.54"N	61°28'19.79"W

A ilha de Maracá é formada pela bifurcação do Rio Uraricoera. Os igarapés dessa região compartilham características semelhantes, possuem significativa matéria orgânica acumulada no fundo, principalmente folhas e material lenhoso com sedimento e mata ciliar preservada em continuidade com a floresta (Figura 2C).

A Serra do Tepequém faz parte de um conjunto de blocos rochosos de forma tabular, com altitude variando entre 550 e 1140m acima do nível do mar (BARBOSA, 1992). Em geral, os igarapés tem leito rochoso ou arenoso com pouca matéria orgânica no fundo, e alguns pontos com degradação da mata ciliar (Figura 2D e 2F). Na Serra Grande, o igarapé possui leito rochoso e mata ciliar preservada. Na região de Mucajaí os igarapés variaram em suas características como leito e estado de conservação da mata ciliar (Figura 2A, 2B e 2E).

Figura 1 - Pontos amostrados na região A, Serra do Tepequém; Região B, Estação Ecológica de Maracá e região C, Mucajaí.

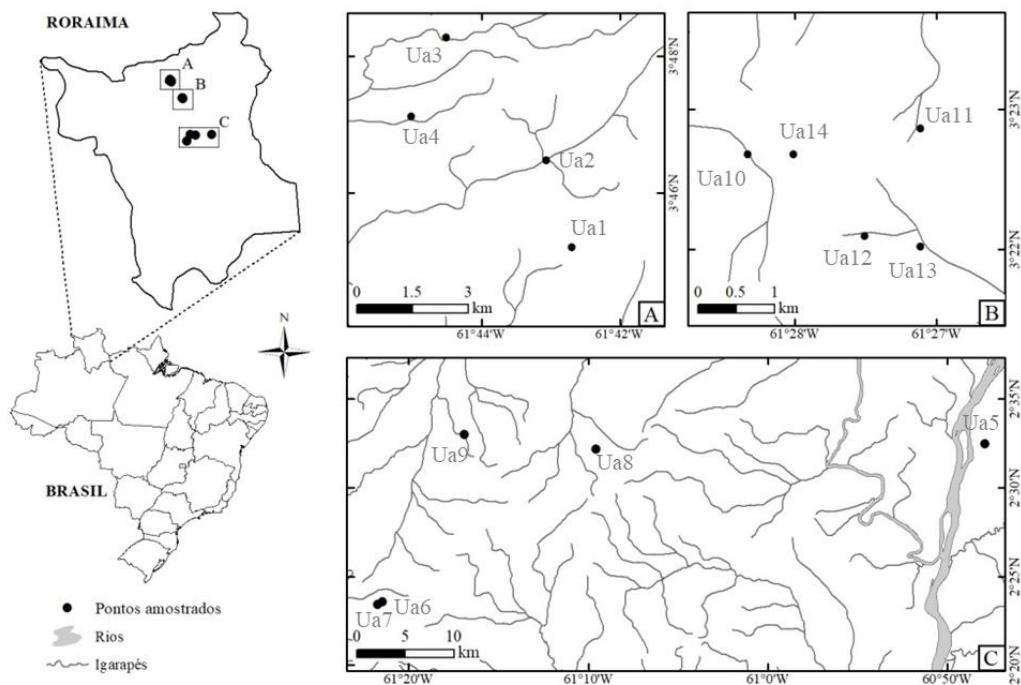


Figura 2 – Índice de integridade dos igarapés amostrados: A. igarapé Cachoeirinha; B. igarapé Luís; C. igarapé Maracá L4; D. igarapé Paiva; E. igarapé Formiga e F. igarapé Barata.



3.2 ANÁLISE DA INTEGRIDADE DO HABITAT

Os aspectos físicos da qualidade do ambiente de cada igarapé foram avaliados com o Índice de Integridade de Habitat (IIH) baseado em Nessimian e colaboradores (2008), que foi usado para medir o gradiente de impacto ambiental. Esse índice consiste em 12 questões que avaliam: o padrão de uso da terra além da vegetação ribeirinha; largura e estado de preservação da mata ciliar; estado da mata ciliar dentro de uma faixa de 10m; dispositivos de retenção e sedimentos no canal; estrutura do barranco do rio; escavação sobre o barranco; aparência do substrato de pedra; leito do rio; características das áreas de corredeiras, poções e meandros; vegetação aquática e detritos. Cada característica observada (perguntas) possui uma pontuação que pode variar de 0-6, sendo 0 a menor pontuação e 6 a máxima, para melhor compreensão observar o Anexo A no final do trabalho.

Em função do número de alternativas distintas, para cada pergunta (p_i) ter o peso igual na análise, os valores observados (a_0) foram padronizados dividindo pelo número máximo de alternativas possíveis para a pergunta: a_m – equação 1. O índice final é a média desses valores em relação ao número de variáveis amostradas: n – equação 2 (Figura 3). O valor do índice

deve variar de 0-1, assim, sendo que quanto maior o valor total obtido mais conservado será o ambiente.

Figura 3 - Equações do índice de integridade de hábitat baseado em Nessimian e colaboradores (2008).

$$p_i = \frac{a_o}{a_m} \quad \text{Equação 1}$$

$$HII = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{n} \quad \text{Equação 2}$$

3.3 VARIÁVEIS AMBIENTAIS DOS IGARAPÉS

Em cada igarapé registrou-se os parâmetros ambientais: oxigênio dissolvido (mg/L), temperatura (°C), pH e condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) utilizando-se sonda multiparamétrica Hanna HI9828. Esses parâmetros são importantes pois podem afetar diretamente a comunidade de Odonata.

Em cada localização do igarapé (coordenadas) foi medida a largura da mata ciliar através de imagem via satélite utilizando o programa Google Earth. A largura foi medida até o limite máximo de 1000m em três seções do transecto de 150m (início, meio e final) de cada lado do igarapé. Após as medições calculou-se a média da largura da mata ciliar.

Para mensurar os fatores físicos de largura, profundidade e velocidade da correnteza delimitou-se uma seção de seis metros em cada igarapé, determinando a porção inicial, média e final dentro do transecto de 150m do igarapé. A profundidade foi medida com um cano de PVC milimetrado; no sentido da esquerda para a direita do igarapé, olhando para montante. A velocidade da correnteza foi determinada através do método do objeto flutuante que consiste em determinar o tempo percorrido por um objeto em uma seção de seis metros do igarapé. Após essa verificação, utilizou-se os resultados da velocidade que o objeto percorreu a profundidade e a largura para calcular a vazão (PECK et al., 2006). A vazão média foi obtida através da seguinte equação:

$$Q = At \times Vm \quad \text{Onde: } Q = \text{Vazão}$$

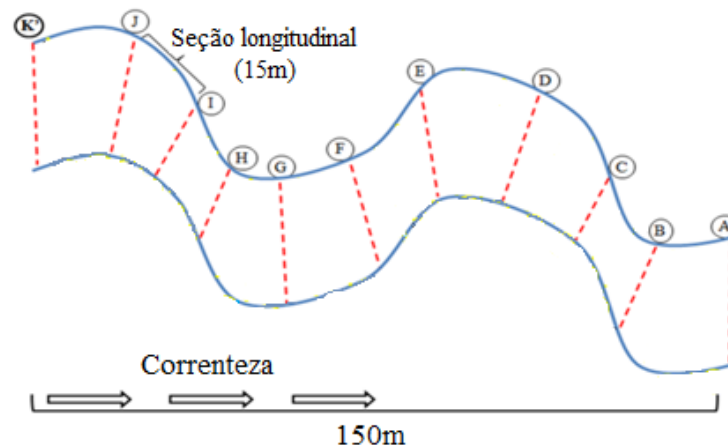
$$Vm = \text{Velocidade média da correnteza}$$

$$At = \text{Área transeccional média na seção transversal do curso de água}$$

3.4 AMOSTRAGEM DE ODONATA

A amostragem foi baseada no método de varredura com áreas fixas (DE MARCO, 1998), utilizado em outros trabalhos com eficiência de amostragem (JUNEN; DE MARCO, 2012; OLIVEIRA-JUNIOR et al., 2015). Esse método consiste na delimitação de um transecto de 150 metros dividido em 10 segmentos de 15 metros de comprimento. Cada segmento foi marcado com fitas fluorescentes com letras, iniciando na letra A até K (Figura 4). As coletas foram realizadas no período seco, totalizando 1 hora e 30 minutos de amostragem ativa utilizando uma rede entomológica (puçá) percorrendo todo o transecto de 150m (Figura 4).

Figura 4 - Método de varredura utilizado na amostragem das libélulas, adaptado de De Marco e colaboradores (1998).



Os espécimes coletados foram depositados dentro de envelopes de papel vegetal, devidamente identificados com local, data e segmento de captura (letra do transecto). Após a coleta, os indivíduos foram colocados dentro de um recipiente contendo solução de acetona pura, onde permaneceram entre 12 e 24 horas (CARVALHO, 2007). Após esse período, os insetos foram retirados da solução para secagem. Em seguida foram identificados através do uso de chaves de identificação até nível de espécie, tais como Garrison, Von Ellenrieder e Louton (2006); Heckman (2008, 2010); Lencioni (2005, 2006) e por meio de comparações com o material testemunho depositado na coleção do Laboratório de Ecologia e Conservação - LABECO da Universidade Federal do Pará - UFPA. Além disso, quando necessário, os exemplares foram enviados para especialistas. Após a identificação, os indivíduos foram depositados na coleção do LABECO na Universidade Federal do Pará.

3.5 ANÁLISE DOS DADOS

Cada igarapé amostrado foi considerado como uma unidade amostral independente nas análises. Para estimar a riqueza de espécie utilizou-se o estimador não paramétrico de Jackknife de primeira ordem, utilizando o programa *EstimateS* (COLWELL et al., 2012). Esse método é importante pois é difícil obter a riqueza absoluta encontrada em um ambiente. Este método é capaz de estimar a riqueza total, somando a riqueza observada (número de espécies coletadas) para um parâmetro calculado a partir do número de espécies raras (COLWELL; CODDINGTON, 1994). Esta técnica produz uma estimativa aproximada da riqueza de espécies em uma comunidade (KREBS, 1999), fornecendo um intervalo de confiança que permite a realização de comparações entre duas ou mais regiões amostradas. Essas comparações são feitas por sobreposição de intervalo de confiança: quando dois ou mais intervalos de confiança se sobrepõem não são diferentes.

Nas análises estatísticas as variáveis dependentes serão as métricas (riqueza, abundância e composição de espécies), enquanto que a variável independente será a integridade ambiental e as variáveis ambientais coletada em cada curso d'água.

A relação entre riqueza/abundância e integridade de fluxos obtidos pelo índice de integridade ambiental foi realizada através de análises simples de regressão linear. Este procedimento é um dos mais utilizados, uma vez que proporciona uma relação funcional entre as variáveis (ZAR, 2010).

Para avaliar a influência das variáveis ambientais sobre a riqueza e abundância das libélulas realizou-se uma regressão linear múltipla com as variáveis ambientais amostradas, aplicando o método *Forward selection* para selecionar as variáveis mais importantes dentro do modelo (ZAR, 2010). Para avaliar como as variáveis ambientais influenciam na composição de espécies realizou-se uma análise de redundância (RDA) com as variáveis mantidas no modelo. As espécies que ocorreram com abundâncias menor que 10 foram retiradas para melhor visualização do modelo.

Todas análises citadas acima foram realizadas utilizando o programa de análises estatísticas R, versão 3.2.2 para Windows (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016) utilizando os pacotes Vegan (DIXON, 2003), Stats (HENNINGSEN; OTT, 2011), *indicspecies* (CACERES; JANSEN, 2016) e *igraph* (CSARDI 2013).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a análise estatística dos dados biológicos e abióticos coletados, pesquisa em artigos científicos sobre o tema, foram obtidos os seguintes resultados e discussão.

4.1 VARIÁVEIS AMBIENTAIS DOS IGARAPÉS

Os locais amostrados apresentaram variação nos parâmetros ambientais mensurados (Tabela 2). O índice de integridade do hábitat (IIH) variou entre 0,432 e 0,887, sendo que os valores mais baixos foram registrados no igarapé Luís com IIH = 0.432 e igarapé do Paiva com IIH = 0.480. Os valores mais altos foram encontrados nos igarapés Cachoeirinha com IIH = 0.887 e Cocal com IIH = 0.833. O oxigênio dissolvido variou entre 0mg/L, como observado na Unidade amostral 13 – (Ua13, Maracá L.4) até valores de 7.95mg/L, como em Ua5, igarapé Serra Grande (Tabela 2).

A integridade ambiental apresentou baixa variação, 11 igarapés apresentaram IIH com valores altos, apresentando poucas características de degradação. Três igarapés apresentaram degradação da mata ciliar, uso do solo para cultivo e modificação no curso do igarapé com garimpo manual e irrigação.

Tabela 2 - Variáveis ambientais observadas nos igarapés amostrados em Roraima no período seco.

Igarapés	Variáveis ambientais						
	IIH	Oxigênio (mg/L)	pH	Temperatura °C	Condutividade (µS/cm)	Vazão (m³/s)	Largura (m)
Ua1	0,833	5,14	7,74	25,63	0	0,116	779
Ua2	0,480	5,54	5,65	31,93	0	0,114	44
Ua3	0,541	5,31	6,75	28,43	0	0,143	39
Ua4	0,726	5,25	6,86	27,73	0	0,079	106
Ua5	0,816	7,95	6,77	27,73	0	0,369	525
Ua6	0,810	2,69	7,19	23,99	0	0,051	587
Ua7	0,824	1,81	7,16	22,78	0	0,037	1000
Ua8	0,887	5,44	7,2	26,34	0	0,281	853
Ua9	0,432	3,68	6,37	27,85	0	0,273	462
Ua10	0,670	0,003	6,00	25,84	0,046	0	1000

Ua11	0,680	0,1	6,23	24,41	0,035	0	1000
Ua12	0,670	0,98	5,54	24,35	0,039	0	1000
Ua13	0,700	0	5,77	25,33	0,087	0	1000
Ua14	0,641	0,74	6,82	24,18	0,047	0	1000

Legenda. Ua1: igarapé Cocal, Ua2: igarapé do Paiva, Ua3: igarapé Cabo Sobral, Ua4: Cachoeira do Barata, Ua5: Serra Grande, Ua6: igarapé Formiga, Ua7: igarapé Sossego, Ua8: igarapé Cachoeirinha, Ua9: igarapé Luis, Ua10: Maracá N2, Ua11: Maracá N5, Ua12: Maracá L5, Ua13: Maracá L4, Ua14: Maracá L4.1. IIIH: Índice de Integridade de Habitat (0-1); Oxigênio dissolvido (mg/L); Mata ciliar (média da largura da mata ciliar em metros).

O pH (potencial hidrogeniônico) indicou ambientes com águas alcalinas, com pH = 7,74 (Ua1, igarapé Cocal), águas básicas com pH = 6,75 (igarapé Cabo Sobral) e locais com águas ácidas com pH = 5,54 (Maracá, L4). A temperatura da água variou entre 23,99°C (Ua6, igarapé Formiga) e temperaturas mais altas com 31,93°C em Ua2 (igarapé do Paiva). A condutividade elétrica variou entre 0 e 0,369µS/cm, sendo que cinco igarapés apresentaram condutividade elétrica zero (Tabela 2). A vazão variou entre 0 e 0,369m³/s, cinco igarapés não apresentaram vazão pois a água estava sem correnteza. A largura da mata ciliar variou de 39m em Ua3, igarapé do Paiva até 1000m de extensão em Ua 10-14, Maracá (Tabela 2).

As concentrações mais baixas de oxigênio em Ua10, Ua11, Ua12, Ua13 e Ua14 na região de Maracá podem ter ocorrido devido à baixa velocidade da água e pelo maior acúmulo de folhas, troncos e galhos no leito do igarapé. A combinação de águas mais lentas e acúmulo da matéria orgânica no fundo pode favorecer a maior consumo de oxigênio pela comunidade decompositora, diminuindo a concentração de oxigênio disponível na água (NORBERG, 1999). Os igarapés na região de Tepequém e Mucajaí apresentaram maiores valores de oxigênio dissolvido, provavelmente pelo fato de estarem em área de corredeira, assim apresentando maior vazão e velocidade da água.

Temperaturas mais baixas foram registradas em igarapés com IIIH alta e mata ciliar densa. Isso ocorre porque a vegetação ripária natural protege os cursos d'água da insolação direta e contribui para a redução da temperatura local, importante para o equilíbrio da biota aquática (LANDEIRO et al., 2012; MASESE et al., 2014). Igarapés que apresentaram mata ciliar degradada, como Ua2 e Ua3 apresentaram as maiores temperaturas da água. Essa característica pode contribuir com o aumento da incidência de radiação solar na água e aumentar a temperatura local (STEINBLUMS; FROEHLICH; LYONS, 1984).

A condutividade elétrica apresentou valores normais, pois de acordo com Von Sperling (2007) águas naturais apresentam teores de condutividade de até 100µS/cm e em nenhum

igarapé esse valor foi ultrapassado. De acordo com Esteves (2011) nas regiões tropicais a condutividade elétrica está relacionada com as características geoquímicas da região, condições climáticas (período chuvoso ou seco) ou impactos antrópicos na água. Bispo (2006) ressalta que somente em níveis críticos ou quando associados à poluição orgânica, a condutividade elétrica costuma afetar a distribuição da fauna. No geral, os fatores abióticos registrados não indicam nenhum tipo de poluição da água (Tabela 2), nesse sentido podemos caracterizar que as características da água são de boa qualidade para manutenção da comunidade aquática.

4.2 DESCRIÇÃO DA COMUNIDADE

Foram coletados 188 espécimes de Odonata, distribuídos em quatro famílias, 13 gêneros e 27 espécies (Tabela 3). Sendo que das 27 espécies, 10 são novos registros para a região, como por exemplo, *Acanthagrion apicale* - Selys, 1876 (Figura 5), *Acanthagrion aepiolum* - Tennessen, 2004 (Figura 6) e *Hetaerina rosea* - Selys, 1853 (Figura 7).

Figura 5 – Novo registro da espécie *Acanthagrion apicale* (Coenagrionidae) para Roraima.



Figura 6 – Novo registro da espécie *Acanthagrion aepiolum* (Coenagrionidae) para Roraima.

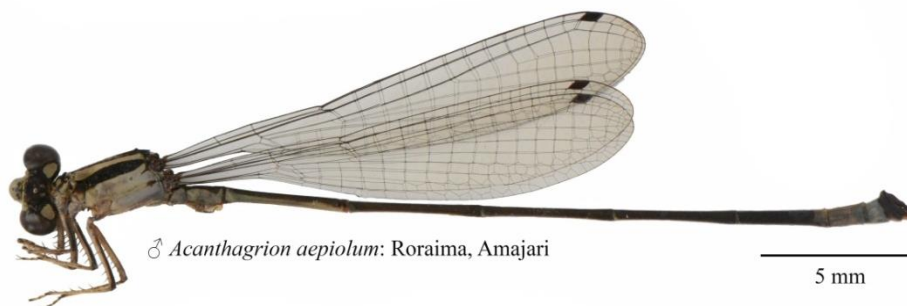
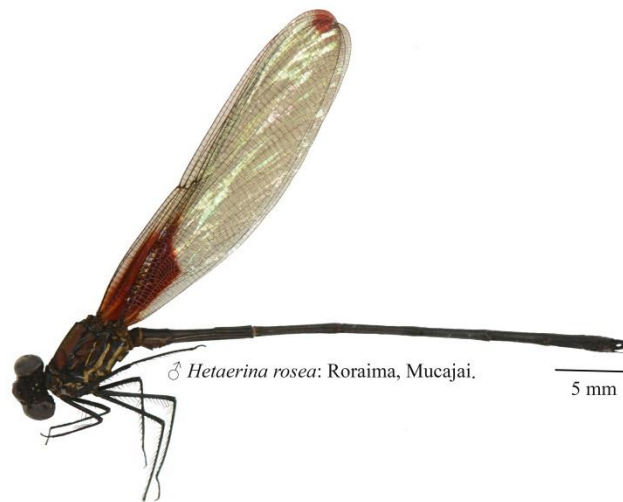


Figura 7 – Novo registro da espécie *Hetaerina rosea* (Calopterygidae) para Roraima.



A subordem Zygoptera contribuiu com 165 indivíduos distribuídos em três famílias (Calopterygidae, Coenagrionidae e Perilestidae), seis gêneros e 16 espécies (Tabela 3). Anisoptera contribuiu com 23 indivíduos distribuídos em apenas uma família (Libellulidae), sete gêneros e 12 espécies (Tabela 3). Dentre as famílias amostradas, Coenagrionidae foi a mais abundante, com 91 indivíduos distribuídos em quatro gêneros e 11 espécies; seguido por Calopterygidae com 69 indivíduos, um gênero e três espécies; Libellulidae, com 23 indivíduos, sete gêneros e 12 espécies; e Perilestidae com cinco indivíduos, um gênero e uma espécie.

Dentre os Zygoptera, as espécies *Hetaerina sanguinea* (Selys, 1853), *Acanthagrion aepiolum* e *Argia tinctipennis* (Selys, 1865) foram as mais abundantes ($n = 40$; $n = 22$; $n = 19$ respectivamente). *H. sanguinea* também foi a espécie mais comum, ocorrendo em 11 pontos. As espécies que tiveram menor frequência foram: *Protoneura tenuis* - Selys, 1860 ($n = 1$), *Protoneura amatoria* - Calvert, 1907 ($n = 1$) e *Epipleoneura manauensis* (Santos, 1964) ($n = 1$) (Tabela 3).

Entre os Anisoptera, as espécies *Erythrodiplax fusca* (Rambur, 1842) e *Perithemis lais* (Perty, 1834) foram as mais abundantes ($n = 5$, $n = 4$, respectivamente) sendo o gênero *Erythrodiplax* o mais comum entre os igarapés. As espécies menos frequentes dessa subordem foram *Elasmothermis williamsoni* - Ris, 1919 ($n = 1$) e *Anatya guttata* - Erichson, 1848 também com $n = 1$ (Tabela 3).

Tabela 3 - Abundância de libélulas coletadas nos 14 igarapés de floresta em Roraima.

Família/espécie	Igarapés														Total
	Ua1	Ua2	Ua3	Ua4	Ua5	Ua6	Ua7	Ua8	Ua9	Ua10	Ua11	Ua12	Ua13	Ua14	
ZYGOPTERA															
Coenagrionidae															
<i>Acanthagrion apicale</i> *	-	-	-	-	1	-	-	4	-	3	1	2	1	1	13
<i>Acanthagrion aepiolum</i> *	-	-	-	-	5	-	-	-	-	4	3	4	4	2	22
<i>Acanthagrion</i> sp.1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Argia pulla</i>	-	-	-	3	4	-	3	-	4	-	-	-	-	1	15
<i>Argia tinctipennis</i> *	4	7	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19
<i>Argia</i> sp. 1	4	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	6
<i>Argia</i> sp. 2	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	7
<i>Protoneura tenuis</i> *	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
<i>Protoneura amatoria</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Epipleoneura spatulata</i> *	-	-	-	-	-	3	2	-	-	-	-	-	-	-	5
<i>Epipleoneura manauensis</i> *	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
Calopterygidae															
<i>Hetaerina rosea</i> *	1	-	-	-	-	5	5	-	-	-	-	-	-	-	11
<i>Hetaerina sanguinea</i> *	2	-	-	1	3	13	8	4	1	1	4	-	2	1	40

<i>Hetaerina westfalli</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	10	3	1	1	-	2	18
Perilestidae															
<i>Perilestes solutus</i>	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	2	-	-	5
ANISOPTERA															
Libellulidae															
<i>Erythrodiplax fusca</i>	-	-	2	-	2	-	-	-	-	-	1	-	-	-	5
<i>Erythrodiplax latimaculata</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Erythrodiplax</i> sp. 1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Erythrodiplax</i> sp. 2	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
<i>Erythrodiplax</i> sp. 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
<i>Erythrodiplax</i> sp. 4	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Anatya guttata</i> *	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
<i>Dythemis multipunctata</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2
<i>Perythemis lais</i>	-	-	-	-	1	-	-	1	1	-	1	-	-	-	4
<i>Oligoclada</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
<i>Tauriphila</i> sp.	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Elasmothermis williamsoni</i> *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
TOTAL															188

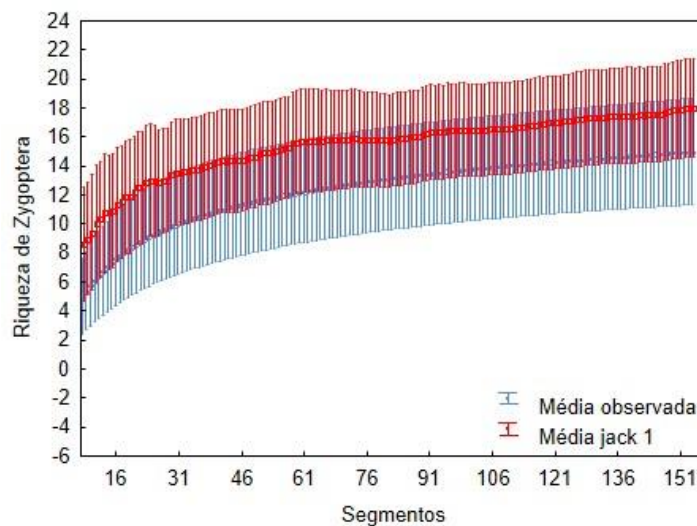
Legenda: * (Novos registros para Roraima).

4.3 RIQUEZA ESTIMADA DE ODONATA NOS IGARAPÉS AMOSTRADOS

Em média, a riqueza estimada de Odonata nos igarapés amostrados foi de 38 ($\pm 7,92$) espécies (média + intervalo de confiança) e a riqueza observada de 27 espécies. Ao avaliar a eficiência do esforço de coleta, o resultado apresentou valores satisfatórios com 71% (riqueza observada / riqueza estimada), mostrando que apesar de existir uma biodiversidade maior, o padrão detectado é suficiente para mensuração de efeitos ambientais na comunidade.

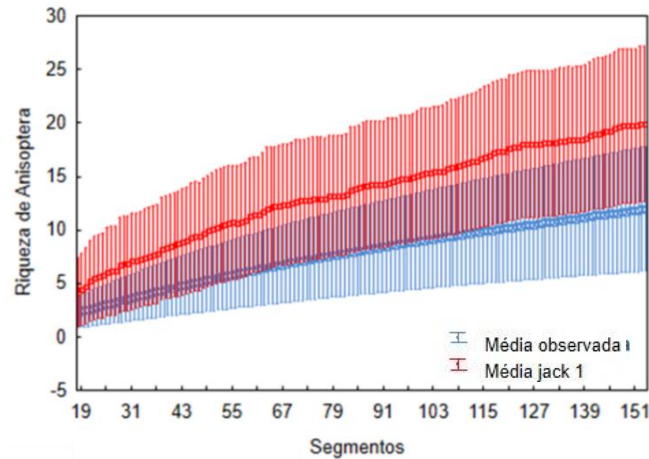
Avaliando a comunidade de Zygoptera, a eficiência da amostragem foi de 83% e a curva de acumulação se estabilizou, demonstrando uma representatividade significativa da riqueza real estimada (Figura 8). A riqueza de espécies de Zygoptera foi estimada em 18 ($\pm 3,37$) espécies (média + intervalo de confiança), sendo que a riqueza observada foi de 15 espécies.

Figura 8 - Riqueza observada de Odonata (Zygoptera) e riqueza estimada pelo procedimento de Jackknife 1 nos igarapés de floresta em Roraima. As barras representam o intervalo de confiança de 95%.



Em relação à comunidade de Anisoptera, a eficiência de amostragem foi de 60% e a curva de acumulação não se estabilizou, demonstrando a necessidade de um maior esforço amostral para representar melhor a riqueza de anisópteros (Figura 9). A riqueza de espécies de Anisoptera estimada foi de 20 ($\pm 7,25$) espécies (média + intervalo de confiança) e a observada foi de 12 espécies.

Figura 9 - Riqueza observada de Odonata (Anisoptera) e riqueza estimada pelo procedimento de Jackknife 1 nos igarapés de floresta em Roraima. As barras representam o intervalo de confiança de 95%.

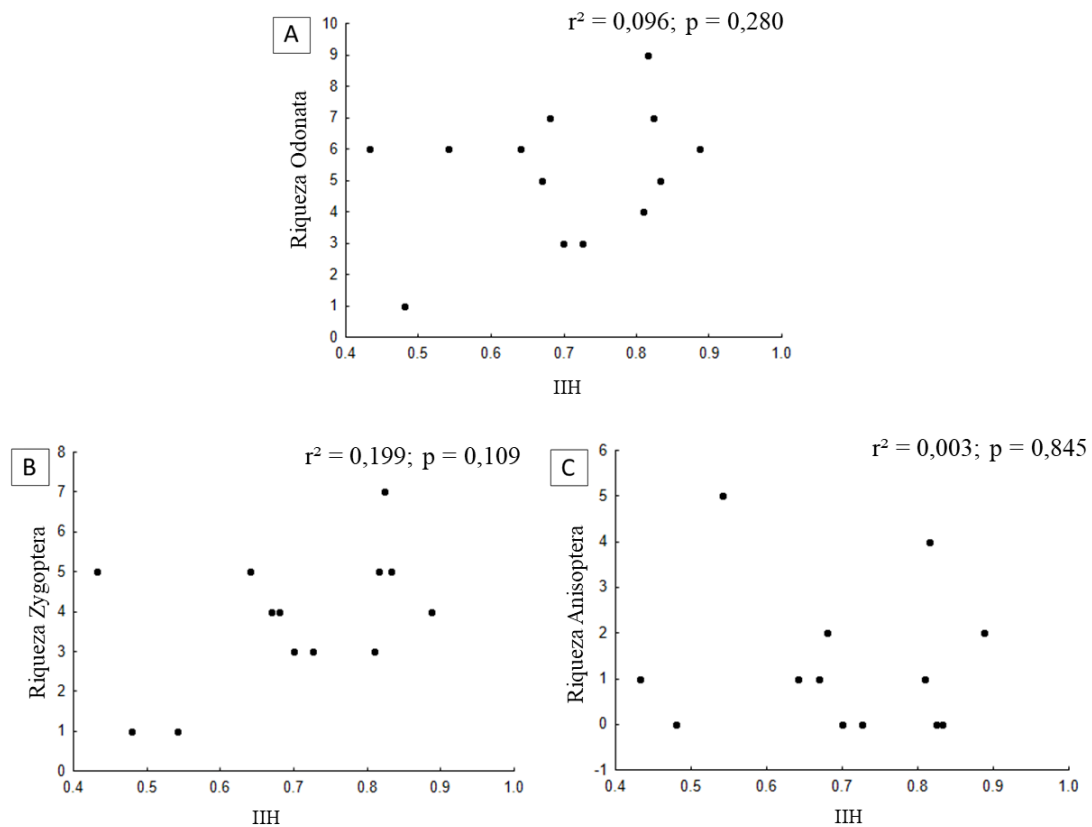


4.4 INTEGRIDADE AMBIENTAL – RIQUEZA E ABUNDÂNCIA

A hipótese de que a maior integridade do habitat afetaria positivamente a riqueza de libélulas não foi corroborada, uma vez que a probabilidade do acaso explicar a variação observada foi alta ($r^2 = 0,096$; $p = 0,028$) (Figura 10A). O mesmo padrão se manteve quando foi avaliado apenas com a riqueza de Zygoptera ($r^2 = 0,199$; $p = 0,109$) (Figura 10B). Resultado similar foi encontrado quando realizado o teste com a riqueza de Anisoptera ($r^2 = 0,003$; $p = 0,845$) (Figura 10C).

Destacamos que o resultado encontrado deve ser analisado com cautela visto que a maioria dos igarapés apresentaram altos níveis de integridade, sendo provável que a baixa variação da integridade dos ambientes e o número de amostragens tenham influenciado no resultado. Acredita-se que, com mais amostras em diferentes ambientes, com maior variação do gradiente de integridade ambiental, o resultado possa ser diferente, assim como encontrado em outros trabalhos (MONTEIRO-JÚNIOR et al., 2013; JUAN et al., 2014; MENDES et al., 2017; MIGUEL et al., 2017; OLIVEIRA-JUNIOR; JUAN, 2019).

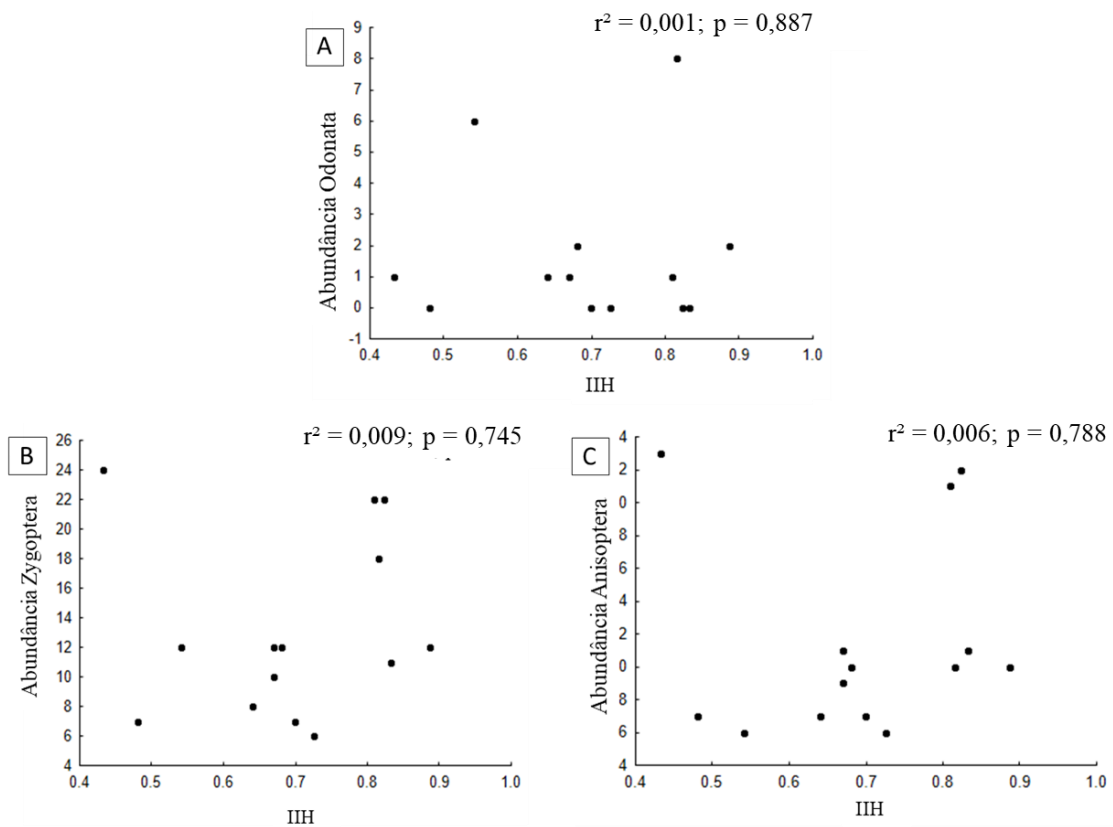
Figura 10 - Integridade ambiental (IIH) e a riqueza de espécies de Odonata (A), riqueza de Zygotera (B) e riqueza de Anisoptera (C).



A hipótese de que a maior integridade afetaria a abundância de Odonata não foi corroborada uma vez que a probabilidade do acaso explicar a variação observada foi alta - $r^2 = 0,001$; $p = 0,887$ (Figura 11A). Resultado similar foi encontrado quando testado o efeito sobre a abundância de Zygotera - $r^2 = 0,009$; $p = 0,745$ (Figura 11B) e Anisoptera - $r^2 = 0,006$; $p = 0,788$ (Figura 11C).

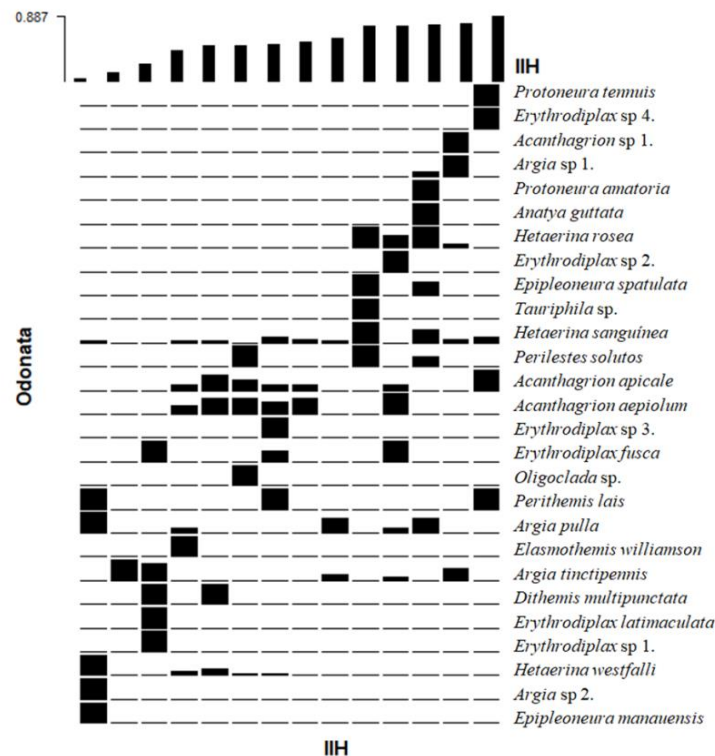
Alguns estudos demonstraram que, ambientes que passaram por processos de degradação podem apresentar alta abundância de Odonata (FERREIRA-PERUQUETTI; DE MARCO (2012); FERREIRA-PERUQUETTI; DE MARCO, 2002; MONTEIRO-JÚNIOR et al., 2013). Nesse caso, ambientes degradados podem apresentar maior abundância de Odonata do que ambientes preservados. Isso acontece porque com a degradação, outras espécies de Odonata podem migrar para esse ambiente que antes não estava disponível, aumentando assim a abundância local. Porém, vale ressaltar que essa maior abundância pode ser devido ao aumento de espécies com maior resistência a ambientes com alta insolação, como por exemplo, muitas espécies da subordem Anisoptera.

Figura 11 - Integridade ambiental (IIH) e abundância de espécies de Odonata (A), abundância de Zygoptera (B) e Anisoptera (C).



O gráfico de ordenação de abundância relativa mostra que algumas espécies foram registradas em ambientes com índice de integridade baixo, como por exemplo as espécies *Dythemis multipunctata*, *Erythrodiplax latimaculata* e *argia* sp. 2. A maioria das espécies coletadas estavam distribuídas de forma homogênea nos ambientes com integridade maior que 0,5. As espécies *Protoneura tenuis*, *Argia* sp. 1 e *Acanthagrion* sp. 1 foram encontradas em ambientes com integridade alta, acima de 0,7 (Figura 12).

Figura 12 - Abundância relativa de espécies de Zygoptera e Anisoptera amostrados no estado de Roraima, agrupados segundo o valor do IIIH.



4.5 VARIÁVEIS AMBIENTAIS E A COMUNIDADE DE ODONATA

Os parâmetros ambientais avaliados: vazão, oxigênio dissolvido, temperatura da água, largura da mata ciliar e condutividade elétrica tiveram correlação com a riqueza de Odonata no estudo uma vez que a probabilidade do acaso explicar a variação observada foi baixa ($r^2 = 61,00$; $p = 0,006$). Ao avaliar os coeficientes parciais houve efeito positivo da vazão e um efeito negativo da temperatura (Tabela 4). A hipótese também foi corroborada quando o teste foi realizado sobre a abundância de Odonata ($r^2 = 79,00$; $p = 0,010$), com efeito positivo da vazão e negativo da condutividade elétrica e oxigênio dissolvido (Tabela 5).

Em outros trabalhos variáveis ambientais tais como condutividade elétrica, temperatura e largura da mata ciliar também influenciaram a riqueza de espécies (CARVALHO et al., 2013; OLIVEIRA-JUNIOR et al., 2017). Variáveis abióticas e ambientais são importantes para a ecologia de muitos insetos aquáticos. Estas afetam diretamente os limites de tolerância dos organismos e, conseqüentemente, a distribuição das espécies (COUCEIRO et al., 2007; DEATH; WINTERBOURN, 1995).

Tabela 4 - Regressão múltipla para a riqueza de espécies de Odonata em relação às variáveis ambientais nos igarapés florestados em Roraima. SE = erro padrão da regressão.

Modelo: $r^2 = 61,570\%$; $p = 0,006$				
Variável	Beta	(SE)	t(9)	Valor de p
Intercept		4,587	4,585	0,001
Vazão	0,783	3,530	3,641	0,003
Temperatura	-0,778	0,181	-3,619	0,004

A relação negativa da temperatura e da condutividade com a riqueza foi semelhante ao encontrado em Oliveira Junior e colaboradores (2017), quando observou que a temperatura e a condutividade elétrica afetaram negativamente a comunidade de Zygoptera.

Tabela 5 - Regressão múltipla para a abundância de espécies de Odonata em relação às variáveis ambientais nos igarapés florestados em Roraima. SE = erro padrão da regressão.

Modelo: $r^2 = 79,000\%$; $p < 0,010$				
Variável	Beta	(SE)	t(9)	Valor de p
Intercepto		3,106	7,457	0,000
Oxigênio	-1,555	14,833	3,449	0,006
Condutividade	-1,028	59,078	-3,772	0,003
Vazão	1,030	0,877	-4,077	0,002

A hipótese do efeito da variação ambiental também foi aceita quando analisado apenas a riqueza de Zygoptera ($r^2 = 68,00$; $p < 0,001$), sendo que a riqueza foi afetada positivamente pela mata ciliar e negativamente pela condutividade elétrica (Tabela 6). Resultado similar foi observado quando analisado a abundância de zigópteros ($r^2 = 70,166$; $p < 0,006$). Nesse caso, as variáveis importantes foram: oxigênio e condutividade afetando negativamente a riqueza e a vazão afetando positivamente (Tabela 7).

Tabela 6 - Regressão múltipla para a riqueza de espécies de Zygoptera em relação às variáveis ambientais nos igarapés florestados em Roraima. SE = erro padrão da regressão.

Modelo: $r^2 = 68,000\%$; $p < 0,001$				
Variável	Beta	(SE)	t(9)	Valor de p
Intercepto		0,573	2,751	0,018
Mata ciliar	1,037	0,000	4,808	0,000
Condutividade	-0,637	12,507	-2,956	0,013

A relação positiva de zigópteros com a preservação da mata ciliar encontrada no presente trabalho corrobora os estudos de Calvão e colaboradores (2018) e Carvalho e colaboradores (2013), que também encontraram relação positiva da preservação da mata ciliar com riqueza de Zygoptera.

As espécies de Zygoptera estão normalmente associadas a locais mais íntegros com vegetação ciliar conservada devido às necessidades biológicas mais específicas (CORBET, 1999). Esse padrão foi observado nos igarapés com mata ciliar preservada onde ocorreram a maioria dos zigópteros como, por exemplo: *Acanthagrion apicale*, *A. aeopiolum*, *Protoneura manauensis*, *P. tenuis*, *Hetaerina rosea*, *Epipleoneura spatulata* e *E. amatoria*.

Em geral os indivíduos dessa subordem são pequenos, têm corpos delgados e mostram elevada condutância (troca de calor corporal com a temperatura do ambiente) e a temperatura do corpo varia com a do ambiente, tornando-os suscetíveis ao superaquecimento e desidratação, causando maior dependência da temperatura local (JUEN; DE MARCO, 2011). Por isso, devido as suas restrições ecofisiológicas ficariam associadas a ambientes florestados (mais sombreados) e temperaturas amenas (MAY, 1976; COBERT, 1999).

No presente estudo, a maioria dos Zygoptera foi registrada em igarapés com mata ciliar mais extensa (>500m) onde a riqueza média foi de 4,5. Em contrapartida, nos igarapés com menos de 500 metros de largura a riqueza média de Zygoptera diminuiu para 2,5, resultado semelhante aos encontrados por Carvalho e colaboradores (2013) e Oliveira Junior e colaboradores (2017) que encontraram maior riqueza de Zygoptera em ambientes com mata ciliar mais integra.

Em ambientes com degradação da mata ciliar, há o aumento na entrada de luz solar e conseqüente aumento da temperatura do ambiente, podendo causar a perda de espécies sensíveis, como as espécies da subordem Zygoptera e um aumento de espécies mais generalistas como muitos Anisoptera (CARVALHO et al., 2013; CALVÃO et al., 2018;

CLAUSNITZER, 2003). O aumento de anisópteros foi observado no igarapé Cabo Sobral, onde ocorreu a menor largura da mata ciliar (39m) e também a maior riqueza de anisópteros (Tabela 1).

A mata ciliar está intimamente relacionada aos padrões ambientais observados, essa vegetação pode influenciar a temperatura local (CABETTE et al., 2017) afetando a variação dos parâmetros físico-químicos da água como oxigênio dissolvido. A largura da mata ciliar teve importante relação com a riqueza e abundância de Zygoptera, demonstrando ser importante para a estruturação da comunidade de libélulas em igarapés florestados de pequena ordem.

A alta luminosidade de ambientes com mata ciliar reduzida favorece espécies da subordem Anisoptera, pois para iniciarem suas atividades necessitam da incidência da radiação solar em seus corpos para aquecer (MAY, 1976; CORBET; MAY, 2008; RESENDE, 2010; DOLNÝ et al., 2012). Desta forma, são frequentemente encontrados em áreas mais abertas. (CALVÃO et al., 2013; MONTEIRO-JUNIOR; JUEN; HAMADA, 2014; SAMWAYS; SHARRATT, 2009). Este foi o caso do gênero *Erythrodiplax* (Anisoptera) que foi amostrado em maior abundância em áreas abertas como no igarapé Cabo Sobral.

Tabela 7 - Regressão múltipla para a abundância de espécies de Zygoptera em relação às variáveis ambientais nos igarapés florestados em Roraima. SE = erro padrão da regressão.

Modelo: $r^2 = 70,166\%$; $p < 0,006$				
Variável	Beta	(SE)	t(9)	Valor de p
Intercepto		3,123	7,691	0,000
Oxigênio	-1,685	0,882	-4,378	0,001
Condutividade	-1,158	59,407	-4,211	0,001
Vazão	0,828	14,916	2,723	0,021

Quando o teste foi realizado com a riqueza de Anisoptera, não houve relação significativa com as variáveis ambientais amostradas ($r^2 = 0,230$; $p = 0,070$). Quando a análise foi realizada com abundância de espécies, observou-se uma relação de 36% ($r^2 = 0,360$; $p = 0,006$), sendo que apenas a vazão afetou a abundância de anisópteros (Tabela 8).

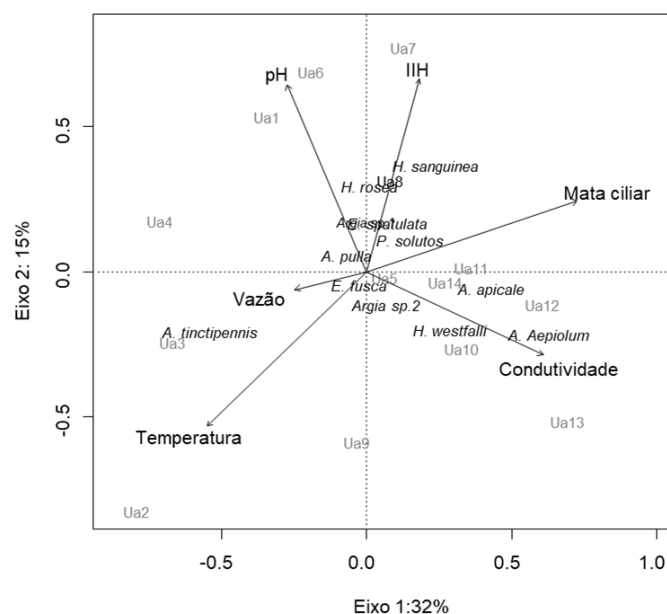
Tabela 8 - Regressão múltipla para a abundância de espécies de Anisoptera em relação às variáveis ambientais nos igarapés florestados em Roraima. SE = erro padrão da regressão.

Modelo: $r^2= 36,000\%$; $p<0,006$				
Variável	Beta	(SE)	t(9)	Valor de p
Intercepto		0,716	0,567	0,580
Vazão	0,600	4,542	2,599	0,023

Os anisópteros foram afetados positivamente com o aumento da vazão, porém com uma explicação de apenas 36%. A menor abundância desses espécimes no trabalho pode favorecer uma análise errônea do observado na natureza, nesse sentido considera-se que a variação natural da vazão não tenha efeito direto sobre a abundância de anisópteros. Acredita-se que o aumento da abundância desse grupo esteja relacionada a maior luminosidade no curso d'água e habitats mais abertos (pouca vegetação) (CALVÃO et al., 2013), assim como discutido nos parágrafos anteriores.

Houve efeito das variáveis ambientais sobre a variação da composição de espécies, uma vez que a probabilidade do acaso explicar a variação observada foi baixa ($F = 2,252$; $gl=6$; $p < 0,003$). As variáveis vazão, temperatura, condutividade, pH e o índice de integridade no primeiro eixo explicaram 32% da composição observada e no segundo eixo 15% (Figura 14).

Figura 13. Análise de Redundância (RDA) sobre a composição de espécies nos igarapés amostrados.



H. sanguinea foi registrada em ambientes intermediários e altos de integridade. *H. westfalli* e *A. aepiolum* foram encontradas em ambientes com baixos níveis de condutividade, como por exemplo, em: Ua10 (Maracá N2) e Ua13 (Maracá L4). *P. solutos*, *A. pulla*, *E. fusca*, *Argia* sp. 2, *Argia* sp. 1 e *E. spatulata* não tiveram uma relação direta com uma variável específica (Figura 14).

Algumas espécies estão relacionadas a questões especificadas das variáveis ambientais. Houve relação de *A. tinctipennis* com temperatura e vazão mais altas, como as encontradas nos ambientes Ua3, (Cabo Sobral) e Ua2 (Paiva), com temperaturas acima de 25°C, essa espécie também estava relacionada aos ambientes com mata ciliar degradada (Figura 14).

Apesar da não correlação da integridade ambiental e a comunidade de Odonata, observamos que outras métricas podem ser importantes para estruturação da comunidade de Odonata tais como a temperatura e largura da mata ciliar. Destaca-se que outros estudos indicam a importância dos Odonata como indicador da preservação ou degradação ambiental de igarapés de pequena ordem na Amazônia, reforçando a utilização desse grupo em estudos futuros (OLIVEIRA-JUNIOR; JUAN, 2019; MIGUEL et al., 2017; MENDES et al., 2017).

5 CONCLUSÕES

Os locais amostrados apresentaram baixa variação em sua integridade, a maioria dos igarapés apresentou grau de preservação alto. Quatro igarapés demonstraram impactos antrópicos como a diminuição da mata ciliar e uso do solo para cultivo agrícola de ciclo curto. As variáveis ambientais da água apresentaram uma variação natural, que normalmente são encontradas nos igarapés amazônicos mais prístinos sem haver características de poluição, porém observamos mesmo que pontualmente mudanças nas características da água como o aumento da temperatura em ambientes com mata ciliar mais estreita.

Os igarapés apresentaram uma dominância na abundância de espécimes da subordem Zygoptera, com 85% dos indivíduos coletados. Houve o registro de 10 espécies que ainda não tinham ocorrência para a região, aumentando sua distribuição (*Acanthagrion apicale*, *A. aepiolum*, *Argia tinctipennis*, *Protoneura tenuis*, *Epipleoneura spatulata*, *E. manauensis*, *Hetaerina rosea*, *H. sanguinea*, *Anatya guttata* e *Elasmotheremis williamsoni*).

A amostragem das libélulas foi satisfatória pois englobou 71% das espécies presentes nos igarapés de acordo com a análise da riqueza estimada.

A integridade do habitat não demonstrou efeito a riqueza nem a abundância sobre a comunidade de Odonata. Acreditamos que a baixa variação na integridade dos igarapés influenciou no resultado encontrado. Porém acreditamos que com mais amostragens em ambientes degradados a relação entre integridade ambiental e a comunidade de Odonata possa ser diferente. Em relação a composição das espécies, observou-se que a maioria das espécies coletadas estavam distribuídas nos ambientes intermediários, porém as espécies *Protoneura tenuis* e *Erythrodiplax sp 4* foram encontradas apenas em ambientes com nível de integridade alta sugerindo que essas espécies podem ter alguma relação com esse tipo de ambiente.

Não observamos diferença na relação da integridade do habitat entre libélulas da subordem Zygoptera e Anisoptera. No entanto ressalta-se que a baixa variação dos igarapés pode ter influenciado no resultado da análise.

Observamos relação positiva da riqueza de Zygoptera com a largura da mata ciliar. A maior largura da mata ciliar aumentou a riqueza média de espécies de Zygoptera. Essa relação positiva de zigópteros com o aumento da largura da mata ciliar pode ser indicação dos requisitos ecofisiológicos mais específicos dessas espécies, pois a mata ciliar gera menor temperatura nesses ambientes.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, R.I. Um Tepui no ritmo da destruição em Roraima. **Ciência Hoje**, v. 14, n. 81, p. 94-96, 1992.
- BONADA, et al. Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. **Annual Review of Entomology**, v. n. 1, 51, p. 495-523, 2006.
- BLEICH, M. E. et al. Autochthonous primary production in southern Amazon headwater streams: Novel indicators of altered environmental integrity. **Ecological Indicators**, v. 53, n. 100, p. 154-161, 2015.
- BRASIL, L. S. et al. The habitat integrity index and aquatic insect communities in tropical streams: a meta-analysis. **Ecological Indicators**, v. 116, n. 1, p. 106495, 2020.
- BISPO, P. C. et al. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages from riffles in mountain streams of central Brazil: environmental factors influencing the distribution and abundance of immatures. **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, n. 2B, p. 611-622, 2006.
- BOJSEN, B. H.; JACOBSEN, D. Effects of deforestation on macroinvertebrate diversity and assemblage structure in Ecuadorian Amazon streams. **Archiv für Hydrobiologie**, v. 158, n. 3, p. 317-342, 2003.
- CABETTE, H. S. R et al. Effects of changes in the riparian forest on the butterfly community (Insecta: Lepidoptera) in Cerrado áreas. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 61, n. 1, p. 43-50, 2016.
- CABETTE, H. S. R. et al. Effects of changes in the riparian forest on the butterfly community (Insecta: Lepidoptera) in Cerrado areas. **Revista Brasileira de entomologia**, v. 61, n. 1, p. 43-50, 2017.
- CACERES M, JANSEN F. Package ‘indicspecies’. Relationship between species and groups of sites. **R package version**, v. 1, n. 6, p. 1-6, 2016.
- CARVALHO, F. G. et al. Effects of marginal vegetation removal on Odonata communities. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 25, n. 1, p. 10-18, 2013.
- CARVALHO, F. G. et al. Oil palm plantation is not a suitable environment for most forest specialist species of Odonata in Amazonia. **Animal Conservation**, v. 21, n. 6, p. 526-533, 2018.
- CARVALHO, A. L. Recomendações para a coleta, criação e colecionamento de larvas de Odonata. **Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro**, v. 65, n. 1, p. 3-15, 2007.
- CALVÃO, L. B. et al. Land use modifies Odonata diversity in streams of the Brazilian Cerrado. **Journal of Insect Conservation**, v. 22, n. 5-6, p. 675-685, 2018.
- CALVÃO, L. B. et al. Thermoregulation and microhabitat choice in erythrodiplax latimaculata males (Anisoptera: Libellulidae). **Odonatologica**, v. 42, n. 2, p. 97-108, 2013.

- CLAUSNITZER, V. Dragonfly communities in coastal habitats of Kenya: indication of biotope quality and the need of conservation measures. **Biodiversity & Conservation**, v. 12, n. 2, p. 333-356, 2003.
- COLWELL, R. K., A. et al. Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation, and comparison of assemblages. **Journal of Plant Ecology**, v. 5, n. 1, p. 3-21, 2012.
- COLWELL, R. K.; CODDINGTON, J. A. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Archives of Biological Sciences*, v. 345, n. 1311, p. 101-118, 1994.
- CONRAD, K. F.; PRITCHARD, G. An ecological classification of odonate mating systems: the relative influence of natural, inter-and intra-sexual selection on males. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 45, n. 3, p. 255-269, 1992.
- CORBET, P. S. **Dragonflies: behavior and ecology of Odonata**. New York: Ithaca, 1999. 829 p.
- CORBET, P. S. **Dragonflies. Behavior and Ecology of Odonata**. Nova York: Cornell University Press, 2004. 829 p.
- CORBET, S; MAY, L. Fliers and perchers odonata: dichotomy or multidimensional continuum? A provisional reappraisal the flier/percher template. **International Journal of Odonatology**, v. 11, n. 2, p. 155-171, 2008.
- COUCEIRO, S. R. M. et al. Insetos Aquáticos de Roraima: Riqueza e Importância Ecológica. In: BARBOSA, R. I.; MELO, V. F. (Org.). **Roraima: homem, ambiente e ecologia**. Boa Vista: Femact, 2010, p. 501-522.
- COUCEIRO, S. R. M. et al. A macroinvertebrate multimetric index to evaluate the biological condition of streams in the Central Amazon region of Brazil. **Ecological Indicators**, v. 18, n. 8, p. 118-125, 2012.
- COUCEIRO, S. R. M. et al. Deforestation and sewage effects on aquatic macroinvertebrates in urban streams in Manaus, Amazonas, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 575, n. 1, p. 271-284, 2007.
- CSARDI, M. G. Package 'igraph'. **Last accessed**, v. 3, n. 9, p. 1-5, 2013.
- DE MARCO, J. P. The Amazonian Campinas dragonfly assemblage: patterns in microhabitat use and behavior in a foraging habitat. **Odonatologica**, v. 27, n. 2, p. 239-248, 1998.
- DE MARCO, J. P.; BATISTA, J. D.; CABETTE, H. S. R. Community assembly of adult odonates in tropical streams: an ecophysiological hypothesis. **PloS one**, v. 10, n. 4, p. e0123023, 2015.
- DE MARCO, J. P.; VIANNA, D. M. V. Distribuição do esforço de coleta de Odonata no Brasil – subsídios para escolha de áreas prioritárias para levantamentos faunísticos. **Lundiana**, Instituto de Ciências Biológicas – UFMG, v. 6, (s-n), p.13-26, 2005.

DE MARMELS, J. Lista de los Odonata de Venezuela Checklist of the Odonata of Venezuela. Disponível em: <<http://odonata.miza-ucv.org.ve>>. Acesso em: 29 Agosto 2017.

DEATH, R. G.; MICHAEL J. W. Diversity patterns in stream benthic invertebrate communities: the influence of habitat stability. **Ecology**, v. 76, n. 5, p. 1446-1460, 1995.

DIXON, P. Vegan, a package of R functions for community ecology. **Journal of Vegetation Science**, v. 14, n. 6, p. 927-930, 2003.

DOLNÝ, A. et al. Aquatic insects indicate terrestrial habitat degradation: changes in taxonomical structure and functional diversity of dragonflies in tropical rainforest of East Kalimantan. **Tropical Zoology**, v. 25, n. 3, p. 141-157, 2012.

DUDGEON, D. et al. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. **Biological reviews**, v. 81, n. 2, p. 163-182, 2006.

DUDGEON, D. Prospects for sustaining freshwater biodiversity in the 21st century: linking ecosystem structure and function. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 2, n. 5, p. 422-430, 2010.

ESTEVES, F. **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.

FERREIRA-PERUQUETTI, P.; DE MARCO, J. P. Efeito da alteração ambiental sobre comunidades de Odonata em riachos de Mata Atlântica de Minas Gerais, Brasil. **Revista brasileira de Zoologia**, v. 19, n. 2, p. 317-327, 2002.

FEARNSIDE, P. M.; BARBOSA, R. I.; PEREIRA, V. B. Emissões de gases do efeito estufa por desmatamento e incêndios florestais em Roraima: fontes e sumidouros. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 7, n. 1, p. 95-111, 2013.

FLECK; FEITOZA; GOMES. **Guia de Campo de Libélulas (Odonata Fabricius, 1793) na área urbana de Boa Vista, Roraima**. Boa Vista: Editora da Universidade Federal de Roraima, 2019. 32 p.

FIDELIS, L.; NESSIMIAN, J. L.; HAMADA, N. Distribuição espacial de insetos aquáticos em igarapés de pequena ordem na Amazônia Central. **Acta Amazônica**, v. 38, n. 1, p. 127-134, 2008.

GARRISON, N.; VON ELLENRIEDER, N.; LOUTON, A. **Dragonfly Genera of the New World: An Illustrated and Annotated Key to the Anisoptera**. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2006. 368 p.

GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. **Os insetos: um resumo de entomologia**. 3.ed. São Paulo: Roca, 2007. 440 p.

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

HEISER, M.; SCHMITT, T. Do different dispersal capacities influence the biogeography of the western Palearctic dragonflies (Odonata)? **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 99, n. 1, p. 177-195, 2009.

HECKMAN, C. **Encyclopedia of South American aquatic insects: Odonata – Zygoptera**. Washington: Springer Science, 2008. 692p.

HECKMAN, C. **Encyclopedia of South American aquatic insects: Odonata – Anisoptera**. Washington: Springer Science, 2010. 725p.

HEINRICH, B.; CASEY, T. M. Heat transfer in dragonflies: ‘fliers’ and ‘perchers’. **Journal of experimental Biology**, v. 74, n. 1, p. 17-36, 1978.

HENDERSON, P. A.; WALKER, I. On the leaf litter community of the Amazonian blackwater stream Tarumazinho. **Journal of Tropical Ecology**, v. 2, n. 1, p. 1-16, 1986.

HENNINGSEN, A.; OTT T. "maxLik: A package for maximum likelihood estimation in R." **Computational Statistics**, v. 26, n. 3, p. 443-458, 2011.

JUEN, L.; DE MARCO, P. Dragonfly endemism in the Brazilian Amazon: competing hypotheses for biogeographical patterns. **Biodiversity and Conservation**, v. 21, n. 13, p. 3507-3521, 2012.

JUEN, L. et al. Composição e riqueza de Odonata (Insecta) em riachos com diferentes níveis de conservação em um ecótono Cerrado-Floresta Amazônica. **Acta Amazonica**, v. 44, n. 2, p. 175-184, 2014.

JUEN, L.; DE MARCO, P. Odonate biodiversity in terra-firme forest streamlets in Central Amazonia: on the relative effects of neutral and niche drivers at small geographical extents. **Insect Conservation and Diversity**, v. 4, n. 4, p. 265-274, 2011.

KARR, J. R. Assessment of biotic integrity using fish communities. **Fisheries**, v. 6, n. 6, p. 21-27, feb.1981.

KLEYNHANS, J. A qualitative procedure for the assessment of the habitat integrity status of the Luvuvhu River (Limpopo system, South Africa). **Journal of Aquatic Ecosystem Health**, v. 5, n. 1, p. 41-54, jan. 1996.

KREBS, C. J. **Metodologia Ecológica**. Columbia: University of British, 1999. 620 p.

KUTCHER, E.; BRIED, T. Adult Odonata conservatism as an indicator of freshwater wetland condition. **Ecological Indicators**, v. 38, n. 1, p. 31– 39, 2013.

LAMMERT, M.; ALLAN, JD. Assessing biotic integrity of streams: effects of scale in measuring the influence of land use/cover and habitat structure on fish and macroinvertebrate. **Environmental Management**, v. 23, n. 2, p. 257- 270, 1999.

LANDEIRO, V. L. et al., The roles of dispersal limitation and environmental conditions in controlling caddisfly (Trichoptera) assemblages. **Freshwater Biology**, v. 57, n. 8, p. 1554-1564, 2012.

- LENCIONI, F. A. A. **Damselflies of Brazil - An illustrated identification guide - 1 - Non-Coenagrionidae families**. São Paulo: All Print Editora, Brasil, 2005. 324 p.
- LENCIONI, F. A. A. **Damselflies of Brazil - An Illustrated identification guide - 2 - Coenagrionidae**. São Paulo: All Print Editora, Brasil, 2006. 419 p.
- LIMA, M. G.; GASCON, C. The conservation value of linear forest remnants in central Amazonia. **Biological Conservation**, v. 91, n. 2, p. 241-247, 1999.
- MASESE, F. O. et al. Litter processing and shredder distribution as indicators of riparian and catchment influences on ecological health of tropical streams. **Ecological Indicators**, v. 46, (s-n), p. 23-37, 2014.
- MAY, M. L. Thermoregulation and adaptation to temperature in dragonflies (Odonata: Anisoptera). **Ecological Monographs**, v. 46, n. 1, p. 1-32, 1976.
- MACHADO, A. B. M.; MESQUITA, H. G.; MACHADO, P. A. R. M. Contribuição ao conhecimento dos odonatos da estação ecológica de Maracá - Roraima. **Acta Amazônica**, v. 21, n. 3, p.159-173, 1991.
- MENDES, T. P. et al. Congruence and the biomonitoring of aquatic ecosystems: are Odonate larvae or adults the most effective for the evaluation of impacts. **Neotropical entomology**, v. 46, n. 6, p. 631-641, 2017.
- MICHIELS, N. K.; DHONDT, A. A. Effects of emergence characteristics on longevity and maturation in the dragonfly *Sympetrum danae* (Anisoptera: Libellulidae). **Hydrobiologia**, v. 171, n. 2, p. 149-158, 1989.
- MIGUEL, T. B. et al. Odonata (Insecta) as a tool for biomonitoring of environmental quality. **Ecological Indicators**, v. 81, n. 1, p. 555-566, 2017.
- MONTEIRO-JÚNIOR, C. S. et al. Effect of vegetation removal for road building on richness and composition of Odonata communities in Amazonia, Brazil. **International Journal of Odonatology**, v. 16, n. 2, p. 135-144, 2013.
- MONTEIRO-JÚNIOR, C. S.; JUEN, L.; HAMADA, N. Effects of urbanization on stream habitats and associated adult dragonfly and damselfly communities in central Brazilian Amazonia. **Landscape and Urban Planning**, v. 127, n. 1, p. 28-40, 2014.
- MONTEIRO-JÚNIOR, C. S.; JUEN, L.; HAMADA, N. Analysis of urban impacts on aquatic habitats in the central Amazon basin: adult odonates as bioindicators of environmental quality. **Ecological Indicators**, v. 48, n. 1, p. 303-311, 2015.
- NAKA; COHN-HAFT; SANTOS. A avefauna de Roraima: Ecologia e biogeografia na bacia do rio Branco. In: BARBOSA, R. I.; MELO, V. F. (Org.). **Roraima: homem, ambiente e ecologia**. Boa Vista: Femact, 2010, p. 501-522.
- NAIMAN, R. J.; DECAMPS, H. The ecology of interfaces: riparian zones. **Annual review of Ecology and Systematics**, v. 28, n. 1, p. 621-658, 1997.

NESSIMIAN, J. L. et al. Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. **Hidrobiologia**, v. 614, n. 1, p. 117-131. 2008.

NEISS, U. G.; HAMADA, N. Ordem Odonata. In: HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L.; QUERINO, B. J. (Org.). **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. Manaus: Editora do INPA, 2014. p. 217-282.

NESSIMIAN, J. L. et al. Relation between flood pulse and functional composition of the macroinvertebrate benthic fauna in the lower Rio Negro, Amazonas, Brazil. **Amazoniana**, v. 15, n. 1, p. 35-50. 1998.

NORBERG, J. Linking Nature's services to ecosystems: some general ecological concepts. **Ecological economics**, v. 29, n. 2, p. 183-202, 1999.

OLIVEIRA-JUNIOR, J. M. B. et al. Neotropical dragonflies (Insecta: Odonata) as indicators of ecological condition of small streams in the eastern Amazon. **Austral ecology**, v. 40, n. 6, p. 733-744, 2015.

OLIVEIRA-JUNIOR, J. M. B. et al. Effects of human disturbance and riparian conditions on Odonata (Insecta) assemblages in eastern Amazon basin streams. **Limnologia-Ecology and Management of Inland Waters**, v. 66, n. 1, p. 31-39, 2017.

OLIVEIRA-JUNIOR, J. M. B.; JUEN, L. The Zygoptera/Anisoptera Ratio (Insecta: Odonata): a New Tool for Habitat Alterations Assessment in Amazonian Streams. **Neotropical entomology**, v. 48, n. 1, p. 1-9, 2019.

PINTO, A. P. Odonata no **Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil**. PNUD. Disponível em: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/171>>. Acesso em: 04 jun. 2019.

PECK, D. V. et al. **Environmental Monitoring and Assessment Program-Surface Waters Western Pilot Study: Field Operations Manual for Wadeable Streams**. EPA/620/R-06/003. Washington: Environmental Protection Agency, 2006. 332p.

PETERSEN, R. C. The RCE: A riparian, channel, and inventário ambiental para pequenos riachos na agricultura panorama. **Freshwater Biology**, v. 27, n. 1, p. 295–306, 1992.

RESENDE, D. C. Residence advantage in heterospecific territorial disputes of *Erythrodiplax Brauer* species (Odonata, Libellulidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, n. 1, p. 110-114, 2010.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **The R Project for Statistical Computing**. Disponível em: <<http://www.r-project.org>>. Acesso em: 31 Janeiro 2019.

RORAIMA. **Portal do Governo do Estado de Roraima. Dados socioeconômicos e geográficos**. Disponível em:<www.turismo.rr.gov.br/site/?governoderoraima=conteudo&id=2>. Acesso em: 24 fev. 2019.

SILVA, P. D.; DE MARCO, P.; RESENDE, D. C. Adult odonate abundance and community assemblage measures as indicators of stream ecological integrity: a case study. **Ecological indicators**, v. 10, n. 3, p. 744-752, 2010.

SOUZA, L. O. I.; COSTA, J. M.; OLDRINI, B. B. Odonata. In: **Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo**. Froehlich, C.G. (org.). São Paulo, 2007. Disponível em: <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online>. Acesso em: 20 mar. 2019.

STEINBLUMS, I. J.; FROEHLICH, H. A.; LYONS, J. K. Designing stable buffer strips for stream protection. **Journal of Forestry**, v. 82, n. 1, p. 49-52, 1984.

VON SPERLING, M. **Estudos de modelagem da qualidade da água de rios**. 7. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2007. 452p.

VOGEL, H. F.; ZAWADZKI, C. H.; METRI, R. Florestas ripárias: importância e principais ameaças. **SaBios-Revista de Saúde e Biologia**, v. 4, n. 1, p. 24-30, 2009.

VÖRÖSMARTY, C. J. et al. Global threats to human water security and river biodiversity. **Nature**, v. 467, n. 7315, p. 555-561, 2010.

WAKELING, J. M. Odonatan wing and body morphologies. **Odonatologica**, v. 26, n. 1, p. 35-52, 1997.

ZAR, J. H. **Bioestatistical Analysis**. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2010. 944 p.

ANEXO

ANEXO A – Índice de Integridade do Hábitat – HII (NESSIMIAN et al., 2008).

Local: _____ Data: __/__/____

Coordenadas: _____

1) Padrão de Uso da Terra além da zona de vegetação ribeirinha

1. Cultivos Agrícolas de ciclo curto/solo exposto
2. Cultivos Agrícolas de ciclo longo (culturas perenes)
3. Pasto
4. Capoeira (Floresta secundária com domínio de Vismia)
5. Capoeira (Floresta secundária com domínio de Cecropia)
6. Floresta Contínua

2) Largura da Mata Ciliar

1. Mata ciliar e arbustos ausentes
2. Mata ciliar ausente, mas com alguns arbustos e espécies pioneiras
3. Mata ciliar entre 1 a 5m de largura
4. Mata ciliar entre 5 e 30m de largura
5. Mata ciliar entre 30 e 100 m
6. Floresta contínua

3) Estado de preservação da Mata Ciliar

1. Marcas profundas com ravinas ou voçorocas ao longo de sua extensão
2. Quebras frequentes, com algumas ravinas/vocorocas e barrancos
3. Quebras da vegetação ocorrendo em intervalos maiores que 50 m
4. Mata Ciliar intacta, sem quebras na vegetação

4) Estado da Mata ciliar dentro de uma faixa de 10m

1. Vegetação constituída de grama e poucos arbustos
2. Mescla de grama e árvores pioneiras e arbustos
3. Espécies pioneiras mescladas com árvores maduras
4. Mais de 90% da densidade é constituída de árvores não pioneiras

5) Dispositivos de retenção

1. Canal de areia e silte soltos, com poucos dispositivos de retenção
2. Dispositivo de retenção solto, movendo-se com o fluxo
3. Rochas e/ou troncos presentes, mas cobertos com sedimento
4. Canal com rochas e/ou troncos firmemente colocados no local

6) Sedimentos no canal

1. Canal dividido em tranças ou rio canalizado
2. Barreira de sedimento e pedras, areia e silte comuns
3. Algumas barreiras de cascalho e pedra grandes e pouco silte

4. Pouco ou nenhum alargamento resultante de acúmulo de sedimento

7) Estrutura das margens do igarapé

1. Margens instável, com solo e areia soltos, facilmente perturbável
2. Margens de terra solta mantidos por uma camada esparsa de grama e arbustos
3. Margens firme, mas coberto por grama e arbustos.
4. Margens estável, com rochas e solo mantido firmemente por grammas, arbustos ou raízes de árvores.
5. Margens imperceptíveis

8) Escavação da margem

1. Escavações severas ao longo do canal, com queda das margens (ou dos barrancos)
2. Escavações frequentes, subescavações das margens e raízes (buracos nas margens)
3. Escavações apenas nas curvas e em constrições
4. Pouca, não evidente, ou restrita a áreas com suporte de raízes

9) Leito do igarapé

1. Fundo uniforme de areia e silte frouxamente unidos, substrato de pedra ausente
2. Fundo de silte, cascalho e areia, estáveis em alguns locais
3. Fundo de pedra facilmente movível, com pouco silte
4. Fundo de pedras de vários tamanhos, agrupadas, com interstício óbvios

10) Áreas de corredeiras e poções ou meandros

1. Meandros e áreas de corredeiras/poções ausentes ou igarapé canalizado
2. Longos poções separando curtas áreas de corredeiras, meandros ausentes
3. Irregularmente espaçado
4. Distintos, ocorrendo em intervalos de 5 a 7 vezes a largura do igarapé

11) Vegetação Aquática

1. Algas cobrem no fundo, plantas vasculares dominam o canal
2. Tapetes de algas, algumas plantas vasculares e poucos musgos
3. Algas dominantes nos poções, plantas vasculares semi-aquáticas ou aquáticas ao longo das margens
4. Quando presentes consistem de musgos e manchas de algas

12) Detritos

1. Sedimento fino anaeróbio, nenhum detrito grosso
2. Nenhuma folha ou madeira, matéria orgânica grossa e fina, com sedimento
3. Pouca folha e madeira, detritos orgânicos finos, floculentos, com sedimento
4. Consistindo principalmente de folhas e material lenhoso, com sedimento
5. Consistindo principalmente de folhas e material lenhoso, sem sedimento