

ESTRUTURA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM UMA ÁREA DE MANEJO FLORESTAL NA AMAZÔNIA SUL- OCIDENTAL

STRUCTURE OF BENTHONIC MACROINVERTEBRATES IN A FOREST MANAGEMENT AREA IN THE SOUTHWESTERN AMAZON

**Diego Viana Melo Lima¹; Kelly Thaís Araújo Kinpara²; Douglas Silva
Menezes**

¹Docente do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Acre - IFAC. E-mail: diego.lima@ifac.edu.br

²Docente do Instituto de Educação Profissional e Tecnológica - IEPTEC/Dom Moacyr. E-mail: Kelly.kimpara@sou.ufac.br

¹Discente do Instituto Federal do Acre. E-mail: douglasbioif19@gmail.com

Artigo submetido em 12/09/2022 e aceito em 19/01/2023

Resumo

As florestas tropicais são áreas com elevada biodiversidade. O crescimento das atividades antrópicas tem levado à perda dessa diversidade e a extinção de muitas espécies. A técnica de manejo florestal surge como uma alternativa sustentável para o desenvolvimento econômico com redução de impacto ao meio ambiente. O objetivo dessa pesquisa foi analisar a estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em igarapés de uma área que adota o manejo florestal, em Sena Madureira (AC, Brasil). Os macroinvertebrados foram amostrados de igarapés que percorrem locais com manejo e sem o manejo. Foram coletados 373 organismos, com predominância da ordem Ephemeroptera em áreas com manejo e a ordem Diptera em áreas sem o manejo. A prática de manejo florestal não afetou a estrutura de comunidade de macroinvertebrados, como comprovado pelo teste t de *Student*, que revelou não haver diferença nas amostras. A técnica de manejo florestal

deve ser adotada para exploração de recursos naturais em florestas tropicais em substituição às práticas tradicionais para conservação e preservação da biodiversidade.

Palavras-chave: Acre; Conservação; Ecossistemas aquáticos; Insetos aquáticos; Riacho.

Abstract

Tropical forests are areas with high biodiversity. The growth of human activities has led to the loss of this diversity and the extinction of many species. The forest management technique emerges as a sustainable alternative for economic development with reduced impact on the environment. The objective of this research was to analyze the community structure of benthic macroinvertebrates in streams of an area that adopts forest management, in Sena Madureira (AC, Brazil). The macroinvertebrates were sampled from streams that run through managed and unmanaged sites. A total of 373 organisms were collected, with a predominance of the order Ephemeroptera in managed areas and the order Diptera in areas without management. The practice of forest management did not affect the community structure of macroinvertebrates, as evidenced by the Student's t test, which revealed no difference in the samples. The forest management technique must be adopted for the exploitation of natural resources in tropical forests, replacing traditional practices for conservation and preservation of biodiversity.

Keywords: Acre; Conservation; Aquatic ecosystems; Aquatic insects; Stream.

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas aquáticos são ecossistemas ricos em diversidade biológica (JÚNIOR; VIANNA, 2005). Esses ambientes apresentam ampla variedade de habitats como resultado da relação direta com o ambiente terrestre, de onde recebem grande volume de matéria orgânica (VANNOTE et al., 1980), proveniente de liteiras de folhas, pedaços de troncos, frutos e flores, os quais são utilizados como habitat e fonte de energia (SOUZA; SOUZA; MORATO, 2008; SUGA; TANAKA, 2013).

A manutenção da vegetação ciliar é importante para garantir a funcionalidade desses ecossistemas, além de disponibilizar maior variedade de habitats para as espécies aquáticas (ALONSO; GONZÁLEZ-MUÑOZ; CASTRO-DÍEZ, 2010; ARNAIZ et al., 2011). Alterações na vegetação ciliar podem

modificar a abundância e riqueza de espécies aquáticas tanto em sistemas lênticos (LIMA et al., 2019a), quanto em sistemas lóticos (LIMA; PLESE; SILVA, 2020). Em ambos os casos, essas espécies sofrem redução na riqueza e diversidade, como resultado da modificação da vegetação ciliar, seja a remoção ou mesmo a alteração do uso do solo.

Muitas espécies habitam os sistemas aquáticos, que são ocupados por peixes (CASTRO et al., 2018), algas (CASTRO et al., 2018), e invertebrados (BUSS et al., 2015; MANGADZE; BERE; MWEDZI, 2016; RUARO et al., 2016). Os macroinvertebrados bentônicos (MIB) são um grupo de invertebrados reconhecidos por serem visíveis a olho nu e viverem em substratos como pedras, folhas e frutos (VALDIVIA; ALVES-SILVA; DEL-CLARO, 2020; CARDOSO et al., 2018a; CARVALHO et al., 2018; LIMA; ALMEIDA; VICENTE, 2021; LIMA; PLESE; SILVA, 2020; YADAMSUREN et al., 2020).

Devido ao longo período que vivem no ambiente aquático, os MIB desenvolveram uma forte relação com o meio ambiente, especialmente a mata ciliar. A matéria orgânica proveniente das margens dos rios e lagos são processadas pelos insetos fragmentadores que logo disponibilizam energia para consumidores de maior porte além de liberar matéria orgânica fragmentada fina para filtradores (BISPO et al., 2006; CASTRO; DOLÉDEC; CALLISTO, 2018).

A maioria das ordens que compõe a comunidade de MIB são da classe Insecta. Algumas delas se destacam pela sua abundância e ampla distribuição nos mais diferentes ambientes aquáticos. É o caso da ordem Diptera, que compreende os mosquitos, muriçocas e pernilongos. Essa ordem sempre está presente nas pesquisas com MIB e possui uma abundância naturalmente grande (BARBOLA et al., 2017; GONÇALVES; MENEZES, 2017; MARTINS et al., 2017). As larvas da família Chironomidae são largamente associadas com riachos que possuem diferentes padrões de qualidade (LIMA et al., 2019a; LIMA; ALMEIDA; VICENTE, 2021; LIMA; PLESE; SILVA, 2020).

Os MIB tem sido utilizado em diferentes finalidades nas pesquisas com ecossistemas aquáticos na Amazônia. Eles utilizados na classificação de tipologias de água (ROQUE et al., 2012), avaliação de impactos com uso do solo (LIMA; PLESE; SILVA, 2020), análise de efeitos de sazonalidade (LIMA; ALMEIDA; VICENTE, 2021), efeitos da urbanização (LIMA et al., 2019a;

MARTINS et al., 2017) e na avaliação de metais na água (JARDINE et al., 2005; MOLINA et al., 2010).

O estado do Acre vivenciou um período intenso de implantação e implementação de programas de Manejo Florestal (MNJ), com incentivos governamentais durante praticamente duas décadas, a partir do final da década de 90 (ACRE, 2011). Em síntese, essa técnica de MNJ visa garantir a manutenção da elevada riqueza local, sem impedir o desenvolvimento econômico da região. Um dos desafios da ciência é responder de que forma o MNJ interfere sobre a diversidade biológica (CARDOSO et al., 2018b; CARVALHO, 2019; MIRANDA et al., 2013; PAZ, 2008).

Quando consideramos que os MIB possuem forte relação com a vegetação ciliar (CARVALHO, 2019; D'ARACE et al., 2019; CARVALHO; ALVES; CARNEIRO, 2021; KILONZO et al., 2014; LIMA et al., 2019b; LIMA; PLESE; SILVA, 2020; LOPES et al., 2011; SHIMANO et al., 2011), é possível estabelecermos que eles são uma importante ferramenta para testar os possíveis efeitos do manejo sobre os ecossistemas aquáticos (ANGRADI et al., 2009; JURADO et al., 2009; JUEN et al., 2017; ZHAO et al., 2011). O objetivo da pesquisa foi analisar como a estrutura da comunidade de MIB é afetada em áreas de MNJ na Amazônia Sul-Occidental.

2 METODOLOGIA

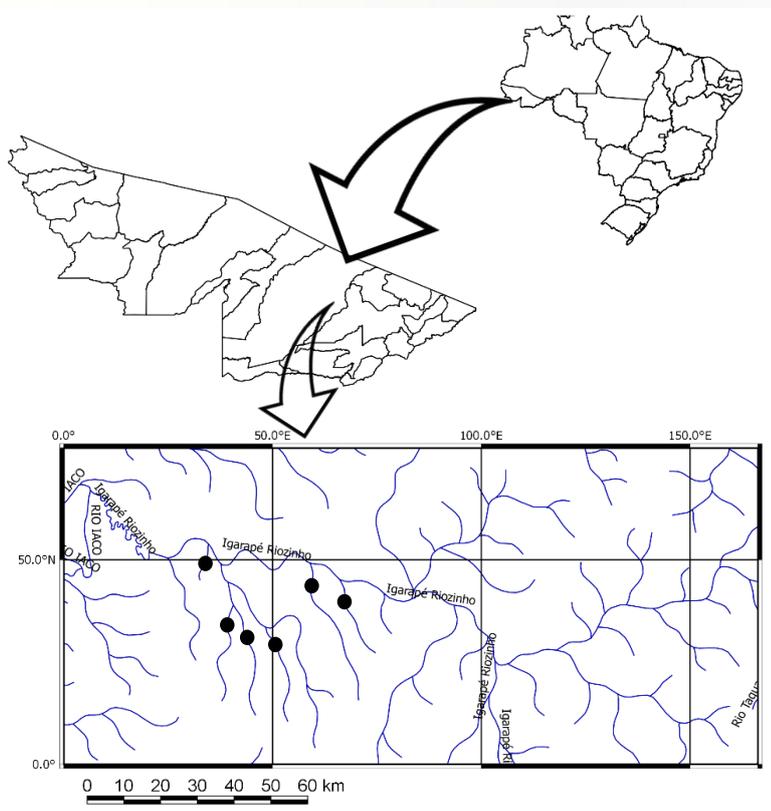
A Fazenda São Jorge está localizada na BR 364, km 102, sentido Rio Branco-Sena Madureira (09°26'11" S; 68°37'19" W). Trata-se de uma área privada destinada à retirada de madeira para comercialização, utilizando-se de um programa de Manejo Florestal Certificado que tem o apoio do Governo do Estado do Acre.

O local de estudo pertence ao bioma Amazônia, onde predomina a Floresta Ombrófila Densa e a Floresta Ombrófila Aberta com palmeiras e com bambus (ACRE, 2011). Esta região possui alto valor para biodiversidade vegetal e animal, com aumento da complexidade geomorfológica em direção à região dos Andes, onde essas características são intensificadas (ALVEZ-VALLES et al., 2018).

A região apresenta clima predominantemente quente e úmido de acordo com a classificação de Köppen (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007). Há duas estações bem definidas: chuvosa que vai de novembro a junho, e de estiagem, variando de julho a outubro (RAMALHO et al., 2016), com altas temperaturas (24,5^o~32 °C), precipitação pluviométrica (média do período chuvoso 312 mm e seco 60 mm) e umidade relativa do ar (80% a 90%) (ACRE, 2011).

O estado do Acre, principalmente a região leste, concentra grande atividade antrópica, onde é dominada pela pastagem (81,20%), como consequência de um processo histórico de ocupação desde a década de 70 do século passado, com área total estimada de 63.354 ha, desmatada para essa finalidade. Atualmente, há outras formas de usos do solo, porém, a pastagem ainda é largamente predominante no estado (capoeira 13,10%, agricultura 3,50%).

Figura 1: Mapa da área de estudo com os locais de coleta, na Fazenda São Jorge (Sena Madureira – AC).



Fonte: Dados dos autores.

Foram selecionados 6 igarapés para coleta de MIB. As áreas de amostragem foram divididas em dois grupos: áreas com atividade de manejo florestal (MNJ) e área sem manejo florestal e sem atividade de retirada de madeiras (REF). Foi determinado um trecho de 50 m, onde foram selecionados seis pontos de subamostra em: 3 corredeiras e 3 remansos, totalizando seis pontos por igarapé. Essas subamostras (pseudoamostras) maximizam os tipos diferentes de habitats ocupados pelos MIB's.

A coleta de MIB foi realizada com auxílio de um amostrador *Surber* (malha 0,2 mm; área 0,1m²). As larvas de MIB foram identificadas até o menor nível taxonômico possível. Os exemplares foram preservados em frascos PET (30ml) contendo álcool 70%, e depositados no laboratório de Ictiologia da Universidade Federal do Acre (Ufac).

O material biológico foi identificado com auxílio de chaves taxonômicas (HAMADA, COUCEIRO; 2005; MARIANO, 2007; MOREIRA et al., 2018; PES, HAMADA, NESSIMIAN, 2005; SEGURA, VALENTE-NETO, FONSECA-GESSNER, 2011; SOUZA, COSTA, OLDRINI, 2007; TRIVINHO-STRIXINO, 2011).

A riqueza de MIB foi estimada por meio do Chao 1, o qual se baseia na abundância de espécies (COLWELL, 2004). Esse estimador consiste em dividir a riqueza observada, adicionada ao quadrado do número de espécies representadas por apenas um indivíduo nas amostras (denominadas *singletons*), pelo dobro do número de espécies com apenas dois indivíduos (denominada *doubletons*) em todas as amostras (MAGURRAN, 2003).

A diversidade taxonômica foi determinada pelo índice de diversidade Shannon-Wiener (H') e dominância (D) (MAGURRAN, 2003), e a equidade (J') segundo Pielou (1966) (MAGURRAN, 2003). Foi aplicado o teste t de *Student* para verificar a existência de diferenças na abundância (nível de ordem e família), e na diversidade taxonômica entre as áreas de MNJ e REF. Todas as análises foram realizadas com o pacote estatístico *Statistical Paleontological* (PAST 3.0) (DASGUPTA, 2013).

3 RESULTADOS

Foram coletados 373 indivíduos, organizados em trinta e quatro famílias e oito ordens (Tabela 1). Os igarapés nos locais com atividade de MNJ tiveram abundância de 177 espécies e foi inferior à área REF, que teve 196 espécies.

Tabela 1: Abundância de ordens e famílias de macroinvertebrados bentônicos amostrados em igarapés presentes em áreas com manejo florestal (MNJ) e áreas sem manejo florestal (REF), Sena Madureira (AC), 2008.

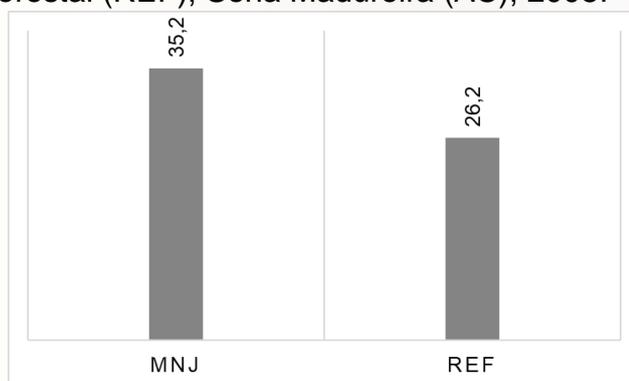
Ordem/família	MNJ	REF	Total
Coleoptera			
Coleoptera_Fam1	2	0	2
Coleoptera_Fam2	1	4	5
Elmidae	0	2	2
Haliplidae	0	1	1
Decapoda			
Dec_Fam_1	0	2	2
Palaemonidae	15	6	21
Diptera			
Ceratopogonidae	0	4	4
Chironomidae	10	58	68
Culicidae	3	3	6
Simuliidae	1	1	2
Ephemeroptera			
Caenidae	3	0	3
Ephemerellidae	9	3	12
Ephemeroptera_Fam1	5	8	13
Ephemeroptera_Fam2	1	0	1
Ephemeroptera_Fam3	1	0	1
Leptohyphidae	29	14	43
Leptophlebiidae	29	10	39
Potamanthidae	2	0	2
Megaloptera			
Corydalidae	0	3	3
Odonata			
Aeshnidae	2	1	3
Calopterygidae	1	0	1
Coenagrionidae	2	0	2
Gomphidae	14	6	20
Libellulidae	8	9	17
Odonata_Fam 1	1	0	1
Odonata_Fam 2	1	0	1
Plecoptera			
Perlidae	20	33	53
Trichoptera			
Calamoceratidae	3	5	8
Helicopsychidae	6	10	16
Hidroptilidae	1	1	2
Hydropsychidae	3	5	8
Odontoceridae	3	3	6
Trichoptera_Fam1	0	2	2
Trichoptera_Fam2	1	2	3
Total Geral	177	196	373

Fonte: Dados dos autores (2008).

A família mais abundante foi Perlidae (Plecoptera) com 53 indivíduos, seguido por Leptohyphidae (Ephemeroptera) com 43 indivíduos. Os igarapés em locais de MNJ foram caracterizados pelas famílias Leptohyphidae e Leptophlebiidae (ambos Ephemeroptera), mais abundantes nestes locais. Os igarapés nos locais de REF foram dominados por Chironomidae (ordem Diptera).

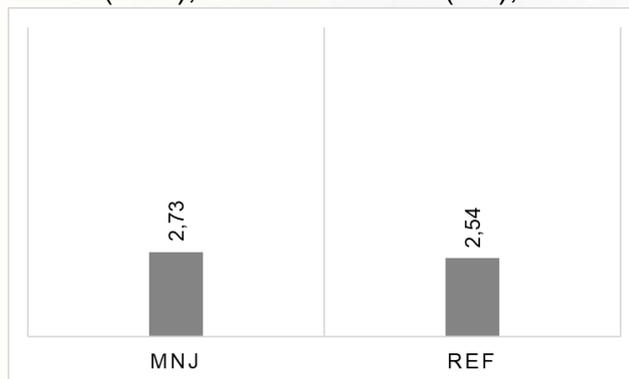
A riqueza de famílias (Chao 1) e diversidade (H') foram superiores nas áreas de MNJ (Figura 2 e 3); a equitabilidade foi praticamente idêntica nas duas áreas (Figura 4), e a dominância foi superior nos igarapés de REF (Figura 5).

Figura 2: Riqueza estimada Chao 1 de macroinvertebrados bentônicos amostradas em igarapés presentes em áreas com manejo florestal (MNJ) e áreas sem manejo florestal (REF), Sena Madureira (AC), 2008.



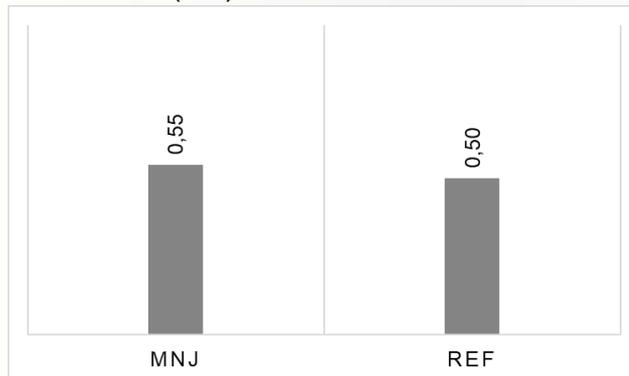
Fonte: Dados dos autores (2008).

Figura 3: Diversidade de Shannon-Wiener de macroinvertebrados bentônicos amostradas em igarapés presentes em áreas com manejo florestal (MNJ) e áreas sem manejo florestal (REF), Sena Madureira (AC), 2008.



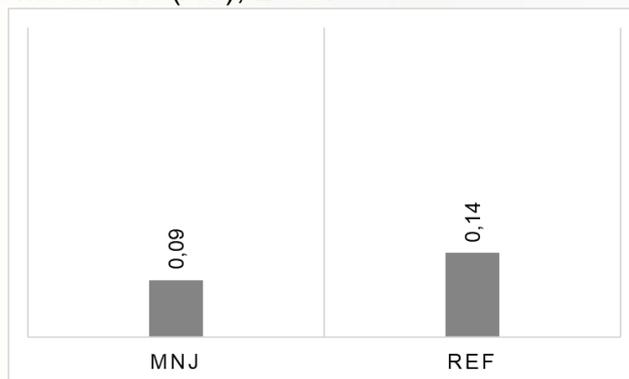
Fonte: Dados dos autores (2008).

Figura 4: Equitabilidade de macroinvertebrados bentônicos amostradas em igarapés presentes em áreas com manejo florestal (MNJ) e áreas sem manejo florestal (REF), Sena Madureira (AC), 2008.



Fonte: Dados dos autores (2008).

Figura 5: Dominância (D) de macroinvertebrados bentônicos amostradas em igarapés presentes em áreas com manejo florestal (MNJ) e áreas sem manejo florestal (REF), Sena Madureira (AC), 2008.



Fonte: Dados dos autores (2008).

Os igarapés presentes nas áreas com manejo florestal apresentaram 177 organismos, enquanto os igarapés em áreas sem manejo apresentaram 196 organismos. Porém, o teste *t* de *Student* revelou não haver diferença significativa quando as abundâncias foram comparadas em nível de ordem ($t = -0,20$; valor $p = 0,83$). O mesmo resultado se confirmou quando analisamos as abundâncias em nível de famílias ($t = -0,24$; valor $p = 0,81$). O teste *t* de *Student* apresentou diferença significativa para a diversidade entre os igarapés em área de MNJ e REF ($t = 1,70$; valor $p = 0,022$).

4. DISCUSSÃO

Os igarapés de florestas tropicais estão entre os de maior diversidade do planeta, porém, sofrem com grandes ameaças devido ao aumento descontrolado

do desmatamento e a perda da integridade e variedade de habitats (JÚNIOR, 2005; FEARNSIDE, 2005). Os prognósticos apresentados sobre a manutenção da cobertura vegetal diante do avanço dos impactos antrópicos são bem desfavoráveis à manutenção da biodiversidade (FEARNSIDE, 2005, 2006, 2008).

Com isso, a biodiversidade aquática está fortemente ameaçada de extinção, incluindo os insetos aquáticos, o que pode agravar ainda mais a qualidade do meio ambiente dada a sua importância nos processos de troca de energia por meio da cadeia trófica em águas doces (BISPO et al., 2006; CASTRO; DOLÉDEC; CALLISTO, 2018).

Os macroinvertebrados bentônicos possuem uma ampla variedade de espécies (VALDIVIA; ALVES-SILVA; DEL-CLARO, 2020; CARDOSO et al., 2018a; CARVALHO et al., 2018; LIMA; ALMEIDA; VICENTE, 2021; LIMA; PLESE; SILVA, 2020; YADAMSUREN et al., 2020). Os táxons encontrados nesta pesquisa indicam o potencial da biodiversidade nesta região. Esses resultados reduzem as lacunas sobre o conhecimento sobre a diversidade de insetos aquáticos na Amazônia sul-ocidental (LIMA et al., 2019a; LIMA; ALMEIDA; VICENTE, 2021; LIMA; PLESE; SILVA, 2020; ROQUE et al., 2012).

Os resultados dessa pesquisa apontaram a ordem Diptera como a segunda menos abundante. A ordem Diptera é geralmente a mais abundante na grande maioria dos ambientes (BARBOLA et al., 2017; GONÇALVES; MENEZES, 2017; MARTINS et al., 2017). Ela é composta por espécies que facilmente se adaptam a qualquer tipo de substrato e se distribuem em diferentes tipos de ambientes aquáticos como riachos e lagos (LIMA et al., 2019a; LIMA; ALMEIDA; VICENTE, 2021; LIMA; PLESE; SILVA, 2020). Recentemente, Lima et al., (2019) encontraram o gênero *Fissimentum* como predominante em áreas mais preservadas e o gênero *Chironomus* dominou as áreas alteradas pela ocupação humana. Em nosso estudo, Chironomidae foi mais abundante em locais de REF o que pode ter influenciado da maior dominância nos igarapés desses locais.

Neste estudo, a ordem Ephemeroptera foi a mais abundante tanto no resultado geral quanto nas amostras de áreas MNJ. Os maiores representantes dessa ordem foram as famílias Leptohephyphidae e Leptophlebiidae. O mesmo

padrão foi observado em riachos localizados nas áreas de transição entre cerrado e Amazônia (SHIMANO et al., 2011) e em águas brancas do oeste do estado do Acre (ROQUE et al., 2012). A família Leptophlebiidae possui grande variedade de brânquias abdominais, e está associada a águas com boa oxigenação. Eles possuem importante papel na fragmentação de matéria orgânica particulada grossa, convertendo-a em matéria orgânica particulada fina, a qual fica disponível para insetos catadores e filtrados (BRASIL et al., 2013). Alterações nas zonas ripárias podem afetar o crescimento de perifiton em substratos e influenciar na abundância e riqueza de Ephemeroptera (KIFFER et al., 2018).

O manejo florestal é uma atividade exploratória que busca retirar da natureza os recursos madeireiros por meio de práticas de baixo impacto, mantendo a estrutura e funcionalidade dos ecossistemas (CARVALHO, 2019; MIRANDA et al., 2013). Essa prática tem sido vantajosa para a proteção do meio ambiente, especialmente na preservação de espécies arbóreas (D'ARACE et al., 2019), e na capacidade de manter a conservação de ecossistemas nos processos de regeneração florestal (CARVALHO; ALVES; CARNEIRO, 2021).

Por exemplo, a pesquisa realizada por Miranda et al. (2013) no Projeto de Assentamento Agroextrativista (PAE) Chico Mendes, objetivou analisar a riqueza e estrutura de formigas comparando áreas de controle, manejo florestal de baixo impacto e locais com queda natural de árvores. Eles relataram que o manejo de baixo impacto esteve mais associado com as áreas de queda natural do que com a área controle, como consequência do baixo impacto causado por esta atividade

Cardoso e colaboradores (CARDOSO et al., 2018b) estudaram igarapés pertencentes à bacia do rio Capim, no Pará (Brasil), revelou que a prática de manejo florestal neste lugar favorece a manutenção da diversidade florística nas margens de igarapés, mantendo o fornecimento de matéria orgânica para o leito dos igarapés, e favorecendo a manutenção da heterogeneidade ambiental (CARDOSO et al., 2018b). O método convencional de retirada de árvores de valor comercial não leva em conta o valor ecológico que essas espécies têm para o ecossistema, o que leva a perda da diversidade e qualidade ambiental (CARDOSO et al., 2018b; CARVALHO, 2019; MIRANDA et al., 2013).

Os parâmetros ecológicos analisados não apresentaram diferença em praticamente todas as análises, exceto para a diversidade, após a confirmação do teste estatístico. Isso sugere que a prática de manejo florestal realizado nesta área é de baixo impacto, a exemplo do que ocorreu em outros estudos (CARDOSO et al., 2018b; CARVALHO, 2019; MIRANDA et al., 2013; PAZ, 2008). Os macroinvertebrados bentônicos possuem forte capacidade de refletir as condições do meio ambiente, especialmente da vegetação ciliar (CARVALHO, 2019; D'ARACE et al., 2019; CARVALHO; ALVES; CARNEIRO, 2021; KILONZO et al., 2014; LIMA et al., 2019b; LIMA; PLESE; SILVA, 2020; LOPES et al., 2011; SHIMANO et al., 2011).

Alguns grupos apresentam maior capacidade de responder a possíveis impactos como Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (ANGRADI et al., 2009; JURADO et al., 2009; JUEN et al., 2017; ZHAO et al., 2011). É possível aperfeiçoar os meios de diagnóstico e percepção das alterações ambientais por meio de indicadores e métricas específicas da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, adaptados a partir de estudos que comprovem a sua aplicação em diferentes tipologias ambientais (BAPTISTA et al., 2007; BEDOYA; MANOLAKOS; NOVOTNY, 2011; BRASIL et al., 2013; CUNHA; JUEN, 2017; LIMA; ALMEIDA; VICENTE, 2021).

Aqui, a ordem Ephemeroptera teve maior riqueza de famílias com 8 tipos diferentes. Os Ephemeroptera são insetos de corpo alongado com presença de brânquias abdominais, às vezes presentes aos pares nos primeiros dois segmentos abdominais ou distribuídos ao longo dos segmentos do abdome (SHIMANO; JUEN, 2016). Eles ocupam locais onde há a presença de folhiços, pedaços de troncos e plantas aquáticas. Em sua maioria, são exigentes quanto à disponibilidade de oxigênio dissolvido e são importantes fragmentadores de matéria orgânica (BROWN; MAY; WULFF, 2012; DIAS; MAGNUSSON; ZUANON, 2010; MENDES et al., 2017).

A família Leptophlebiidae, a segunda mais abundante nesta pesquisa, possui uma ampla variedade de brânquias abdominais (MARIANO, 2007), as quais se movimentam de forma dinâmica e síncrona durante sua fase de vida larval na água. Já a família Helichopsychidae, a mais abundante entre os Trichoptera, possui comportamento cosmopolita, sendo encontrado em

diferentes ambientes, mas não associado com similaridade a impactos (LUIZA-ANDRADE et al., 2017; MARTINS et al., 2017). Essa família constrói abrigos semelhantes a caracóis, e necessitam de sedimentos presentes no fundo de rios e riachos para isso (HAMADA; NESSIMIAN; QUERINO, 2019).

A família Hydropsychidae foi a segunda mais abundante entre os Trichoptera. Ela está entre as mais abundantes desta ordem (HAMADA; NESSIMIAN; QUERINO, 2019), e possuem como características morfológicas marcantes a presença de escleritos na região dorsal do tórax e brânquias alongadas na porção ventral do abdome (LECCI; FROEHLICH, 2007; PES; HAMADA; NESSIMIAN, 2005). Lima e colaboradores (LIMA; PLESE; SILVA, 2020), identificaram essa família habitando em igarapés de águas conservadas e levemente alteradas em áreas de pastagem e plantação de cana-de-açúcar nas nascentes do rio Iquiri (AC, Brasil).

Outro grupo abundante nesta pesquisa foi a ordem Plecoptera. Junto com as ordens Ephemeroptera e Trichoptera, eles formam um importante indicador de qualidade ambiental (BARBOLA et al., 2017; CHEN et al., 2017; RELYEA; MINSHALL; DANEHY, 2012; VISINSKIENE; BERNOTIENE, 2012). Entre essas três ordens, os Plecoptera são os mais exigentes quanto à qualidade ambiental. Eles ocupam áreas com elevada quantidade de oxigênio dissolvido, e podem ser encontrados junto a pedras, rochas e folhiços que ficam sujeitos à correnteza das águas em riachos, devido a maior concentração de oxigênio e disponibilidade de alimento (CORBI; TRIVINHO-STRIXINO, 2008; CORTEZZI et al., 2009; HYNES, 1970; KILONZO et al., 2014). Uma possível explicação seja a maior heterogeneidade ambiental nas áreas sem manejo, pois isso é resultado de maior qualidade e variedade de matéria orgânica disponibilizados pela vegetação local (ALONSO; GONZÁLEZ-MUÑOZ; CASTRO-DÍEZ, 2010; CUNHA; JUEN, 2017; MOORE; MURPHY, 2015; VISINSKIENE; BERNOTIENE, 2012).

4 CONCLUSÕES

O MNJ é uma técnica vantajosa para o desenvolvimento econômico com cuidados ao meio ambiente. O conjunto de ações que envolve essa técnica

Revista Científica Conexão na Amazônia v. 4, n. 1, Ano, 2023

permite a retirada de espécies madeireiras com o menor grau de impacto possível para cada localidade. Vários trabalhos buscam identificar os meios para colaborar com o aperfeiçoamento desta técnica, associando mecanismos de monitoramento ambiental para melhoria da qualidade dos planos de manejo.

Os macroinvertebrados bentônicos demonstraram responder bem às alterações, fortalecendo o seu uso como para monitoramento de áreas sob a gestão do manejo florestal e ainda a sua aplicação em avaliação da qualidade ambiental.

Estes resultados apontam para a necessidade de ampliação dessa pesquisa, atingindo outras áreas da Amazônia sul-ocidental, sugerindo ainda outros indicadores como medidas de integridade de ambientes e monitoramento, tais como índices bióticos, % de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (% EPT) e % Diptera.

5 AGRADECIMENTOS

À CAPES pela disponibilidade da bolsa no período da realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALONSO, A.; GONZÁLEZ-MUÑOZ, N.; CASTRO-DÍEZ, P. Comparison of leaf decomposition and macroinvertebrate colonization between exotic and native trees in a freshwater ecosystem. **Ecological Research**, v. 25, n. 3, p. 647–653, maio 2010.

ALVEZ-VALLES, C. M. et al. Endemism and conservation of Amazon palms. **Biodiversity and Conservation**, v. 27, n. 3, p. 765–784, mar. 2018.

ANGRADI, T. R. et al. Multimetric macroinvertebrate indices for mid-continent US great rivers. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 28, n. 4, p. 785–804, 2009.

ARNAIZ, O. L. et al. Influence of riparian condition on aquatic macroinvertebrate communities in an agricultural catchment in south-eastern Australia. **Ecological Research**, v. 26, n. 1, p. 123–131, 2011.

BAPTISTA, D. F. et al. A multimetric index based on benthic macroinvertebrates for evaluation of Atlantic Forest streams at Rio de Janeiro State, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 575, n. 1, p. 83–94, 2007.

BARBOLA, I. F. et al. Avaliação da comunidade de macroinvertebrados aquáticos como ferramenta para o monitoramento de um reservatório na bacia do rio Pitangui, Paraná, Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 101, n. 1–2, p. 15–23, 31 mar. 2017.

BEDOYA, D.; MANOLAKOS, E. S.; NOVOTNY, V. Characterization of biological responses under different environmental conditions: A hierarchical modeling approach. **Ecological Modelling**, v. 222, n. 3, p. 532–545, 2011.

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 = Revista brasleira de biologia**, v. 66, n. 2B, p. 611–22, maio 2006.

BRASIL, L. S. et al. Effects of environmental factors on community structure of Leptophlebiidae (Insecta, Ephemeroptera) in Cerrado streams, Brazil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 103, n. 3, p. 260–265, 2013.

BROWN, L. R.; MAY, J. T.; WULFF, M. Associations of benthic macroinvertebrate assemblages with environmental variables in the upper clear creek watershed, california. **Western North American Naturalist**, v. 72, n. 4, p. 473–494, 2012.

BUSS, D. F. et al. Stream biomonitoring using macroinvertebrates around the globe: a comparison of large-scale programs. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 187, n. 1, p. 2–21, jan. 2015.

CARDOSO, M. N. et al. Reducing the deleterious effects of logging on Ephemeroptera communities through reduced impact management. **Hydrobiologia**, v. 823, n. 1, p. 191–203, 1 nov. 2018b.

CARDOSO, M. N. et al. Reducing the deleterious effects of logging on Ephemeroptera communities through reduced impact management. **Hydrobiologia**, v. 823, n. 1, p. 191–203, 2018a.

CARVALHO, A. N. DE. Environmental impacts of community forest management in the tapajós national forest. **Agroecossistemas**, v. 11, n. 1, p. 169–182, 2019.

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, 1 dez. 2018.

CARVALHO, R. da C.; ALVES, L. de F. N.; CARNEIRO, R. do V. Recuperação florestal em várzeas do estuário amazônico submetidas ao manejo intensivo de açaçais. **Ambiente & sociedade**, v. 24, 2021.

CASTRO, D. M. P. DE; DOLÉDEC, S.; CALLISTO, M. Land cover disturbance homogenizes aquatic insect functional structure in neotropical savanna streams. **Ecological Indicators**, v. 84, p. 573–582, 1 jan. 2018.

Revista Científica Conexão na Amazônia v. 4, n. 1, Ano, 2023

CHEN, K. et al. A multi-assemblage, multi-metric biological condition index for eastern Amazonia streams. **Ecological Indicators**, v. 78, p. 48–61, 1 jul. 2017.

COLWELL, R. K. **User's guide to EstimateS5 statistical. Estimation of species richness and shared species from samples**. Disponível em: <<http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>>. Acesso em: 20 jun. 2022.

CORBI, J. J.; TRIVINHO-STRIXINO, S. Relationship between sugar cane cultivation and stream macroinvertebrate communities. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 51, n. 4, p. 569–579, 29 set. 2008.

CORTEZZI, S. S. et al. Influência da ação antrópica sobre a fauna de macroinvertebrados aquáticos em riachos de uma região de cerrado do sudoeste do Estado de São Paulo. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 99, n. 1, p. 36–43, 30 jul. 2009.

CUNHA, E. J.; JUEN, L. Impacts of oil palm plantations on changes in environmental heterogeneity and Heteroptera (Gerromorpha and Nepomorpha) diversity. **Journal of Insect Conservation**, v. 21, n. 1, p. 111–119, 2017.

D'ARACE, L. M. B. et al. O manejo florestal como estratégia para mitigar os impactos da exploração florestal. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 6, p. 32–42, 2019.

DASGUPTA, A. National knowledge resource consortium -a national gateway of S&T on-line resources for CSIR and DST laboratories. **Current Science**, v. 105, n. 10, p. 1352–1357, 2013.

DIAS, M. S.; MAGNUSSON, W. E.; ZUANON, J. Effects of Reduced-Impact Logging on Fish Assemblages in Central Amazonia: Contributed Paper. **Conservation Biology**, v. 24, n. 1, p. 278–286, fev. 2010.

FEARNSIDE, P. M. Amazon forest maintenance as a source of environmental services. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 80, n. 1, p. 101–114, 2008.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história índices e conseqüências. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 113–123, 2005.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: Dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 3, p. 395–400, 2006.

GONÇALVES, F. B.; MENEZES, M. S. DE. A comparative analysis of biotic indices that use macroinvertebrates to assess water quality in a coastal river of Paraná state, southern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 4, p. 27–36, 31 mar. 2017.

HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L.; QUERINO, R. B. **Insetos aquáticos na amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. 2. ed. Manaus (AM): INPA, 2019.

Revista Científica Conexão na Amazônia v. 4, n. 1, Ano, 2023

HAMADA, Neusa; COUCEIRO, Sheyla Regina Marques. An illustrated key to nymphs of Perlidae (Insecta, Plecoptera) genera in Central Amazonia, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 47, n. 3, p. 477–480, 26 abr. 2005.

HYNES, H. B. N. The Ecology of Stream Insects. **Annual Review of Entomology**, v. 15, n. 1, p. 25–42, 1970.

JARDINE, T. D. et al. Water striders (family Gerridae): Mercury sentinels in small freshwater ecosystems. **Environmental Pollution**, v. 134, n. 1, p. 165–171, 2005.

JUEN, L. et al. Mayfly assemblage structure of the Pantanal Mortes-Araguaia flood plain. **Marine and Freshwater Research**, v. 68, n. 11, p. 2156–2162, 2017.

JÚNIOR, P. M.; VIANNA, D. M. Distribuição do esforço de coleta de Odonata no Brasil - Subsídios para escolha de áreas prioritárias para levantamentos faunísticos. **Lundiana**, v. 6, n. SUPPL., p. 13–26, 2005.

JURADO, G. Becerra et al. Comparison of macroinvertebrate community structure and driving environmental factors in natural and wastewater treatment ponds. **Hydrobiologia**, v. 634, n. 1, p. 153–165, 2009.

KIFFER, W. P. et al. Do changes in riparian zones affect periphyton growth and invertebrate colonization on rocky substrates in Atlantic Forest streams? **Iheringia - Serie Zoologia**, v. 108, p. 1–10, 2018.

KILONZO, F. et al. Spatial-temporal variability in water quality and macroinvertebrate assemblages in the Upper Mara River basin, Kenya. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 67–69, p. 93–104, 2014.

LECCI, L. S.; FROEHLICH, C. G. **Ordem Plecoptera Burmeister 1839 (Arthropoda: Insecta)**. [s.l.] Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo., 2007. v. 1839

LIMA, D. V. M. et al. Uso de larvas de Chironomidae (Diptera) na análise da integridade ecológica de lagos urbanos no oeste amazônico. **Biota Amazônia**, v. 9, n. 3, p. 41–45, 2019a.

LIMA, D. V. M. et al. Uso de larvas de Chironomidae (Diptera) na análise da integridade ecológica de lagos urbanos no oeste amazônico. **Biota Amazônia**, v. 9, n. 3, p. 41–45, 2019b.

LIMA, D. V. M.; ALMEIDA, M. DE F. T. DE; VICENTE, J. X. Efeitos Da Sazonalidade Sobre a Composição E Riqueza De Larvas De Odonatas Em Lagos Urbanos, Rio Branco (Ac), Brasil. **Multidisciplinary Sciences Reports**, v. 1, n. 1, p. 1–16, 2021.

LIMA, D. V. M.; PLESE, L. P. DE M.; SILVA, I. H. L. DA. Effects of land use on the community of benthic Macroinvertebrates in streams of the Iquiri River

Basin (ACRE, BRAZIL). **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 7, n. 2, p. 160–175, 2020.

LOPES, A. et al. 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**, v. 41, n. 4, p. 493–502, 2011.

LUIZA-ANDRADE, A. et al. Influence of oil palm monoculture on the taxonomic and functional composition of aquatic insect communities in eastern Brazilian Amazonia. **Ecological Indicators**, v. 82, p. 478–483, 1 nov. 2017.

MAGURRAN, A. E. **Measuring biological diversity**. [s.l.] Blackwell Publishing, 2003.

MANGADZE, T.; BERE, T.; MWEDZI, T. Choice of biota in stream assessment and monitoring programs in tropical streams: A comparison of diatoms, macroinvertebrates and fish. **Ecological Indicators**, v. 63, p. 128–143, 2016.

MARIANO, R. Ordem Ephemeroptera (Arthropoda : Insecta). **Guia on-line de identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo**, p. 1–9, 2007.

MARTINS, R. T. et al. Effects of urbanization on stream benthic invertebrate communities in Central Amazon. **Ecological Indicators**, v. 73, p. 480–491, 1 fev. 2017.

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, 1 dez. 2017.

MIRANDA, P. N. et al. A riqueza e composição de formigas como indicadores dos efeitos do manejo florestal de baixo impacto em floresta tropical no estado do acre. **Revista Arvore**, v. 37, n. 1, p. 163–173, 2013.

MOLINA, Carlos Israel et al. Transfer of mercury and methylmercury along macroinvertebrate food chains in a floodplain lake of the Beni River, Bolivian Amazonia. **Science of the Total Environment**, v. 408, n. 16, p. 3382–3391, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.04.019>>.

MOORE, I. E.; MURPHY, K. J. Evaluation of alternative macroinvertebrate sampling techniques for use in a new tropical freshwater bioassessment scheme. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 27, n. 2, p. 213–222, 27 jun. 2015.

MOREIRA, F. F. F. et al. Order Hemiptera. **Thorp Covich's Freshw. Invertebr.** [S.l.: s.n.], 2018. p. 175–216.

PAZ, A. Efetividade de Áreas Protegidas (APs) na conservação da qualidade das águas e biodiversidade aquática em sub-bacias de referência no rio das

Revista Científica Conexão na Amazônia v. 4, n. 1, Ano, 2023

Velhas (MG). **Neotropical Biology and Conservation**, v. 3, n. 3, p. 149–158, 2008.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, n. 5, p. 1633–1644, 2007.

PES, A. M. O.; HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L. Chaves de identificação de larvas para famílias e gêneros de Trichoptera (Insecta) da Amazônia Central, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 49, n. 2, p. 181–204, 2005.

RELYEA, C. D.; MINSHALL, G. W.; DANEHY, R. J. Development and validation of an aquatic fine sediment biotic index. **Environmental Management**, v. 49, n. 1, p. 242–252, jan. 2012.

ROQUE, F. D. O. et al. Concordance between macroinvertebrate communities and the typological classification of white and clear-water streams in Western Brazilian Amazonia. **Biota Neotropica**, v. 12, n. 2, p. 83–92, 2012.

RUARO, R. et al. Comparison of fish and macroinvertebrates as bioindicators of Neotropical streams. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 188, p. 2–13, jan. 2016.

SEGURA, M. O.; VALENTE-NETO, F.; FONSECA-GESSNER, A. A. Chave de famílias de Coleoptera aquáticos (Insecta) do Estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1, p. 393–412, 2011.

SHIMANO, Y. et al. Composição e distribuição da fauna de Ephemeroptera (Insecta) em área de transição Cerrado-Amazônia, Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 100, n. 4, p. 301–308, 19 maio 2011.

SHIMANO, Y.; JUEN, L. How oil palm cultivation is affecting mayfly assemblages in Amazon streams. **Annales de Limnologie - International Journal of Limnology**, v. 52, p. 35–45, 2016.

SOUZA, L. O. I.; COSTA, J. M.; OLDRINI, B. B. Ordem Odonata Fabricius, 1793 (Arthropoda: Insecta). **Guia on-line de identificação de larvas de insetos aquáticos do estado de São Paulo**, v. 7, p. 23, 2007. Disponível em: <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online/Guia_online_Odonata_Vers_o_1_2.0.pdf>.

SOUZA, V. M. DE; SOUZA, M. B. DE; MORATO, E. F. Efeitos da sucessão florestal sobre a anurofauna (Amphibia: Anura) da Reserva Catuaba e seu entorno, Acre, Amazônia sul-ocidental. **REVISTA BRASILEIRA DE ZOOLOGIA**, v. 25, n. 1, p. 49–57, 2008.

SUGA, C. M.; TANAKA, M. O. Influence of a forest remnant on macroinvertebrate communities in a degraded tropical stream. **Hydrobiologia**, v. 703, n. 1, p. 203–213, 2013.

TRIVINHO-STRIXINO, S. **Larvas De Chironomidae Guia De Identificação**. 2. ed. São Carlos: UFSCar, 2011.

VALDIVIA, F. G. A.; ALVES-SILVA, E.; DEL-CLARO, K. Differences in size and energy content affect the territorial status and mating success of a neotropical dragonfly. **Austral Ecology**, v. 45, n. 6, p. 748–758, 2020.

VANNOTE, R. L. et al. The River Continuum Concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 37, n. 1, p. 130–137, jan. 1980.

VISINSKIENE, G.; BERNOTIENE, R. The use of benthic macroinvertebrate families for river quality assessment in Lithuania. **Central European Journal of Biology**, v. 7, n. 4, p. 741–758, 2012.

YADAMSUREN, O. et al. Macroinvertebrate community responses to land use: a trait-based approach for freshwater biomonitoring in Mongolia. **Hydrobiologia**, v. 847, n. 8, p. 1887–1902, 2020.

ZHAO, J. et al. Effects of vegetation removal on soil properties and decomposer organisms. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 43, n. 5, p. 954–960, 2011.