

CARINA KAORY SASAHARA DE PAIVA

O PAPEL RELATIVO DOS PROCESSOS AMBIENTAIS E ESPACIAIS NA
ESTRUTURAÇÃO DA COMUNIDADE DE TRICHOPTERA (INSECTA) EM
UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

BELÉM

2017

CARINA KAORY SASAHARA DE PAIVA

O PAPEL RELATIVO DOS PROCESSOS AMBIENTAIS E ESPACIAIS NA
ESTRUTURAÇÃO DA COMUNIDADE DE TRICHOPTERA (INSECTA) EM
UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, Modalidade Biologia da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Biologia.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Juen. Departamento de Ecologia – UFPA

Co-orientadora: MSc. Ana Paula Justino de Faria.

BELÉM

2017

CARINA KAORY SASAHARA DE PAIVA

O PAPEL RELATIVO DOS PROCESSOS AMBIENTAIS E ESPACIAIS NA
ESTRUTURAÇÃO DA COMUNIDADE DE TRICHOPTERA (INSECTA) EM
UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Colegiado do Curso de Bacharelado em Ciências
Biológicas, Modalidade Biologia da Universidade
Federal do Pará, como requisito parcial para a obtenção
do grau de Bacharel em Biologia.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Juen
Departamento de Ecologia, UFPA

Co-orientadora: MSc. Ana Paula Justino de Faria
Departamento de Ecologia, UFPA

Avaliadora: Dr^a Lenize Batista Calvão
Departamento de Ecologia, UFPA

Avaliadora: Prof^a Dr^a Thaísa Sala Michelin
Departamento de Ecologia, UFPA

BELÉM

2017

AGRADECIMENTOS

A minha família, em especial a minha mãe, pai e irmã, pelo apoio, força e incentivo durante a minha trajetória na faculdade, assim como para a elaboração deste trabalho.

Aos amigos, em especial ao Renato Cavalcante, pelos preciosos momentos de descontração nos momentos em que mais precisei.

Ao CNPq pela bolsa fomentada como Bolsista PIBIC e pelo apoio institucional da UFPA.

Ao meu orientador Dr. Leandro Juen, por ter aceitado me orientar durante tanto tempo como bolsista de Iniciação Científica, por compartilhar comigo um pouco do seu conhecimento e por ter aceitado participar desta importante etapa da minha vida acadêmica.

A minha co-orientadora MSc. Ana Paula Justino de Faria, pela sua dedicação, compreensão e amizade, por compreender as minhas inseguranças e manias, assim como pelo seu suporte para o término deste trabalho.

A Lenize Batista Calvão pelo seu auxílio, discussões científicas e amizade.

As estagiárias do laboratório de Ecologia e Conservação (LABECO) Daiany Carrera, Tainha Oliveira e Aline Melo pelo auxílio nas identificações do material biológico.

A todos os demais integrantes do LABECO, que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Obrigada a todos!

SUMÁRIO

1	Introdução	10
2	Material e métodos	12
2.1	Área de estudo.....	12
2.2	Delineamento e amostragem biológica.....	14
2.3	Caracterização ambiental.....	15
2.4	Análises de dados.....	16
3	Resultados	17
3.1	Variação ambiental de cada UC.....	17
3.2	Caracterização da comunidade.....	18
4	Discussão	20
5	Conclusão	23
6	Agradecimentos	23
7	Referências	24
8	Material Suplementar	31

RESUMO GERAL

Alguns dos principais modelos teóricos para explicar o padrão de distribuição das comunidades são a Teoria do Nicho e a Teoria Neutra. O nicho prediz que a distribuição das espécies é dependente das condições e características do seu ambiente. Por outro lado, a teoria neutra assume que as espécies são equivalentes ecologicamente, mas são limitadas pela sua capacidade de dispersão. Dada à extensão espacial da Amazônia e a sua biodiversidade, buscamos avaliar a importância dos fatores ambientais (nicho) e espaciais (neutro) na estruturação da comunidade de imaturos de Trichoptera em regiões prístinas da Amazônia. Esperamos que em escala regional (entre as Unidades de Conservação / UCs) a comunidade é influenciada pelo espaço, enquanto que em escala local (dentro das UCs) o ambiente é o fator estruturador da comunidade de Trichoptera. Para testar essa hipótese, amostramos 31 riachos nas UCs da Reserva Florestal Adolpho Ducke (10), Floresta Nacional de Tapajós (8) e Floresta Nacional de Caxiuanã (13). Nossos resultados apontaram que em escala regional, os processos espaciais e o ambiente estruturado no espaço, foram os fatores que mais influenciam a distribuição da comunidade de Trichoptera, possivelmente devido à distância geográfica e as diferentes formações biogeográficas das UCs. Por outro lado, em escala local a comunidade não foi influenciada por processos ambientais e espaciais, o que sugere a ação de outros processos atuando na comunidade, como as interações biológicas entre os gêneros. Assim, concluímos que os processos neutros estruturam a comunidade de Trichoptera em áreas com grandes distâncias geográficas e, portanto, a dificuldade de dispersão seria um fator importante para explicar a diferença da comunidade. Para estudos futuros, apontamos a necessidade da inclusão de áreas com histórias biogeográficas distintas e mais distantes, pois assim, contribuirá no conhecimento de distribuição de comunidades em diferentes escalas espaciais e biogeográficas.

Palavras-chave: Riachos; Inseto aquático; Composição de gêneros; Partição da variação.

FORMATAÇÃO DO TRABALHO

O Trabalho de Conclusão de Curso foi elaborado em formato de artigo, seguindo o escopo e as normas de formatação da Revista *Aquatic Ecology* (Fator de Impacto: 1,797; Qualis: B1), disponível em:

<http://www.springer.com/life+sciences/ecology/journal/10452?detailsPage=pltdci_1060357>

**O papel relativo dos processos ambientais e espaciais na estruturação da comunidade de
Trichoptera (Insecta) em Unidades de conservação na Amazônia brasileira**

Carina Kaory Sasahara de Paiva^{1a}, Ana Paula Justino de Faria², Leandro Juen³

¹Carina Kaory Sasahara de Paiva. Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Biológicas, Laboratório de Ecologia e Conservação (LABECO), Rua Augusto Correia, N° 1 Bairro Guamá, CEP: 66.075-110, Belém, Pará, Brasil.

²Ana Paula Justino de Faria. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Biológicas, Laboratório de Ecologia e Conservação (LABECO), Rua Augusto Correia, N° 1 Bairro Guamá, CEP: 66.075-110, Belém, Pará, Brasil.

³Leandro Juen. Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Biológicas, Laboratório de Ecologia e Conservação (LABECO), Rua Augusto Correia, N° 1 Bairro Guamá, CEP: 66.075-110, Belém, Pará, Brasil.

^a Autor por correspondência: carinaakaory@gmail.com, Telefone: (91) 98013-8680.

Resumo

Alguns dos principais modelos teóricos para explicar o padrão de distribuição das comunidades são a Teoria do Nicho e a Teoria Neutra. Essas teorias divergem em seus pressupostos, pois o nicho prediz que a distribuição das espécies é dependente das características e condições do seu ambiente, enquanto a neutra assume que as espécies são equivalentes ecologicamente, sendo limitadas pela sua capacidade de dispersão e os fatores históricos são determinantes para a comunidade. Dada à extensão espacial da Amazônia e a sua biodiversidade, avaliamos a importância dos fatores ambientais (nicho) e espaciais (neutro) na estruturação da comunidade de imaturos de Trichoptera em regiões prístinas da Amazônia. Esperamos que em escala regional (entre as Unidades de Conservação / UCs) a comunidade é

influenciada pelo espaço, enquanto que em escala local (dentro as UCs) o ambiente é fator estruturador da comunidade. Para isso amostramos 31 riachos distribuídos nas UCs da Reserva Florestal Adolpho Ducke, Floresta Nacional de Tapajós e Floresta Nacional de Caxiuanã. Em escala regional o componente espacial e o ambiente estruturado no espaço, foram os fatores que mais influenciam a distribuição da comunidade de Trichoptera, possivelmente devido à distância e a formação biogeográfica das UCs. No entanto, em uma escala local a comunidade não foi influenciada por componente ambiental e espacial. Assim, sugerimos que sejam realizados estudos complementares que auxiliem na compreensão dos fatores estruturadores de comunidades aquáticas tanto em escala local e em escala regional, principalmente em áreas com distinta formação geológica.

Palavras-chave Insetos aquáticos; Riachos; Composição de gêneros; Partição da variância.

1 Introdução

Um dos principais objetivos da ecologia é compreender e explicar os fatores que moldam a distribuição dos organismos no tempo, espaço e ambiente (Gravel et al. 2006; Suárez and Júnior 2007; Zhou and Zhang 2008). As restrições impostas aos organismos pelo espaço e ambiente ainda não são muito claros em ecossistemas amazônicos, sendo necessário compreender como esses processos interagem em ambientes complexos, abrangendo os princípios de modelos teóricos e aplicados (Diez and Pulliam 2007).

Entre os modelos teóricos que buscam explicar o padrão de distribuição e abundância dos organismos, a Teoria de Nicho e a Teoria Neutra merecem atenção especial (Gravel et al. 2006), pois suas predições podem ser aplicadas para vários organismos. Entre as definições de nicho, Hutchinson (1957) assume que as espécies possuem requerimentos ecológicos específicos, com tolerâncias a fatores bióticos e abióticos que formam um espaço multidimensional. Os distintos requerimentos no uso dos recursos permitem a coexistência das espécies (Marone 1988; Haegeman and Loreau 2011; Matos et al. 2013), que pode ser atribuída a diferenças nas interações de espécies coocorrentes, distribuição espacial e temporal distintas (Haegeman and Loreau 2011). Por outro lado, se houver sobreposição de nicho nesse espaço multidimensional, pode limitar a coexistência das espécies, principalmente devido ao processo de competição (Marone 1988). Assim, o nicho prevê que o padrão de composição das espécies deve ser determinado pelas condições ambientais, que filtram as espécies capazes de se estabelecerem em determinado local (Matos et al. 2013), sendo atuante em diferentes escalas espaciais.

A Teoria Neutra da Biodiversidade e Biogeografia unificada por Hubbell (2001) surge como um modelo alternativo a Teoria do Nicho. A Teoria Neutra assume que as comunidades residentes são formadas por indivíduos ecologicamente equivalentes em sua reprodução, mortalidade, migração e especiação (Hubbell 2001; Chave 2004; Thompson and Townsend 2006; Zhou and Zhang 2008). Assim, a comunidade é estruturada por processos estocásticos e limitação de dispersão (Hubbell 2001). Além disso, prediz que a similaridade na composição das espécies diminui à medida que a

distância entre os locais aumenta, devido à maior dificuldade de ocorrer à dispersão dos organismos (Hubbell 2001).

Essas teorias são importantes contribuições para a ecologia e biogeografia no último século, com repercussão significativa na comunidade científica (Cassemiro and Padial 2008). Assim, surgiram vários estudos que buscaram validar a importância relativa dos fatores ambientais (nicho) e espaciais (neutro) na estruturação das comunidades biológicas para ambientes terrestres (Gavilanez and Stevens 2012; Maçaneiro et al. 2016) e aquáticos (Thompson and Townsend 2006; Juen and De Marco 2011; Padial et al. 2014). Em ambientes terrestres, estudos com fungos (Dumbrell et al. 2010), anuros (Prado and Rossa-Feres 2014) e plantas (Maçaneiro et al. 2016), foram relacionados principalmente com fatores ambientais. Já em ambiente aquático os fatores ambientais foram importantes para grupos de invertebrados (Vanschoenwinkel et al. 2007), insetos (eg. Trichoptera, Ephemeroptera e Odonata) (Landeiro et al. 2012; Shimano et al. 2013; Mendes et al. 2015) e fitoplâncton (Padial et al. 2014), enquanto que os espaciais estruturaram as comunidades de peixes e macrófitas (Padial et al. 2014). Apesar dessas variações nas porcentagens encontradas nesses estudos, as duas teorias fazem parte de um gradiente, no qual todas as comunidades estariam posicionadas ao longo desse contínuo, dependendo das características ou requerimentos específicos das espécies.

Fatores biogeográficos e estudos de comunidades podem elucidar os processos que moldam as comunidades em diferentes escalas. Assim, para avaliar a intensidade dos componentes ambientais e espaciais na estruturação de comunidades naturais, é ideal que a comunidade apresente grande biodiversidade, tenha um importante papel funcional no ecossistema e que possam mostrar evidências de processos de nichos e neutros (Dumbrell et al. 2010). A ordem Trichoptera é formada por indivíduos abundantes e amplamente distribuída na maioria dos ecossistemas de água doce do mundo (Paprocki 2003), o que permite estudos comparativos entre diferentes regiões. Sua alta riqueza de espécies pode ser devido ao fato dos indivíduos ocuparem diferentes nichos ecológicos no ecossistema aquático (Paprocki 2003) e a estreita relação dos imaturos com as características ambientais (e.g. declive da margem, pH e turbidez da água, profundidade e largura do canal, substratos e macrófitas) (Galbraith et al. 2008; Heino and Mykra 2008; Skuja and Spungis 2010). Por outro lado, os tricópteros são dependentes do seu ciclo de vida (estágio imaturo e adulto) para sua dispersão (Landeiro et al.

2012). Para os imaturos, a maioria das espécies apresentam cinco estágios de desenvolvimento (ínstares), que podem durar de meses a anos, dependendo da espécie e dos fatores ambientais do seu habitat (Resh and Rosenberg 1984), no qual se dispersam na água a partir da deriva (Landeiro et al. 2012). Já os adultos vivem de poucos dias à no máximo três semanas, não ingerindo alimentos sólidos nesse período (Paprocki 2012) e sua dispersão é por voo lateral próximo dos riachos (Landeiro et al. 2012), atingindo curtas distâncias (Ross 1944).

Nesse contexto, avaliamos a intensidade dos fatores ambientais e espaciais na estruturação da comunidade de imaturos de Trichoptera em riachos prístinos na Amazônia. Para isso, testamos duas hipóteses: i) a composição da comunidade de Trichoptera é estruturada por fatores espaciais (neutro) em escala regional (entre as Unidades de Conservação/UCs), devido à distância geográfica entre as áreas e a limitação de dispersão da comunidade e ii) em escala local (dentro as UCs) a comunidade é influenciada por fatores ambientais, pois os tricópteros apresentam requerimentos específicos para coexistirem na comunidade.

2 Material e métodos

2.1 Área de estudo

O estudo foi conduzido em três UCs localizadas na Amazônia brasileira: Reserva Florestal Adolpho Ducke (DCK), Floresta Nacional de Tapajós (TPJ) e Floresta Nacional de Caxiuanã (CAX) (Fig. 1). As UCs TPJ e CAX são regidas de acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC - Lei 9.985/2000). Enquanto, a DCK é uma reserva criada pela Lei Estadual n°. 41, de 16 de fevereiro de 1963 (Baccaro et al. 2008). As UCs têm temperatura média anual variando entre 25°C a 27°C e precipitação anual entre 1,750 a 2,800 mm (Baccaro et al. 2008; Montag et al. 2008; Aguiar et al. 2014; Garcia et al. 2014).

A DCK ocupa uma área de 10,000 hectares (ha) localizada entre as coordenadas 02°55' a 03°01' de latitude Sul e 59°53' a 59°59' de longitude Oeste (Hamada and Ferreira-Kepler 2012). O clima da área é tropical úmido, com predominância de floresta tropical de terra firme (Baccaro et al.

2008; Hamada and Ferreira-Kepler 2012). A reserva está situada no divisor de águas entre duas principais bacias hidrográficas: o rio Amazonas e o rio Negro (Baccaro et al. 2008).

A TPJ está localizada na coordenada 02°45' a 04°15' de latitude Sul e 54°45' a 55°30' de longitude Oeste e abrange uma área estimada de 582,149 ha. O clima predominante é classificado como quente e úmido, com floresta ombrófila densa (Aguiar et al. 2014). A rede hidrográfica está situada entre as calhas do rio Tapajós a oeste e a bacia do rio Curuá-Una a leste (Projeto RadamBrasil 1976).

Por fim, CAX tem área estimada em 330,000 ha situada na coordenada 01°37' a 02°15' de latitude Sul e 51°31' a 51°58' de longitude Oeste. O clima característico é tropical quente e úmido (Moraes et al. 1997). A cobertura vegetal é de floresta densa de terra firme e florestas de inundação (Garcia et al. 2014), no qual a principal bacia hidrográfica é a Baía de Caxiuanã (Costa et al. 1997).

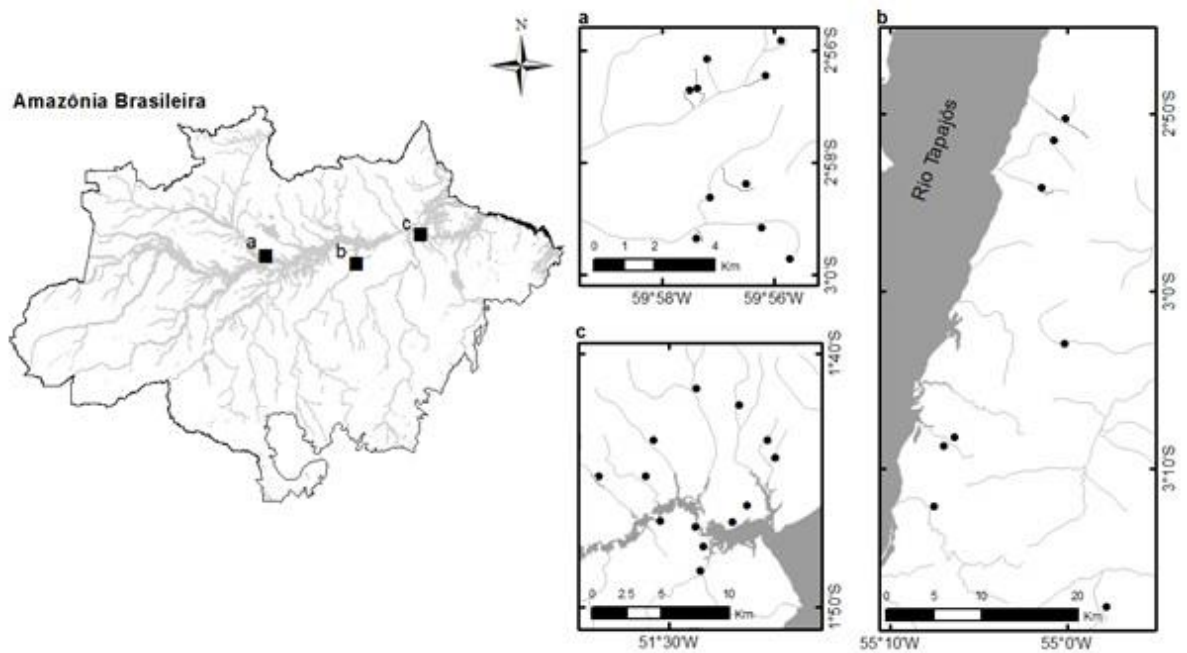


Fig. 1 Localização dos riachos amostrados nas Unidades de Conservação (UCs) da Reserva Florestal Adolpho Ducke (DCK-a), Floresta Nacional de Tapajós (TPJ-b) e Floresta Nacional de Caxiuanã (CAX-c).

2.2 Delineamento e amostragem biológica

Foram amostrados 31 riachos, 10 em DCK, oito em TPJ e 13 em CAX (Tabela Suplementar 1 em Recurso Online), sendo estes classificados como de primeira até terceira ordem, de acordo com Strahler (1957). As coletas foram realizadas em todas as UCs nos meses de novembro á dezembro de 2012 (CAX), maio de 2013 (DCK) e junho de 2015 (TPJ), durante o período de estiagem da Amazônia. A definição desse período considera a relação negativa dos organismos aquáticos com períodos de cheia, pois na estação chuvosa ocorre o aumento do fluxo dos riachos que carregam os organismos (Thomazi et al. 2008).

Para a coleta de Trichoptera demarcamos um trecho de 150 metros em cada riacho, divididos em 10 secções de 15 metros, nomeada de "A" (jusante) a "K" (montante). Cada secção foi subdividida em três segmentos de cinco metros cada, sendo amostrado somente nos dois primeiros segmentos de cada secção, totalizando 20 segmentos em cada riacho. O terceiro segmento é usado para medir as variáveis ambientais do próximo segmento, impedindo o pisoteio do substrato. Em cada um dos segmentos foi coletado duas porções de substratos com um coador circular denominado "*rapiché*". Esse procedimento de coleta tem sido eficiente para as amostragens de insetos aquáticos em riachos na Amazônia (Cunha et al. 2015; Shimano et al. 2016; Nogueira et al. 2016).

O substrato coletado foi separado em campo e os indivíduos foram fixados em álcool 85%. As identificações dos indivíduos foram realizadas até resolução taxonômico de gênero, utilizando a chave dicotômica de Pes et al. (2014). Um dos principais desafios em se trabalhar com imaturos de macroinvertebrados é a dificuldade taxonômica para identificar espécie de maneira confiável (Tomanova et al. 2006), o que justifica que muitos estudos utilizem resoluções mais amplas como famílias (Bueno et al. 2003) e gêneros (Tomanova et al. 2006). Assim, esse estudo foi padronizado a resolução de gênero, uma vez que é mais informativa do que família para a comunidade de macroinvertebrados em ambientes naturais (Bailey et al. 2001). No entanto, quando não foi possível alcançar essa resolução taxonômica, a identificação ocorreu até família. Os espécimes estão depositados na coleção de Insetos Aquáticos do Laboratório de Ecologia e Conservação (LABECO) da Universidade Federal do Pará (UFPA).

2.3 Caracterização ambiental

As variáveis ambientais utilizadas nesse estudo foram definidas de acordo com a relação e importância dessas métricas para os indivíduos de Trichoptera. Assim, com base na literatura, as variáveis oxigênio dissolvido (mg/l), média profundidade do talvegue (cm), banco de folhas (%), presença de sedimentos pequenos no talvegue (%), média do dossel sobre o canal (%), média de largura molhada (m) e vazão da água (m³/s) (Chaves 2005; Li et. al. 2012; Tonkin 2014) compõe a matriz de dados preditores.

Após definidas as variáveis do habitat físico, estas foram estimadas em cada riacho seguindo os procedimentos descritos no protocolo adaptado da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US-EPA) (Peck et al. 2006), que avalia tanto a seção longitudinal quanto transversal de cada riacho. Na seção longitudinal, foram mensuradas as métricas: profundidade do talvegue que corresponde a medida da região mais profunda do riacho, banco de folhas (substrato composto por folhas e/ou pequenos galhos) e presença de sedimentos pequenos no talvegue (deposição de sedimentos < do que o cascalho nos trechos do canal). Já na seção transversal foram medidas a cobertura do dossel no canal (estimativa da abertura do dossel sobre o canal, mensurada com densiômetro), largura molhada (comprimento em metros do riacho, abrangendo os limites de tangência da água nas margens) e vazão da água (volume de água que passa entre dois pontos por um dado período de tempo). Por sua vez, o oxigênio dissolvido foi mensurado com o auxílio de uma sonda multiparâmetro em três pontos equidistante no riacho (seções A, F e K), o que permite calcular a média ao longo do trecho amostrado.

O espaço foi representado pelas coordenadas geográficas (latitude e longitude) de cada riacho em cada UCs. Essas coordenadas foram obtidas com o auxílio de um GPS (Sistema de posicionamento Global), utilizando o sistema de referência WGS-84. A matriz do componente espacial foi gerada utilizando as unidades amostrais das UCs, através da Análise de Coordenadas Principais de Matrizes Vizinhas (PCNM) (Borcard and Legendre 2002), a partir das coordenadas geográficas dos riachos amostrados.

2.4 Análises de dados

Neste trabalho cada riacho foi considerado como uma unidade amostral independente. Portanto, as abundâncias dos indivíduos coletadas em cada segmento foram somadas e transformadas em uma única amostra.

Nós ordenamos as métricas ambientais e a composição de gêneros de Trichoptera por meio da Análise de Coordenadas Principais (PCoA) para verificar agrupamentos entre as UCs (DCK, TPJ e CAX). Além disso, fizemos a Análise Permutacional Multivariada da Variância (PERMANOVA) (Anderson 2001) para avaliar se os agrupamentos são significativos e o *pairwise* (par-a-par) para verificar a contribuição de cada UC. Para essa análise os dados de abundância foram transformados em $\log(x+1)$ e usamos como medida de dissimilaridade o índice de *Bray-Curtis* (Legendre and Legendre 1998). As métricas ambientais foram padronizadas, por estarem em diferentes unidades de medidas e a matriz de distância foi construída com base na distância Euclidiana.

Para avaliar a importância dos fatores espaciais e ambientais na comunidade de Trichoptera em escala regional (entre as UCs) e em escala local (dentro das UCs), nós particionamos a variância usando a Análise de Redundância Parcial (pRDA) (Borcard et al. 1992; Legendre and Legendre 1998). Nessa análise é possível avaliar as frações: a) componente ambiental independente, (b) componente ambiental estruturado no espaço, c) componente espacial independente e (d) componente não explicado. A significância do modelo foi testada por meio do teste de permutação com 9,999 randomizações (Peres-Neto et al. 2006). Para isso a matriz de composição dos gêneros de imaturos foi tratada segundo a transformação de Hellinger (Legendre and Gallagher 2001) e as métricas ambientais foram padronizadas, por estarem em diferentes unidades de medidas. O espaço foi representado pelos filtros espaciais calculados pela PCNM. Para selecionarmos apenas as métricas ambientais e os filtros espaciais que são mais explicativos para a composição de Trichoptera, utilizando o método *forward selection* (Blanchet et al. 2008) (Tabela Suplementar 2 em Recurso Online).

Todas as análises foram feitas no software R (R Development Core Team 2017), usando os pacotes *vegan* (Oksanen et al. 2016) e *packfor* (Dray et al. 2013).

3 Resultados

3.1 Variação ambiental de cada UC

Houve variação ambiental significativa entre as UCs ($pseudo-F_{(2,28)} = 4,611$; $p = 0,002$). A avaliação par-a-par mostra que DCK e TPJ são ambientalmente similares entre si, sendo CAX diferente destas UCs (Tabela 1). Os dois primeiros eixos da PCoA explicaram 58,9 % da variação, sendo 36,2 % no primeiro eixo e 22,7 % no segundo (Fig. 2). As métricas ambientais, profundidade do tavelgue (DCK) e oxigênio dissolvido (TPJ e CAX), apresentaram maior variação (C.V.), com valores $\geq 40\%$ (Tabela Suplementar 3 em Recurso Online).

Tabela 1 Valores do *pairwise* com os dados ambientais de cada Unidade de Conservação (UC) localizadas na Amazônia brasileira. Reserva Florestal Adolpho Ducke (DCK), Floresta Nacional de Tapajós (TPJ) e Floresta Nacional de Caxiuanã (CAX).

Unidades de Conservação	t	p
CAX, DCK	3,0445	0,0004
CAX, TPJ	2,0041	0,0064
DCK, TPJ	1,3786	0,1289

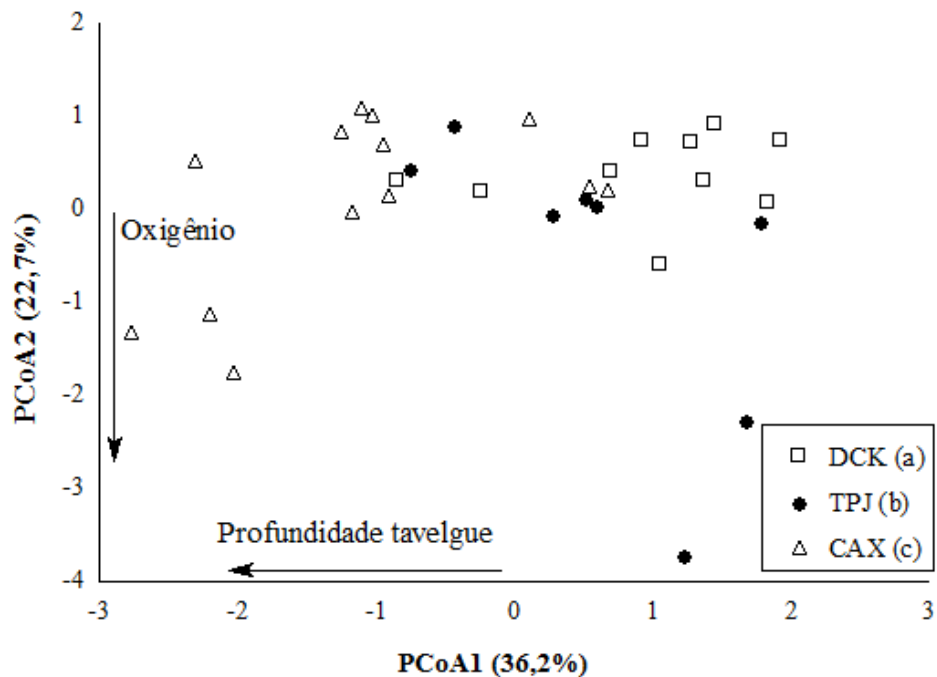


Fig. 2 Ordenação das métricas ambientais entre as três Unidades de Conservação (UCs) localizadas na Amazônia brasileira: Reserva Florestal Adolpho Ducke (DCK-a), Floresta Nacional de Tapajós (TPJ-b) e Floresta Nacional de Caxiuanã (CAX-c).

3.2 Caracterização da comunidade

Amostramos 2,385 indivíduos de imaturos de Trichoptera, distribuídos em 10 famílias e 18 gêneros (Tabela Suplementar 4 em Recurso Online). As famílias mais abundantes foram Hydropsychidae ($37,096 \pm 40,905$) (média \pm desvio padrão), Helicopsychidae ($9,903 \pm 13,804$) e Philopotamidae ($8,741 \pm 11,558$). Enquanto os gêneros mais representativos foram *Leptonema* ($15,193 \pm 21,798$), *Helicopsyche* ($9,903 \pm 13,804$) e *Macronema* ($13,709 \pm 14,217$). Por outro lado, o gênero *Notidobiella* foi coletado somente em DCK.

A composição de gêneros de Trichoptera foi diferente entre as UCs ($pseudo-F_{(2,28)} = 15,133$; $p < 0,001$), sendo confirmada pela avaliação par-a-par (Tabela 2). Os dois primeiros eixos da PCoA explicaram 63 % da variação, sendo 48 % no primeiro eixo e 15 % no segundo (Fig. 3).

Tabela 2 Valores do *pairwise* com os dados de composição de Trichoptera em cada Unidade de Conservação (UC) localizadas na Amazônia brasileira. Reserva Florestal Adolpho Ducke (DCK), Floresta Nacional de Tapajós (TPJ) e Floresta Nacional de Caxiuanã (CAX).

Unidades de Conservação	t	p
CAX, DCK	4,4799	0,0001
CAX, TPJ	3,6641	0,0001
DCK, TPJ	2,0616	0,0017

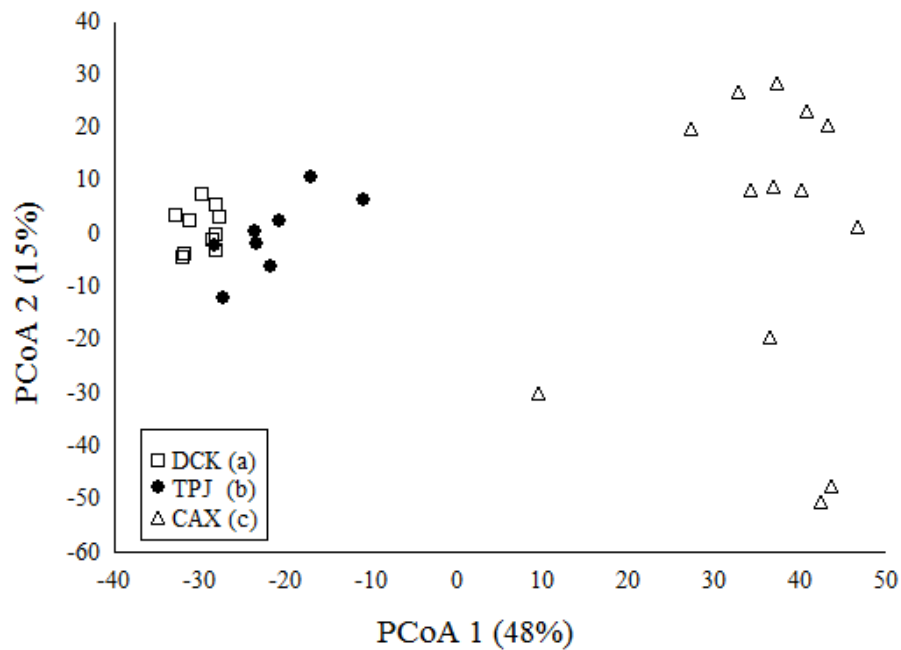


Fig. 3 Ordenação da composição de Trichoptera em três Unidades de Conservação (UCs) localizadas na Amazônia brasileira: Reserva Florestal Adolpho Ducke (DCK-a), Floresta Nacional de Tapajós (TPJ-b) e Floresta Nacional de Caxiuanã (CAX-c).

O componente espacial e o ambiente estruturado no espaço foram às frações mais importantes para a comunidade de Trichoptera entre as UCs. No entanto, ao avaliar o componente ambiental e espacial dentro de cada UC, essas frações não tiveram efeito (Tabela 3).

Tabela 3 Partição da variação da composição de Trichoptera em cada Unidade de Conservação (UC) localizadas na Amazônia brasileira.

Unidades de Conservação	Ambiente	Ambiente + Espaço	Espaço	Resíduos
Floresta Nacional de Caxiuanã	0,048	-0,003	-0,014	0,970
Reserva Florestal Adolpho Ducke	0,063	-0,039	0,085	0,891
Floresta Nacional de Tapajós	-0,051	-0,009	0,099	0,961
Todas UCs	0,048	0,108*	0,281*	0,562

* número em negrito representam $p < 0,05$ na RDA parcial utilizando o R^2 ajustado.

4 Discussão

Os processos derivados da teoria neutra e a estruturação do ambiente no espaço em escala regional desempenharam o papel principal na estrutura da comunidade de Trichoptera entre as UCs na região da Amazônia brasileira. Por outro lado, processos de nicho e neutro não explicaram a estrutura da composição em uma escala local (dentro de cada UC). As características ambientais das Unidades de Conservação DCK e TPJ foram similares entre si, no entanto CAX foi diferente destas UCs. Por sua vez, a composição da comunidade de imaturos de Trichoptera foi diferente entre as UCs.

As diferenças nas características ambientais entre as UCs, possivelmente estão relacionadas aos aspectos de formações geomorfológicas de cada UC. A Amazônia compreende uma ampla e diversificada região, no qual fatores como, forma do relevo, geologia e história geomorfológica são variados (Sombroek 1996, 2000; Irion 1978). Por estarem separadas por grandes extensões geográficas e localizadas em centros de endemismos diferentes, as UCs apresentam formações geológicas distintas. A DCK abrange uma grande área cratônica de formação geológica muito antiga, composta principalmente por rochas metassedimentares, metavulcânicas e cristalinas datadas do início do período Pré-cambriano (Loczy 1973). Por sua vez, TPJ e CAX são de formação do quaternário, mas influenciados por processos de formações diferentes. TPJ é de formação composta por crátons, bacias de coberturas sedimentares, cinturões metassedimentares e de depósitos sedimentares (Barros et al. 2015), enquanto CAX é de atividades neotectônicas (Behling and Costa 2000). A formação geológica

é um dos fatores que controla a bacia hidrográfica e o desenvolvimento da rede de drenagem (Allan and Castillo 2007). Dessa forma, a geologia afeta a estrutura física dos riachos, pois tem uma relação direta com os processos de encostas e as formas dos relevos (cânions), que influenciam a estrutura do canal dos riachos (Grant et al. 2003), assim como a direção e o fluxo da água (Faria et al. 2014). Dessa forma, as diferentes formações geológicas entre as UCs possivelmente são responsáveis por variação na profundidade do *talvegue* e a largura dos riachos. Além disso, o controle do fluxo dos riachos apresenta relação direta com a taxa de oxigênio dissolvido, ou seja, quanto maior a velocidade da água maior a taxa de oxigênio dissolvido (Allan and Castillo 2007).

A diferença na composição de Trichoptera, possivelmente é mais relacionada à distância geográfica entre as UCs. A similaridade da composição das espécies tende a diminuir entre locais devido ao aumento da distância geográfica entre estes (Whittaker 1956; Nekola and White 1999). Assim, áreas distantes geograficamente podem ser suficientes para estabelecer a diferenciação biogeográfica entre regiões, o que promove a variação na composição de espécies (Coronado et al. 2009; Tuomisto et al. 2013; Dambros et al. 2016). Além disso, a região Amazônica apresenta sistemas aquáticos que podem ser fragmentadas em um mosaico de áreas de endemismos de espécies, separadas pelos principais grandes rios (conhecidos como interflúvios), cada um apresentando sua própria biota e relações evolutivas (Silva et al. 2005; Juen and De Marco 2012). Além disso, a variação na composição das espécies em áreas distantes pode ser resultado de outros fatores, como a história de formação destas áreas e idade das mesmas (Legendre and Gauthier 2014), assim como de CAX, DCK e TPJ.

O espaço foi o componente mais importante para explicar a variação na comunidade de Trichoptera em escala regional. A variação na composição de espécies em estudos ecológicos pode ser mediada pela extensão geográfica no qual a dispersão é facilitada pelo arranjo espacial (Soininen et al. 2007) e a dispersão limitada de insetos adultos (Hastings et al. 2011; Heino and Peckarsky 2014). Dentre os invertebrados, os imaturos de Trichoptera apresentam dispersão limitada, podendo se locomover por no máximo 200 metros (Graham et al. 2016). Os adultos por sua vez, apresentam dispersão mais eficiente do que as larvas, podendo atingir uma distância média de 500 metros (Graham et al. 2016), no entanto, o período de vida é curto, sendo de poucos dias à no máximo três

semanas (Paprocki 2012). Assim, não é possível a dispersão dos tricópteros para áreas distantes, em virtude da existência de discontinuidades das condições ambientais ou de barreiras geográficas como os interflúvios. Estudos apontam que as comunidades de invertebrados (e.g. formigas, borboletas, aranhas e térmitas), são regidas principalmente por componentes espaciais do que os ambientais (Gonçalves-Souza et al. 2014; Arnan et al. 2015; Dambros et al. 2016). Esse padrão sugere que a distância geográfica está restringindo a distribuição dos invertebrados, sugerindo a atuação de processos baseados na limitação da dispersão destes organismos (Gonçalves-Souza et al. 2014; Arnan et al. 2015).

Os fatores ambientais estruturados no espaço também apresentam relação significativa na composição de Trichoptera em escala regional. A porcentagem de explicação do ambiente estruturado no espaço pode ser compreendida como a influência que o ambiente sofre em relação ao espaço, responsável por controlar os padrões das comunidades ou como os processos neutros que atuam dentro de um ambiente heterogêneo (Bell et al. 2006). Assim, a estrutura espacial afeta a distribuição de organismos em pelo menos uma etapa da vida, em virtude da relação sinérgica entre a condição do hábitat e as distâncias espaciais entre os riachos. Essa diferença na dependência da etapa de vida dos indivíduos pode estar relacionada com as diferenças de dispersão do imaturo e do adulto. Os imaturos dispersam-se na água a partir da deriva e os adultos por voo lateral no riacho (Landeiro et al. 2012) atingindo curtas distâncias (Ross 1944).

Os componentes ambientais e espaciais não foram relacionados com a comunidade de Trichoptera em escala local. Os riachos em áreas prístinas na Amazônia, apresentam grande heterogeneidade natural (Bleich et al. 2015), o que possibilita a coexistência das espécies. Assim, isso pode ter contribuído na ausência de relação da comunidade com o componente ambiental em escala local. Já o fator espacial possivelmente não foi importante, pois os imaturos de Trichoptera conseguem dispersarem nessa escala. Mesmo que esses organismos apresentem dispersão limitada, o arranjo da rede dendrítica dos riachos em escala local, principalmente dentre da mesma bacia, possibilita que as espécies se dispersem por deriva e consigam chegar aos locais que apresentam condições ambientais para sua sobrevivência. Além disso, os adultos de tricópteros apresentam capacidade de dispersão em torno de 500 metros (Graham et al. 2016), isso também pode ter possibilitado a dispersão destes

indivíduos nos riachos dentre de cada UC. Portanto, as interações biológicas entre as espécies, como predação, competição, parasitismo e mudanças no ambiente, podem ser os fatores responsáveis por atuar na estruturação da diversidade das comunidades em escala local (Cornell and Lawton 1992; Hillebrand and Blenckner 2002).

5 Conclusão

A composição da comunidade de Trichoptera em escala regional (entre as UCs) foi estruturada pelos processos espaciais (neutro) e pelo ambiente estruturado no espaço. Por outro lado, em escala local (dentre as UCs) o componente ambiental e espacial não foi relacionado com a comunidade, sugerindo que fatores como predação e competição podem ter sido responsáveis pela variação na composição desses indivíduos nesta escala. Assim, sugerimos que sejam realizados estudos complementares que auxiliem na compreensão dos fatores estruturadores de comunidades aquáticas em escala local e em escala regional, principalmente em áreas com distinta formação geológica.

6 Agradecimentos Ao Programa de Pesquisa em Biodiversidade da Amazônia Oriental (PPBio) e à Fundação Amazônia Paraense de Amparo à Pesquisa (FAPESPA) (Projeto ICAAF 03/2011), (Projeto 003/2011, 085/2014 e 128/2014) pelo financiamento para este estudo. A MSc. Ana Paula Justino de Faria, MSc. Híngara Leão Sousa e ao Dr. Cláudio da Silva Monteiro Júnior, por disponibilizarem o material coletado na Floresta Nacional de Caxiuanã. A Dr^a. Yulie Shimano Feitoza e MSc. Naraiana Loureiro Benone, por cederem o material coletado na Reserva Florestal Adolpho Ducke. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Processo 303252/2013-8) pela concessão de bolsa de Iniciação Científica a CKSP e a concessão de bolsa de produtividade em pesquisa (Processo 303252/2013-8) de LJ. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de doutorado para APJF (23038.016839). A Coordenação e aos funcionários da Estação Científica Ferreira Penna. Ao MSc. Erlane José Cunha pela elaboração do mapa da área de estudo.

7 Referências

- Aguiar CPO, Peleja JRP, Sousa KNS (2014) Qualidade da água em microbacias hidrográficas com agricultura nos municípios de Santarém e Belterra, Pará. *Rev Árvore* 38: 983-992
- Allan JD, Castillo MM (2007) *Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters*. Springer, Dordrecht
- Anderson MJ (2001) A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecol* 26: 32-46
- Arnan X, Cerdá X, Retana J (2015) Partitioning the impact of environment and spatial structure on alpha and beta components of taxonomic, functional, and phylogenetic diversity in European ants. *PeerJ* 3: 1-19. doi: 10.7717/peerj.1241
- Baccaro FB, Drucker DP, Vale J, Oliveira ML, Magalhães C, Lepsch-Cunha N, Magnusson WE (2008) A reserva Ducke. In: Oliveira ML, Baccaro FB, Braga-Neto R, Magnusson WE (eds) *Reserva Ducke: A biodiversidade Amazônica através de uma grade*. Manaus, pp 11-20
- Bailey RC, Norris RH, Reynoldson TB (2001) Taxonomic resolution of benthic macroinvertebrate communities in bioassessments. *J N Am Benthol Soc* 20: 280-286
- Barros MNR, Costa CFA, Dias ERS et al (2015) Dinâmica de uso e cobertura da terra na Área de Endemismo Tapajós no período de 2008 a 2010. In: Vieira ICG, Jardim MAG, Rocha EJP (eds) *Amazônia em tempo: Estudos climáticos e socioambientais*. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Belém, pp 101-121
- Behling H, Costa ML (2000) Holocene Environmental Changes from the Rio Curuá Record in the Caxiuanã Region, Eastern Amazon Basin. *Quaternary Res* 53: 369-377
- Bell G, Lechowicz MJ, Waterway MJ (2006) The comparative evidence relating to functional and neutral interpretations of biological communities. *Ecology* 87: 1378-1386
- Blanchet FG, Legendre P, Borcard D (2008) Forward selection of explanatory variables. *Ecology* 89: 2623-2632

- Bleich ME, Mortati AF, André T, Piedade MTF (2015) Structural dynamics of pristine headwater streams from southern Brazilian Amazon. *River Res Appl*. doi: 10.1002/rra.2875
- Bueno AAP, Bond-Buckup G, Ferreira BDP (2003) Estrutura da comunidade de invertebrados bentônicos em dois cursos d'água do Rio Grande do Sul, Brasil. *Rev Bras Zool* 20: 115-125
- Borcard D, Legendre P, Drapeau P (1992) Partialling out the spatial component of ecological variation. *Ecology* 73: 1045-1055
- Borcard D, Legendre P (2002) All-scale spatial analysis of ecological data by means of principal coordinates of neighbour matrices. *Ecol Model* 153: 51-68
- Cassemiro FAS, Padiá AA (2008) Teoria neutra da biodiversidade e biogeografia: aspectos teóricos, impactos na literatura e perspectivas. *Oecol Bras* 12: 706-719
- Chave J (2004) Neutral theory and community ecology. *Ecol Lett* 7: 241-253
- Chaves ML, Chainho PM, Costa JL, Prat N, Costa MJ (2005) Regional and local environmental factors structuring undisturbed benthic macroinvertebrate communities in the Mondego River basin, Portugal. *Arch Hydrobiol* 163:497-523
- Cornell HV, Lawton JH (1992) Species interactions, local and regional processes, and limits to the richness of ecological communities: a theoretical perspective. *J Anim Ecol* 61: 1-12
- Coronado ENH, Baker TR, Phillips OL et al (2009) Multi-scale comparisons of tree composition in Amazonian terra firme forests. *Biogeosciences* 6: 2719-2731
- Costa M L, Moraes EL, Behling H, Melo JCV, Siqueira NVM, Kern DC (1997) Os sedimentos de fundo da Baía de Caxiuanã. In: Lisboa PLB (ed) Caxiuanã. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, pp 121-137
- Cunha EJ, Montag LFA, Juen L (2015) Oil palm crops effects on environmental integrity of Amazonian streams and Heteropteran (Hemiptera) species diversity. *Ecol Indic* 52: 422-429
- Dambros CS, Morais JW, Azevedo RA, Gotelli NJ (2016) Isolation by distance, not rivers, control the distribution of termite species in the Amazonian rain forest. *Ecography* 39: 1-9
- Development Core Team R (2016) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria

- Diez JM, Pulliam HR (2007) Hierarchical analysis of species distributions and abundance across environmental gradients. *Ecology* 88: 3144-3152
- Dray S, Legendre P, Blanchet G (2013) Packfor: Forward Selection with Permutation (Canoco p.46). R Package Version 0.0-8/r109. <https://R-Forge.R-project.org/projects/sedar/> Acesso 10 dezembro 2016
- Dumbrell AJ, Nelson M, Helgason T, Dytham C, Fitter AH (2010) Relative roles of niche and neutral processes in structuring a soil microbial community. *ISME* 4: 337-345
- Faria RM, Faria ALL, Souza PRL (2014) A influência da geomorfologia no fluxo da drenagem da sub-bacia do rio Caparaó (MG), baseada no estudo morfométrico da bacia. *Revista Geonorte* 10: 11-16
- Galbraith HS, Vaughn CC, Meier CK (2008) Environmental variables interact across spatial scales to structure trichopteran assemblages in Ouachita Mountain rivers. *Hydrobiologia* 596: 401-411
- Garcia LVM, Milan E, Antunes DA, Moro RS (2014) Plano de Manejo da Floresta Nacional de Caxiuanã (PA): conflitos entre interesses de populações tradicionais e unidades de conservação. *Terr@Plural* 8: 355-369
- Gavilanez MM, Stevens RD (2012) Role of environmental, historical and spatial processes in the structure of Neotropical primate communities: Contrasting taxonomic and phylogenetic perspectives. *Global Ecol Biogeogr.* doi: 10.1111/geb.12011
- Gonçalves-Souza T, Romero GQ, Cottenie K (2014) Metacommunity versus Biogeography: A Case Study of Two Groups of Neotropical Vegetation-Dwelling Arthropods. *Plos One* 9: 1-20
- Graham SE, Storey R, Smith B (2016) Dispersal distances of aquatic insects: upstream crawling by benthic EPT larvae and flight of adult Trichoptera along valley floors. *N Z J Mar Freshwater Res.* doi: org/10.1080/00288330.2016.1268175
- Grant, GE, Schmidt, JC, Lewis, SL (2003) A geological framework for interpreting downstream effects of dams on rivers. *Water Sci Appl* 7: 209-225
- Gravel D, Canham CD, Beaudet M, Messier C (2006) Reconciling niche and neutrality: the continuum hypothesis. *Ecol Lett* 9: 399-409
- Haegeman B, Loreau M (2011) A mathematical synthesis of niche and neutral theories in community ecology. *J Theor Biol* 269: 150-165

- Hamada N, Ferreira-Keppler RL (2012) Guia Ilustrado de insetos aquáticos e semiaquáticos da Reserva Florestal Ducke. Editora da Universidade Federal do Amazonas, Manaus
- Hastings A, Petrovskii S, Morozov A (2011) Spatial ecology across scales. *Biol Lett* 7: 163-165
- Heino J, Mykra H (2008) Control of stream insect assemblages: Roles of spatial configuration and local environmental factors. *Ecol Entomol* 33: 614-622
- Heino J, Peckarsky BL (2014) Integrating behavioral, population and large-scale approaches for understanding stream insect communities. *Curr Opin Insect Sci* 2: 7-13
- Hillebrand H, Blenckner T (2002) Regional and local impact on species diversity - from pattern to processes. *Oecologia* 132: 479-491
- Hubbell SP (2001) The united neutral theory of biodiversity and biogeography. University Press, Princeton
- Hutchinson GE (1957) Concluding remarks. *Cold Spring Harb Symp Quant Biol* 22: 415-422
- Irion G (1978) Soil infertility in the Amazonian rain forest. *Naturwissenschaften* 65: 515-519
- Juen L, De Marco Jr P (2011) Odonate biodiversity in terra-firme forest streamlets in Central Amazonia: on the relative effects of neutral and niche drivers at small geographical extents. *Insect Conserv Divers* 4: 265-274
- Juen L, De Marco Jr P (2012) Dragonfly endemism in the Brazilian Amazon: competing hypotheses for biogeographical patterns. *Biodivers Conserv* 21: 3507-3521
- Landeiro VL, Bini LM, Melo AS, Pes AMO, Magnusson WE (2012) The roles of dispersal limitation and environmental conditions in controlling caddisfly (Trichoptera) assemblages. *Freshw Biol* 57: 1554-1564
- Legendre P, Legendre L (1998) Numerical ecology. Elsevier, Amsterdam
- Legendre P, Gallagher ED (2001) Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia* 129: 271-280
- Legendre P, Gauthier O (2014) Statistical methods for temporal and space–time analysis of community composition data. *Proc R Soc London B*, 281: 20132728
- Li F, Chung N, Bae M-J, Kwon Y-S, Park Y-S (2012) Relationships between stream macroinvertebrates and environmental variables at multiple spatial scales. *Freshw Biol* 57: 2107-2124

- Loczy L (1973) Some problems of the tectonic framework of the Guiana Shield with special regard for the Roraima Formation. *Geol Rundsch* 62: 318-342
- Maçaneiro JP, Oliveira LZ, Seubert RF, Eisenlohr PV, Schorn LA (2016) More than environmental control at local scales: do spatial processes play an important role in floristic variation in subtropical forests? *Acta Bot Bras* 30: 183-192
- Marone L (1988) Acerca de la conservación de la naturaleza y la teoría ecológico-evolutiva. *Rev Chil Hist Nat* 61: 11-18
- Matos DCL, Ferreira LV, Salomão RP (2013) Influência da distância geográfica na riqueza e composição de espécies arbóreas em uma Floresta Ombrófila Densa na Amazônia Oriental. *Rodriguésia* 64: 357-367
- Mendes TP, Cabette HSR, Juen L (2015) Setting boundaries: Environmental and spatial effects on Odonata larvae distribution (Insecta). *An Acad Bras Ciênc* 87: 239-248
- Montag LFA, Freitas TMS, Wosiacki WB, Barthem RB (2008) Os peixes da Floresta Nacional de Caxiuanã (municípios de Melgaço e Portel, Pará - Brasil). *Bol Mus Para Emílio Goeldi Ciências Naturais* 3: 11-34
- Moraes JC, Costa JPR, Rocha EJP, Silva IMO (1997) Estudos Hidrometeorológicos na Bacia do Rio Caxiuanã. In: Lisboa PLB (ed) Cnpq/Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, pp 85-95
- Nekola JC, White PS (1999) The distance decay of similarity in biogeography and ecology. *J Biogeogr* 26: 867-878
- Nogueira DS, Calvão LB, Montag LFA, Juen L, De Marco Jr P (2016) Little effects of reduced-impact logging on insect communities in eastern Amazonia. *Environ Monit Assess*. doi: 10.1007/s10661-016-5431-z
- Oksanen J, Blanchet FG, Kindt R, et al. (2016) *Vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.3-3. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>. Acesso 10 dezembro 2016
- Padial AA, Ceschin F, Declerck SAJ et al (2014) Dispersal Ability Determines the Role of Environmental, Spatial and Temporal Drivers of Metacommunity Structure. *Plos One* 9: 1-8
- Paprocki H (2003) Insetos arquitetos. *Ciência Hoje* 32: 64-67

- Paprocki H (2012) Trichoptera Kirby, 1813. In: Rafael JA, Melo GAR, Carvalho CJB, Casari AS, Constantino R (eds). *Insetos do Brasil: Diversidade e taxonomia*. Holos Editora, Ribeirão Preto
- Peck DV, Herlihy AT, Hill BH et al (2006) *Environmental Monitoring and Assessment Program-Surface Waters: Western Pilot Study Field Operations Manual for Wadeable Streams*. EPA 600/R-06/003. US Environmental Protection Agency, Washington
- Peres-Neto PR, Legendre P, Dray S, Borcard D (2006) Variation Partitioning Species Data Matrices Estimation and Comparison of Fractions. *Ecology* 87: 2614-2625
- Pes A, Santos APM, Barcelos-Silva P, Camargos LM (2014) Ordem Trichoptera. In: Hamada N, Nessimian JL, Querino RB (eds.) *Insetos aquáticos na Amazônia Brasileira: taxonomia, biologia e ecologia*. Editora do INPA, Manaus, pp 391-434
- Prado VHM, Rossa-Feres DC (2014) The influence of niche and neutral processes on a neotropical anuran metacommunity. *Austral Ecol.* doi:10.1111/aec.12114
- RadamBrasil P (1976) Folha S/A 21-Santarém. Levantamento dos Recursos Naturais. Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio de Janeiro
- Resh VH, Rosenberg DM (1984) *The ecology of aquatic insects*. Praeger Publishers, New York
- Ross HH (1944) The caddisflies or Trichoptera of Illinois. *Bull. 111. Nat Hist Surv* 23: 1-326
- Shimano Y, Juen L, Salles FF, Nogueira DS, Cabette HSR (2013) Environmental and spatial processes determining Ephemeroptera (Insecta) structures in tropical streams. *Ann Limnol Int J Lim* 49: 31-41
- Shimano Y, Juen L (2016) How oil palm cultivation is affecting mayfly assemblages in Amazon streams? *Ann Limnol Int J Lim* 52: 35-45
- Silva JMC, Rylands AB, Fonseca GAB (2005) O destino das áreas de endemismo da Amazônia. *Megadiversidade*, 1: 124-131
- Skuja A, Spungis V (2010) Influence of environmental factors on the distribution of caddisfly (Trichoptera) communities in medium-sized lowland streams in Latvia. *Estonian Journal of Ecology* 59: 197-215
- Soininen J, McDonald R, Hillebrand H (2007). The distance decay of similarity in ecological communities. *Ecography* 30: 3-12

- Sombroek WG (1966) Amazon soils: a reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon region. Centre for Agricultural Publications and Documentation, Wageningen
- Sombroek WG (2000) Amazon landforms and soils in relation to biological diversity. *Acta Amaz* 30: 81-100
- Strahler HN (1957) Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Trans Amer Geophys Union* 38: 913-920
- Súarez YR, Júnior MP (2007) Environmental factors predicting fish community structure in two neotropical rivers in Brazil. *Neotrop Ichthyol* 5: 61-68
- Thomazi RD, Kiifer WP, Ferreira-Júnior PD, Sá FS (2008) A sucessão ecológica sazonal de macroinvertebrados bentônicos em diferentes tipos de atratores artificiais no rio Bubu, Cariacica, ES. *Natureza online* 6: 1-8
- Thompson R, Townsend C (2006) A truce with neutral theory: local deterministic factors, species traits and dispersal limitation together determine patterns of diversity in stream invertebrates. *J Anim Ecol* 75: 476-484
- Tomanova S, Goitia E, Helesic J (2006) Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams. *Hydrobiologia* 556: 251-264
- Tonkin JD (2014) Drivers of macroinvertebrate community structure in unmodified streams. *PeerJ*. doi: 10.7717/peerj.465
- Tuomisto H, Ruokolainen K, Yli-Halla M (2013) Dispersal, Environment, and Floristic Variation of Western Amazonian Forests. *Science* 299: 241-244
- Vanschoenwinkel B, Vries C, Seaman M, Brendonck L (2007) The role of metacommunity processes in shaping invertebrate rock pool communities along a dispersal gradient. *Oikos* 116: 1255-1266
- Whittaker RH (1956) Vegetation of the great Smoky Mountains. *Ecol Monogr* 26: 1-80
- Zhou S, Zhang D (2008) Neutral theory in community ecology. *Front Biol China* 3: 1-8

8 Material Suplementar

Tabela Suplementar 1. Coordenadas geográficas dos 31 pontos amostrados nos riachos presentes nas UCs da Amazônia: 13 na Floresta Nacional de Caxiuanã (CAX), 10 na Reserva Florestal Adolpho Ducke (DCK) e 8 na Floresta Nacional de Tapajós (TPJ).

<u>Coordenadas geográficas</u>		
Pontos	Latitude	Longitude
CAX01	-1.80922	-51.47958
CAX02	-1.70069	-51.45413
CAX03	-1.72369	-51.43572
CAX04	-1.76644	-51.44880
CAX05	-1.79102	-51.48394
CAX06	-1.68958	-51.48216
CAX07	-1.72380	-51.51047
CAX08	-1.74580	-51.54247
CAX09	-1.77691	-51.50602
CAX10	-1.78025	-51.48288
CAX11	-1.74738	-51.51538
CAX12	-1.73505	-51.43022
CAX13	-1.77741	-51.45833
DCK14	-2.98905	-59.95639
DCK15	-2.98608	-59.93711
DCK16	-2.99514	-59.92870
DCK17	-2.97711	-59.95250
DCK18	-2.97305	-59.94162
DCK19	-2.93598	-59.95325
DCK20	-2.94467	-59.95609
DCK21	-2.94514	-59.95855

DCK22	-2.94097	-59.93602
DCK23	-2.93059	-59.93124
TPJ24	-3.1749	-54.5749
TPJ25	-3.121	-55.0734
TPJ26	-2.5003	-55.0033
TPJ27	-2.5034	-54.5951
TPJ28	-2.5021	-55.0012
TPJ29	-3.0845	-55.0659
TPJ30	-3.0814	-55.0623
TPJ31	-3.0258	-55.001

Tabela Suplementar 2. Variáveis ambientais e preditores espaciais (PCNM) selecionadas pelo método *Forward Selection*. Variável ambiental/3 (Largura molhada).

Unidades de Conservação	Variáveis	
	Espacial	Ambiental
Floresta Nacional de Caxiuanã	4	3
Reserva Florestal Adolpho Ducke	1,3	3
Floresta Nacional de Tapajós	1	3
Todas as Ucs	1,2,3,5	3

Tabela Suplementar 3. Métricas ambientais mensuradas nas três Unidades de Conservação (UCs) localizadas na Amazônia brasileira: Reserva Floresta Adolpho Ducke (DCK), Floresta Nacional de Tapajós (TPJ) e Floresta Nacional de Caxiuanã (CAX). C.V. (Coeficiente de Variação).

Variáveis Ambientais	DCK			TPJ			CAX		
	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média
Oxigênio dissolvido (mg/l)	5,013	7,420	6,057	4,633	16,467	8,233	3,033	14,600	6,996
Dossel no canal (%)	90,240	116,980	95,840	63,900	116,580	94,870	88,900	97,860	93,870
Largura molhada (m)	1,225	2,964	2,011	1,977	4,950	3,038	2,336	8,091	4,813
Profundidade do talvegue (cm)	16,460	60,800	31,410	25,030	61,430	34,410	31,790	62,030	50,970
Sedimento pequeno no talvegue (%)	0,887	1,000	0,987	0,687	1,000	0,918	0,993	1,000	1,000
	Desvio	C.V.%		Desvio	C.V.%		Desvio	C.V.%	
Oxigênio dissolvido (mg/l)	0,845	13,9		3,568	43,3		3,665	52,4	
Dossel no canal (%)	7,671	8,0		14,461	15,2		3,268	3,5	
Largura molhada (m)	0,589	29,3		1,025	33,7		1,777	36,9	
Profundidade no talvegue (cm)	13,633	43,4		11,901	34,6		10,484	20,6	
Sedimento pequeno no talvegue (% do trecho)	0,036	3,6		0,108	11,7		0,002	0,2	

Tabela Suplementar 4. Gêneros de Trichoptera coletados em três Unidades de Conservação (UCs) localizadas na Amazônia brasileira: Reserva Florestal Adolpho Ducke (DCK), Floresta Nacional de Tapajós (TPJ) e Floresta Nacional de Caxiuanã (CAX).

Táxon	DCK	TPJ	CAX
Glossosomatidae	24	1	0
Ecnomidae			
<i>Austrotinodes</i> Schmid, 1955	2	14	0
Polycentropodidae			
<i>Cyrnellus</i> Banks, 1913	1	19	2
<i>Cernotina</i> Ross, 1938	8	25	20
<i>Polyplectropus</i> Ulmer, 1905	5	17	0
Leptoceridae			
<i>Amazonatolica</i> Hozenthal & Pes, 2004	1	3	0
Gênero A	1	3	0
<i>Nectopsyche</i> Muller, 1879	0	19	1
<i>Oecetis</i> McLachlan, 1877	7	4	7
<i>Triplectides</i> Kolenati, 1859	37	7	63
Helicopsychidae			
<i>Helicopsyche</i> Siebold, 1856	222	85	0
Odontoceridae			
<i>Marilia</i> Muller, 1880	184	27	0
Philopotamidae			
<i>Chimarra</i> Stephens, 1829	189	82	0
Hydropsychidae			
<i>Leptonema</i> Guérin, 1843	211	259	1
<i>Macronema</i> Pictet, 1836	161	178	86
<i>Macrostemum</i> Kolenati, 1859	48	79	0

<i>Smicridea</i> McLachlan, 1871	80	47	0
Sericostomatidae			
<i>Notidobiella</i> Schmid, 1955	7	0	0
Calamoceratidae			
<i>Phylloicus</i> Muller, 1880	94	51	3
Total Geral	1282	920	183
