



**Universidade Federal do Oeste do Pará
Pró-Reitora de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação Tecnológica
Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas
Programa de Pós-Graduação em Recursos Aquáticos Continentais Amazônicos**

**MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS COMO
INDICADORES DE QUALIDADE DE ÁGUA EM VIVEIROS
DE PISCICULTURAS EM SANTARÉM-PA**

FABRÍCIA BRAGA DUARTE

Santarém, Pará

Agosto 2018

FABRÍCIA BRAGA DUARTE

**MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS COMO
INDICADORES DE QUALIDADE DE ÁGUA EM VIVEIROS
DE PISCICULTURAS EM SANTARÉM-PA**

ORIENTADORA: DRA. SHEYLA REGINA MARQUES COUCEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Aquáticos Continentais Amazônicos como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Recursos Aquáticos Continentais Amazônicos pela Universidade Federal do Oeste do Pará.

Santarém, Pará

Agosto 2018

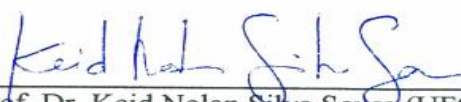
FABRÍCIA BRAGA DUARTE

**MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS COMO INDICADORES DE
QUALIDADE DE ÁGUA EM VIVEIROS DE PISCICULTURAS EM
SANTARÉM-PA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Aquáticos Continentais Amazônicos como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Recursos Aquáticos Continentais Amazônicos pela Universidade Federal do Oeste do Pará.

Aprovada em Santarém/Pa
Em 14 de Setembro de 2018

Por:


Prof. Dr. Keid Nolan Silva Sousa (UFOPA)


Prof. Dr. Diego Maia Zacardi (UFOPA)


Prof. Dr. Diego Ramos Pimentel (UFOPA)

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA

- D812m Duarte, Fabícia Braga.
Macroinvertebrados aquáticos como indicadores de qualidade de água em viveiros de pisciculturas em Santarém - PA./ Fabícia Braga Duarte. – Santarém, 2018.
51 fls.: il.
Inclui bibliografias.
- Orientadora: Sheyla Regina Marques Couceiro.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas, Programa de Pós-Graduação em Recursos Aquáticos Continentais Amazônicos.
1. Variáveis ambientais. 2. Indicadores biológicos. 3. Métricas. I. Couceiro, Sheyla Regina Marques, *orient.* II. Título.

CDD: 23 ed. 639.8098115

Sinopse:

Foi utilizado macroinvertebrados aquáticos como indicadores da qualidade de água em três pisciculturas localizadas em Santarém, Pará, bem como a relação das métricas da fauna dos macroinvertebrados e variáveis ambientais, visando verificar se os macroinvertebrados aquáticos servem como indicadores de qualidade da água em pisciculturas.

Palavras-chave: Métricas, aquicultura, índice biótico, indicadores biológicos.

Dedicatória

Dedico este trabalho ao meus pais amados, irmãos (Thiago, Patricia, Francielen e Francisco) e meu noivo que sempre me apoiaram. Amo vocês incondicionalmente. OBRIGADA!

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a (Deus) pela minha existência e por sempre, me ajudar e amparar, sem ti eu nada sou! Agradeço ao meus pais, que sempre me apoiaram, mesmo de longe. Amo vocês, com todos os sentimentos verdadeiros que possam existir!

Agradeço aos meus irmãos Patricia, Mano e Mana, por todo amor e carinho durante essa jornada longe de casa. Amo vocês!

Agradeço em especial o meu irmão Thiago, por todo apoio e compreensão durante esse período e por todo o amor e companheirismo durante todos esses anos que caminhamos juntos e longe de casa. Obrigada meu irmão, Te amo.

Agradeço ao meu noivo maravilhoso (David) que sempre esteve aqui, me incentivando para nunca desistir, você tornou meus dias melhores, obrigada pela pessoa amiga e companheira que és. Te amo, e obrigada por tudo e por me amar e me amparar, não sei como seria sem você aqui, e obrigada principalmente pela ajuda durante as coletas.

Agradeço aos amigos que encontrei em Santarém, Marina Silva, Paula, Iara, Pablo, Arlison, Guth (obrigada pela ajuda nas coletas migs Guth) amigos vocês valem por 1000. Obrigada por todos os sorrisos, amo vocês.

Agradeço aos meus amados amigos que mesmo distante sempre me incentivaram e me apoiaram, Geo, Hugo, Tiago, Silvio, Ronaldo e Juh, amo vocês, obrigada por tudo, que nossa amizade seja sempre assim, vocês são essenciais para a minha vida.

Agradeço a todos do LETIA pelo companheirismo e incentivo, ao Douglas, Sting, Jaelbe e Iomar, em especial a Jaelbe e o Iomar pela ajuda nas identificações e ao Sting por toda ajuda em relação ao solo e pelo apoio. GRATIDÃO AMIGOS.

Agradeço a minha orientadora professora Sheyla, pela confiança e apoio, e principalmente por não desistir de mim. Você é exemplo de mulher e profissional. Obrigada por todo apoio nas horas que precisei e pela paciência. Desculpa pelas dores de cabeça.

Agradeço a minha amiga que o mestrado me deu Debora, que me acolheu com muito carinho, sempre disposta a compartilhar seus conhecimentos, te amo e obrigada pelo apoio.

Gostaria de agradecer ao professor Frank pelo apoio e pelo projeto que escreveu para a FAPESPA. Agradeço a FAPESPA pelo apoio financeiro para essa pesquisa.

E obrigada a todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram para que eu realizasse esta pesquisa.

Epígrafe

Ensina-me o bom senso e o conhecimento, pois confio em teus mandamentos.

Salmos 119:66

RESUMO

Em geral, se utiliza para determinar a qualidade da água na piscicultura medidas de variáveis físico-químicas. Porém, estas são pontuais, com efeitos mais representativos quando associados a indicadores biológicos. Variáveis da qualidade da água podem refletir sobre o crescimento, à reprodução, à saúde, à sobrevivência e à qualidade dos peixes, comprometendo o sucesso dos sistemas de aquicultura, por isso a importância de se avaliar e monitorar os sistemas de criação. Este estudo teve como objetivo determinar métricas eficientes baseadas na fauna de macroinvertebrados aquáticos para utilizar no biomonitoramento da qualidade da água em viveiros de piscicultura no município de Santarém – PA, além de testar a aplicação do Índice Biótico de Família (IBF) e apontar a qualidade das águas nesses viveiros. As amostragens dos macroinvertebrados foram realizadas em 17 viveiros de três pisciculturas que trabalham com a criação de peixes em Santarém - PA, durante os meses de novembro a dezembro de 2017. Foram coletadas 1.016 larvas de macroinvertebrados aquáticos, distribuídas em 15 gêneros, 10 famílias e seis ordens. A ordem Diptera foi a mais representativa com 821 exemplares. Das variáveis analisadas, a temperatura, o oxigênio dissolvido na água, o potássio K e o argila foram significativamente relacionados com a abundância de insetos. Foi verificado, também por meio da regressão linear múltipla, que não existe tendência da métrica riqueza de macroinvertebrados aquáticos está relacionado com nenhuma das variáveis ambientais amostradas.

PALAVRAS-CHAVE: Variáveis ambientais, indicadores biológicos, métricas.

ABSTRACT

In general, measurements of physico-chemical variables are used to determine the quality of water in fish farming. However, these are punctual, with more representative effects when associated with biological indicators. Water quality variables can reflect on growth, reproduction, health, survival and quality of fish, compromising the success of aquaculture systems, hence the importance of evaluating and monitoring breeding systems. The objective of this study was to determine the efficiency of aquatic macroinvertebrate fauna to be used in the biomonitoring of water quality in fish farms in the municipality of Santarém - PA, in addition to testing the application of the Family Biotic Index (IBF) of the water in these nurseries. Samplings of the macroinvertebrates were carried out in 17 nurseries of three fish farms that work in Santarém - PA, during the months of November to December 2017. A total of 1,016 larvae of aquatic macroinvertebrates were collected, distributed in 15 genera, 10 families and six orders. The Diptera order was the most representative with 821 specimens. Of the variables analyzed, temperature, dissolved oxygen in water, potassium K and clay were significantly related to insect abundance. It was verified, also by half of the multiple linear regression, that there is no trend of the metric wealth of aquatic insects is related to any of the environmental variables sampled.

KEY WORDS: Environmental variables, biological indicators, metrics.

Sumário

1. INTRODUÇÃO GERAL	12
3. OBJETIVOS	17
3.1. Objetivo Geral	17
3.2. Objetivos Específicos	17
4. MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1. Área de estudo	18
4.2. Amostragens de macroinvertebrados	19
4.3. Variáveis abióticas.....	20
4.4. Análise dos dados	21
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	23
CAPÍTULO I	27
Introdução	30
Material e métodos	31
1.1 Área de estudo	31
1.2 Amostragens de macroinvertebrados.....	32
1.3 Variáveis abióticas.....	32
1.4 Análise dos dados	33
Resultados	33
Discussão	36
Referências Bibliográficas.....	40
Figuras e Tabelas do artigo.....	44
CONSIDERAÇÕES FINAIS	51

1. INTRODUÇÃO GERAL

A aquicultura se destaca como uma das atividades de produção de alimentos que mais cresce no mundo, gerando renda e permitindo a subsistência de muitas famílias, sendo considerada como um grande potencial de desenvolvimento para muitas regiões, especialmente devido à grande variedade de espécies nativas (FAO, 2016). Esta atividade passou de uma produção de menos de 1 milhão de toneladas em 1950, para 73,8 milhões de toneladas em 2014, sendo que destes 49,8 milhões compreendiam carne de peixe (FAO, 2016).

O consumo de peixes pelo brasileiro chegará a 12,7 quilos/ano em 2025, cerca de 32% a mais do que os 9,6 quilos/ano consumidos pelo brasileiro entre 2013 e 2015. Dentre os ramos da aquicultura destaca-se a piscicultura como uma das principais atividades mais desenvolvidas, deste modo, a piscicultura que tem por definição como a atividade que tem uma ampla variedade de técnicas de produção de peixes, esta terá importante participação na disponibilização de peixes aos brasileiros, dobrando a produção nos próximos 10 anos, com expectativa de que em 2025 sejam produzidos 1,145 milhão de toneladas de peixes em cativeiro (FAO, 2016).

No Brasil, as atividades aquícolas têm ampla potencialidade em função de suas condições climáticas, de sua disponibilidade hídrica e dos seus estoques pesqueiros que compatibilizam interesse zootécnico e mercadológico (Brasil, 2013). No que diz respeito as cadeias de produção das atividades aquícolas, alguns Estados apresentam estágios mais avançados de estruturação, enquanto outros são menos competitivos e necessitam de maiores investimentos. O estado do Pará se enquadra no segundo grupo (Brabo, 2014).

Na região do Baixo Amazonas, a piscicultura se caracteriza como uma atividade secundária, é a atividade aquícola mais praticada pelos produtores sendo desenvolvida geralmente em viveiros escavados, açudes, tanques e viveiros de barragem com destaque na produção de tambaqui, tambatinga e pirarucu (Brabo, 2014; Zacardi *et al.*, 2017).

No Baixo Amazonas, a diversidade de produtores (de subsistência ao grande produtor) sustenta o perfil da piscicultura local como uma atividade secundária, de complementação de renda (Zacardi *et al.*, 2017). Dentre os maiores obstáculos para viabilizar os empreendimentos de pisciculturas destacam-se: a falta de capacitação e/ou profissionalismo dos produtores, a burocracia para licenciamento e legalização; a inadimplência com as documentações exigidas pelos órgãos competentes, custos elevados com alimentação dos peixes, ausência de responsáveis técnicos, problemas com furtos,

predadores naturais, não satisfazendo também as condições ambientais, incluindo a qualidade das águas (Brabo, 2014; Zacardi *et al.*, 2017).

Esta atividade destaca-se como um grande potencial para minimizar a insegurança nutricional e alimentar. Porém ao se utilizar práticas inadequadas podem ser prejudiciais, e uma gestão ineficiente da atividade compromete a sustentabilidade (Cardoso, *et al.*, 2016). Os viveiros de piscicultura (são reservatórios escavados dotados de sistema de abastecimento e drenagem de água). Estes são considerados ecossistemas artificiais, servem como criadouros naturais para inúmeros invertebrados, e principalmente moluscos, devido à grande quantidade de alimentos (ração, excreta) e em alguns casos as baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água (Horne *et al.* 1994; Eler *et al.* 2006)).

São utilizadas três categorias de água na piscicultura: Água de origem, sendo esta oriunda de uma fonte, nascente, represa, lago ou córrego formado e que vai abastecer todo o sistema de criação, já a água de uso é a água utilizada no sistema em contato com a criação (tanques, valetas, canais ou tubos de distribuição e reuso), cuja qualidade depende do tipo de solo do tanque, composição da água de origem, manejo do sistema de criação (calagem, adubação, limpeza, entre outros.), carga e composição do alimento lançado e organismos ali criados e água de lançamento sendo considerada a água oriunda de todo sistema de criação, com todos os resíduos e de composição variável, dependendo do manejo e do tipo de criação, essas águas geralmente são orientadas para um corpo receptor (córrego, rio, lago) e são ricas em matéria orgânica e inorgânica (Leira *et al.*, 2017).

Variáveis da qualidade da água podem refletir sobre o crescimento, à reprodução, à saúde, à sobrevivência e à qualidade dos peixes, comprometendo o sucesso dos sistemas de aquicultura, por isso a importância de se avaliar e monitorar os sistemas de criação (Leira *et al.*, 2017). Dessa forma a boa qualidade das águas é essencial para otimizar a produção de peixes (Sipaúba-Tavares *et al.*, 2013; Yapo *et al.*, 2017).

Sendo assim necessário a avaliação da qualidade da água de viveiro de pisciculturas, que em geral, é realizada por medições de variáveis físico-químicas, que representam a condição da qualidade naquele momento em que são medidas. Porém, viveiros de piscicultura são ecossistemas complexos e dinâmicos, cuja qualidade da água é resultado tanto da influência externa, como a qualidade da fonte da água, característica do sedimento, clima e introdução de alimentos-ração; quanto da influência interna, que inclui a densidade de peixes, interações físico-químicas e biológicas (Bastos, 2003), que mudam ao longo do tempo.

Dentre os indicadores biológicos mais utilizados em ecossistemas aquáticos estão os peixes, algas e os macroinvertebrados aquáticos (Salomoni *et al.*, 2011; Viana e Frédou, 2014).

Os macroinvertebrados bentônicos a nível morfológico são seres macroscópicos (> 1mm), são invertebrados e apresentam-se sob diversas formas. A comunidade de macroinvertebrados bentônicos é um importante componente do sedimento ambientes aquáticos, sendo fundamental para a dinâmica de nutrientes, a transformação de matéria e o fluxo de energia (Bem, 2015).

Os macroinvertebrados aquáticos são considerados como bons bioindicadores por apresentarem hábito sedentário, sendo portanto, representativos da área na qual foram coletados; ciclos de vida relativamente curtos em relação aos ciclos de vida dos peixes, refletindo mais rapidamente as modificações do ambiente através de mudanças na estrutura das populações e comunidades; vivem e se alimentam dentro, sobre ou próximo aos sedimentos, onde se acumulam os poluentes; apresentam elevada diversidade biológica, o que significa em uma maior variabilidade de respostas frente a diferentes tipos de impactos ambientais; são importantes componentes dos ecossistemas aquáticos, formando um elo entre os produtores primários e servindo como alimento os peixes, processamento de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (Goulart e Callisto, 2003).

Em relação à tolerância frente a adversidades ambientais, podemos classificar os macroinvertebrados bentônicos em três grupos principais: Organismos sensíveis ou intolerantes, tolerantes e resistentes. O primeiro grupo é formado por ordens de insetos aquáticos tais como Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera e são organismos que necessitam de elevadas concentrações de oxigênio dissolvido. No segundo grupo incluem-se os moluscos, bivalves, algumas famílias de Diptera, ordens de Heteroptera, Odonata e Coleoptera, estes organismos necessitam de uma menor quantidade de oxigênio dissolvido que o primeiro grupo. O terceiro grupo é formado por larvas de Chironomidae e outros Diptera e pela classe Oligochaeta, estes organismos são capazes de viver em condições de anóxia (Bem, 2015).

O biomonitoramento consiste em avaliar as comunidades biológicas e a partir destas inferir alterações no ecossistema. Para sua realização são consideradas espécies indicadoras, chamadas de indicadores biológicos. Estas espécies são empregadas pelo fato de apresentarem baixa tolerância a mudanças nos ambientes aquáticos (Bem, 2015).

Na dinâmica desses sistemas de produção, representando as interações biológicas, os macroinvertebrados aquáticos, especialmente insetos, que podem ser benéficos ou

prejudiciais ao cultivo de peixes e, ainda indicar a boa ou má qualidade das águas. Larvas de Odonata, por exemplo, predam pós-larvas e alevinos, sendo indesejável sua presença nos viveiros de piscicultura (Kashyap *et al.*, 2013; Motilan *et al.*, 2016). Em via inversa, insetos como Chironomidae são importante componente da dieta de pequenos peixes (Cardoso e Couceiro, 2017), inclusive sendo utilizados como complemento alimentar (Faria *et al.*, 2006).

Diante das respostas que os macroinvertebrados apresentam às mudanças na qualidade das águas, alguns países da Europa entre outros passaram a utilizar índices bióticos baseados na tolerância de táxons, riqueza, grupos tróficos, estrutura de comunidade de macroinvertebrados ao impacto ambiental (Buss *et al.*, 2003). Dentre os índices utilizados para predizer as mudanças na qualidade da água, o Índice Biótico de Famílias de Hilsenhoff constitui um modo de avaliar a qualidade da água de locais de onde foram recolhidas amostras de macroinvertebrados identificados. O autor desse índice (Hilsenhoff, 1988) o desenvolveu para ser utilizado em rios da América do Norte mas, dada a simplicidade no cálculo do índice devido ao seu baixo nível de resolução taxonômica e à sua adequada correlação com fatores ambientais, tem sido amplamente aplicado em diferentes zonas do planeta. No estudo realizado por Yapo *et al.* (2017) estes sugerem a utilização do índice biótico de família (IBF), baseado na fauna de macroinvertebrados aquáticos, como ferramenta para avaliação da qualidade ambiental de viveiros de peixes.

Os macroinvertebrados bentônicos podem ser uma ferramenta poderosa para monitorar pisciculturas (Mine *et al.*, 2009; Nunes *et al.*, 2015). Ephemeroptera, por exemplo, são abundantes em viveiros de piscicultura que apresentam sedimento com baixo pH e alta concentração de oxigênio dissolvido (Viscardi 2011), sendo bons indicadores de água. Chironomidae, por sua vez, são tolerantes às baixas concentrações de oxigênio dissolvido e elevadas concentrações de nutrientes na água, dominando ambientes desfavoráveis aos outros táxons (Queiroz *et al.*, 2007).

Métricas como composição, riqueza, abundância e grupos tróficos de macroinvertebrados aquáticos ou mesmos refletem a condição do ambiente, indicando variações no pH, no teor de oxigênio dissolvido e na quantidade de matéria orgânica acumulada ao longo do tempo (Couceiro *et al.*, 2012).

Essas informações podem ser vistas como bioindicação da qualidade das águas, que uma vez determinada pode ser utilizada para monitorar viveiros, no intuito de melhorar taxas de sobrevivência e desenvolvimento dos peixes, podendo assim antecipar

situações de emergência que podem causar estresse ou até mesmo a mortalidade dos peixes (Silveira, 2004; Viscardi, 2011). Essas métricas têm sido extensamente utilizadas para ambientes lóticos e para lagos, mas muito pouco tem se aplicado a viveiros de peixes, especialmente na região amazônica, de modo que não há um conhecimento prévio para aplicação nesses sistemas.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Determinar métricas eficientes baseadas na fauna de macroinvertebrados aquáticos para utilizar no biomonitoramento da qualidade da água em viveiros de piscicultura no município de Santarém, Pará.

3.2. Objetivos Específicos

- 1 Relacionar métricas da fauna de macroinvertebrados (riqueza, abundância e composição com as variáveis abióticas (pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, turbidez e granulometria e análises físico-química do sedimento de fundo) amostradas em viveiros de produção de peixes;
- 2 Testar o índice biótico de família (IBF) em viveiros de produção de peixes para prever a qualidade da água na criação.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área de estudo

As amostragens dos macroinvertebrados foram realizadas em 17 viveiros de três pisciculturas em Santarém - PA, durante os meses de novembro a dezembro de 2017. Duas pisciculturas (totalizado 9 viveiros) estão localizadas na comunidade Ponte Alta às margens da rodovia Everaldo Martins, à 11 km de distância da zona urbana de Santarém. Uma terceira piscicultura, é mantida pela Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e da Pesca- SEDAP (foram amostrados 8 viveiros), está localizada na rodovia Santarém/Curuá-Una (PA-370), Km-32 (Figura 2).

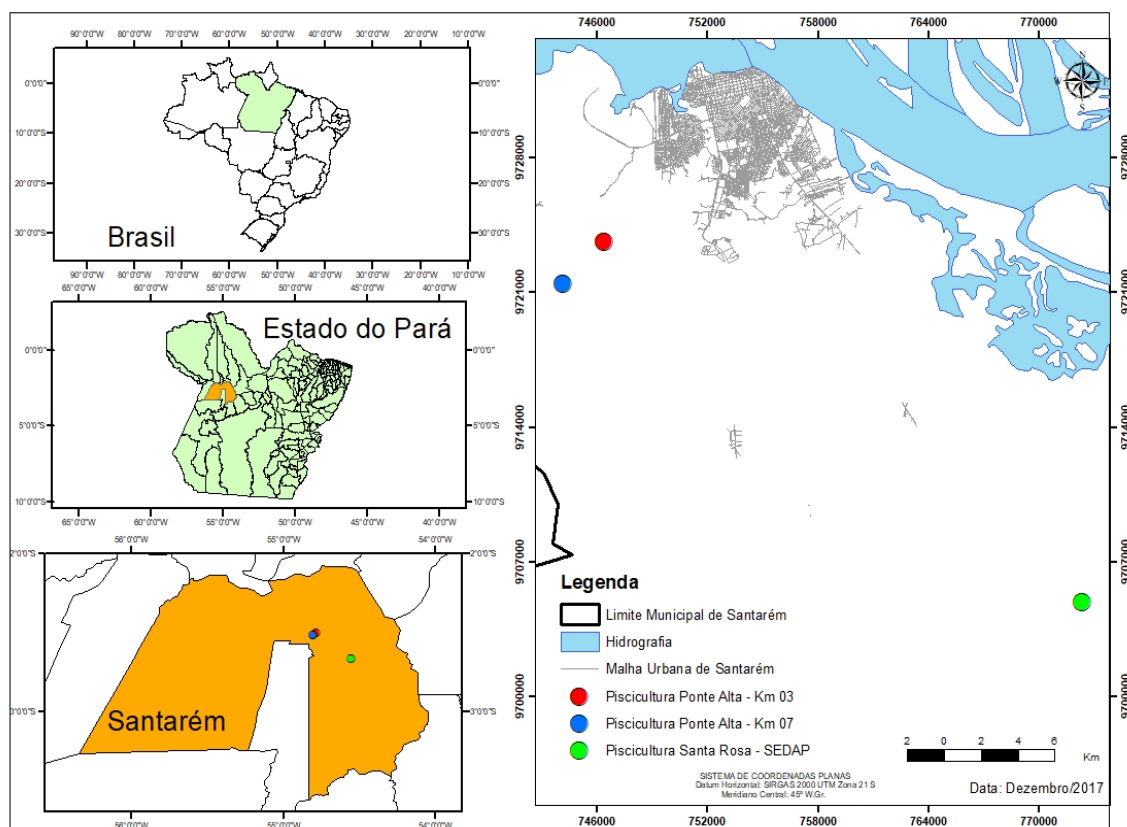


Figura 1: Mapa de localização dos viveiros de piscicultura utilizados no estudo, em Santarém, Pará. Fonte: Lemos, 2017.

Todas as pisciculturas apresentam viveiros escavados com $\sim 20 \times 55$ m e profundidade de 1,5 m; em área aberta e dotados de sistema de abastecimento e de drenagem que captam a água por meio de tubulações a partir barragem de igarapés ou córregos, nesses viveiros há pouca renovação de água (Figura 3).



Figura 2. Viveiros escavados das três pisciculturas coletadas (A) piscicultura km- 03 (B) piscicultura Santa Rosa- SEDAP (C) piscicultura km-07.

4.2. Amostragens de macroinvertebrados

Cada viveiro foi dividido em oito quadrantes conforme modelo adaptado de (Ribeiro *et al.* 2005), sendo realizada uma dragagem em cada um desses quadrantes para coletar macroinvertebrados (Figura 2).

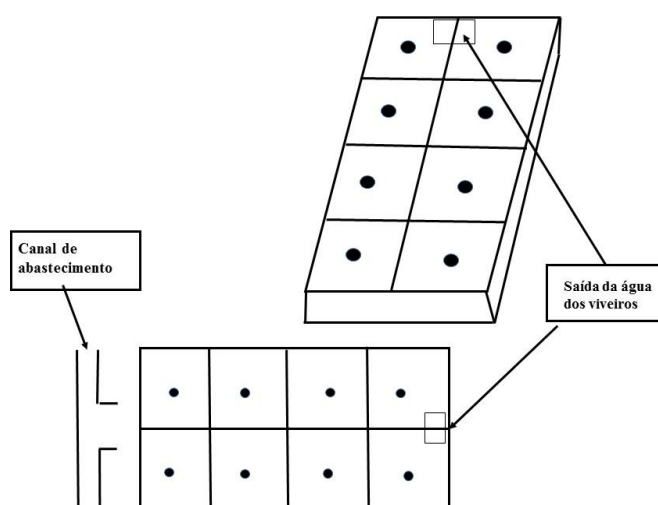


Figura 3. Desenho esquemático do método empregado na coleta de sedimento e divisão do viveiro em oito quadrantes.

As coletas de macroinvertebrados foram realizadas junto ao sedimento de fundo com auxílio de uma draga Petersen (Figura 4).



Figura 4: Coleta dos macroinvertebrados de fundo dos viveiros de piscicultura com auxílio de uma draga Petersen.

Cada amostra obtida foi lavada sobre peneira de malha de 250 μm no mesmo quadrante em que foi realizada a coleta. O substrato e os macroinvertebrados que ficaram presos a peneira foram acondicionados em frascos plásticos contendo álcool etílico (96%), e posteriormente foram devidamente etiquetados e transportados para o Laboratório de Ecologia e Taxonomia de Insetos Aquáticos- LETIA da Universidade Federal do Oeste do Pará.

Após todas as coletas, os espécimes foram triados, identificados e contabilizados no laboratório com auxílio de microscópio estereoscópico, placas de Petri, pinças e bibliografias apropriadas a cada grupo taxonômico (*Merritt e Cummins 1996, Hamada et al. 2012*).

4.3. Variáveis abióticas

Em cada viveiro foi medido em réplicas as variáveis: temperatura, condutividade elétrica e pH, medidos com auxílio de um condutivímetro digital (*Oakton Waterproof -*

CON 10 Series), o oxigênio dissolvido foi medido com um oxímetro digital (*Oakton Waterproof-DO 300 Series*), a turbidez foi medida por turbidímetro digital (HANNA instruments- HI93703 microprocessador turbidity meter). Também foram coletadas com auxílio da draga Petersen duas amostras de sedimentos de fundo dos viveiros para análise de granulometria do sedimento. Essas amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e identificadas, secas em ambiente natural e estufa por 72 h. Essa análise granulométrica do sedimento e as análises físico-química foram realizadas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa-NAPT-Médio Amazonas.

4.4. Análise dos dados

A influência das variáveis abióticas sobre a riqueza e sobre a abundância dos macroinvertebrados foi analisada por Regressão linear múltipla. A fim de verificar como as características abióticas dos viveiros influenciam a ocorrência das espécies foi utilizado uma Análise de Correspondência Canônica (ACC). As análises foram realizadas nos programas Estatística (v.8) e Pcord (v.5).

Foi utilizado o índice biótico de família (IBF) (Hilsenhoff, 1988) para avaliar a integridades biológica dos viveiros. O IBF foi calculado pela seguinte equação:

$$IBF = \sum \frac{x_{ai}}{N}$$

Onde: n_i é a abundância de indivíduos do táxon i ; a_i é o valor de tolerância do táxon i ; N é a soma de indivíduos de todos os táxons no viveiro.

Os valores de índice (a_i) utilizados na equação estão relacionados ao quão bem a família pode tolerar poluentes orgânicos, aumento de nutrientes e cargas de sedimentos e limitações de oxigênio dissolvido (DO). Conforme o IBF cada família de macroinvertebrados recebe um valor de tolerância entre 0 a 10 de acordo com sua sensibilidade e tolerância aos poluentes orgânicos, em que, os organismos sensíveis recebem um valor de tolerância perto de 0 e os tolerantes perto de 10.

De acordo com Hilsenhoff (1988), esse método é o mais viável de ser aplicado pelo fato de ser um cálculo de índice simples e adequado aos fatores ambientais, a pontuação cada vez maior indica menor qualidade da água (Hilsenhoff, 1988). Seguindo este método, empregou-se este cálculo, onde o número de indivíduos de cada família é multiplicado pelo valor de tolerância à contaminação orgânica, atribuído ao grupo. Os

produtos resultantes são somados e divididos pelo número total de indivíduos da amostra que contribuíram para os produtos calculados.

Após realizar os cálculos dos índices, os valores obtidos em cada ponto de amostragem foram enquadrados nos intervalos de classificação de qualidade da água e dessa forma é determinado um grau de contaminação orgânica, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Intervalos de classes dos valores do Índice Biótico de Família (IBF) e indicação da qualidade da água.

Índice biótico	Qualidade da água	Grau de poluição orgânica
0,00-3,50	Excelente	Sem poluição orgânica aparente
3,51-4,50	Muito boa	Possível poluição orgânica leve
4,51-5,50	Boa	Alguma poluição orgânica
5,51-6,50	Razoável	Poluição orgânica razoável
6,51-7,50	Moderadamente pobre	Poluição orgânica significativa
7,51-8,50	Pobre	Poluição orgânica muito significativa
8,51-10,00	Muito pobre	Poluição orgânica severa

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Aguiar, J.; Schneider, H.; Gomes, F.; Carneiro, J.; Santos, S.; Rodrigues, L.; Sampaio, I. 2013. Genetic variation in native and farmed populations of Tambaqui (*Colossoma macropomum*) in the Brazilian Amazon: regional discrepancies in farming systems. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 85(4): 439-1447.

Bhatnagar, A.; Devi, P. 2013. Water quality guidelines for the management of pond fish culture. *International Journal of Environmental Sciences*, 3 (6): 1980-2009.

Bem, C. C. 2015. Macroinvertebrados bentônicos - estratégia de Monitoramento para a gestão de recursos hídricos. Curitiba, 2015. Tese - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental.

Brabo, M.F. 2014. Piscicultura no Estado do Pará: situação atual e perspectivas. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*, 2(1): 1-7.

Buss, D.F.; Baptista, D.F.; Nessimian, J.L. 2003. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios Conceptual basis for the application of biomonitoring on stream water. *Caderno de Saúde Pública*, 19(2): 465-473.

Buckup, P.A.; Menezes, N.A.Ghazzi, M.S.A.2007. Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil, Rio de Janeiro: Museu Nacional.,

Cardoso, A.C.S.; Couceiro, S.R.M. 2017. Insects in the diet of fish from Amazonian streams in western Pará, Brazil. *Marine and Freshwater Research*, 68(11): 2052-2060.

Cardoso, A.S.; El-Deir, S.G.; Cunha, M.C.C. 2016. Bases da sustentabilidade para atividade de piscicultura no semiárido de Pernambuco. *Revista Interações*, 17(4): 645-653.

Couceiro, S.R.M.; Hamada, N.; Forsberg, B.R.; Pimentel, T.P.; Luz, S.L.B. 2012. A macroinvertebrate multimetric index to evaluate the biological condition of streams in the Central Amazon region of Brazil. *Ecological Indicators*, 18: 118-125.

Danze, A.P.; Vercellino, I.S. 2018. Uso de Bioindicadores no monitoramento da qualidade da água. *Revienter*, 11(01): 100-115.

FAO. 2016. *The State of World Fisheries and Aquaculture: Contributing to food security and nutrition for all*. Rome. 200 pp.

Faria, P.M.C.; Crepaldi, D.V.; Teixeira, E.A.; Ribeiro, L.P.; Souza, A.B.; Carvalho, D.C.; Melo, D.C.; Saliba, E.O.S. 2006. Criação, manejo e reprodução do peixe *Betta splendens* (Regan 1910). *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 30 (4): 134-149..

Goulart, M.; Callisto, M. 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista da FAPAM*, 2 (1).

Hamada, N.; Ferreira-Keppler, R.L. 2012. *Guia Ilustrado de insetos aquáticos e semiaquáticos da Reserva Florestal Ducke*. Manaus: Editora Universidade Federal do Amazonas. 198 pp.

Hilsenhoff, W.L. 1988. Rapid Field Assessment of Organic Pollution with a Family-Level Biotic Index. *Journal of North American Benthological Society*. 7: 65-68.

Kashyap, A.; Gupta, M.; Serajuddin, M. 2013. Predatory insects of various fish ponds detrimental to polyculture: a survey. *Research Journal of Life Sciences*, 2: 1-24.

Leira, M.H., Cunha, L.T., Braz, M.S., Melo, C.C.V., Botelho, H.A.; Reghim, L.S. 2017. Qualidade da água e seu uso em pisciculturas. *PUBVET*, 11: 11-17.

Mendonça, P.P.; Ferreira, R.A.; Junior, M.V.; Andrade, D.R.; Santos, M.V.D.; Ferreira, A.V.; Rezende, F.P. 2009. Influência do fotoperíodo no desenvolvimento de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Archivos de Zootecnia*, 58: 323-331.

Merritt, R.W.; Cummins, K.W. 1996. *An introduction to the aquatic insects of North America*. 2.ed. USA: Kendall/Hunt Publishing Company.

Mine, U.K.; Serap, P.; Akasya, T. 2009. Trout Farm Effluent Effects on Water Sediment Quality and Benthos. *CLEAN- Soil, Air, Water*, 37(4-5): 386-391.

Motilan, Y.; Radhakrishore, R.; Konsam, N.; Alka k.; Gojendro, O.; Ruhini, T. 2016. Predatory aquatic insects of nursery ponds of Manipur. *Journal of Experimental Zoology*, 19(2): 799-803.

Morais, I.S.; O'Sullivan, F.L.A. 2017. Biologia, habitat e cultivo do tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816). *Scientia Amazonia*, 6 (1): 81-93.

Nunes, P.R.A.; Doncat, K.B.; Perazzo, G.X.; Teloken, F. 2015. Insetos aquáticos bioindicadores: influência da piscicultura sobre um córrego pampeano brasileiro. *Ciência e Natura*, 37 (2): 230-240.

Reis, R.E.; Albert, J.S.; DI-Dario, F.; Mincarone, M. M., Petry, P.; Rocha, L. A. 2016. Fish biodiversity and conservation in South America. *Journal of Fish Biology*, 89 (1) 12-47.

Ribeiro, R.P.; Sengik, E.; Ciola, A.L.; Moreira, H.L.M.; Sussel, F.R., Benites, C. 2005. Coleta de amostras de sedimentos em viveiros de piscicultura. *Acta Scientiarum Animal Science*, 27(3): 399-403.

Rodrigues, A. P. O. 2014. Nutrição e alimentação do tambaqui (*Colossoma macropomum*). Boletim do Instituto de Pesca, 40: 135-145.

Salomoni, S.E.; Rocha, O.; Hermany, G.; Lobo, E.A. 2011. Application of WQBI using as bioindicators in the Gravataí river, RS, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 71: 949-959.

Silveira, M.P. 2004. Aplicação do biomonitoramento da qualidade da água em rios. Meio Ambiente. Embrapa, documento 36.

Sipaúba-Tavares, L.H.; Millan, R.N.; Amaral, A.A. 2013. Influence of management on the water quality and sediment in tropical fish farm. *Journal of Water Resource and Protection*, 5: 495- 501.

Viana, A.P.; Lucena Frédou, F. 2014. Ichthyofauna as bioindicator of environmental quality in an industrial district in the amazon estuary, Brazil. *Journal of Fish Biology*, 74 (2): 315-324.

Viscardi, D.Z. 2011. Papel das variáveis ambientais na distribuição de macroinvertebrados em viveiros de produção de peixes na região Neotropical. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Grande Dourados. 37 pp.

Yapo, M.L.; Tuo, Y.; Kone, M.; Atse, B.; Kouassi, P. 2017. Can use the Biotic Index as an indication of fish farm pond water quality? *Journal of Advanced Botany and Zoology*, 4(4): 1-7.

Zacardi, D.M.; Lima, M.A.S.; Nascimento, M.M.; Zanetti, C.R.M. 2017. Caracterização socioeconômica e produtiva da aquicultura desenvolvida em Santarém, Pará. *Actapesca* 5: 102-112.

CAPÍTULO I

USO DE MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS COMO INDICADORES NO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA EM VIVEIROS DE PEIXES EM SANTARÉM, PARÁ

Artigo escrito de acordo com as normas da revista Iheringia, Série Zoologia, disponível em: <http://www.scielo.br/revistas/isz/iinstruc.htm>

Macroinvertebrados aquáticos como bioindicadores de qualidade de água em viveiros de pisciculturas em Santarém-Pa

Fabília B. Duarte ^{1,2}, Sheyla R. M. Couceiro ^{1,2}, Sting S. Duarte ^{1,2}

1. Programa de Pós-Graduação em Recursos Aquáticos Continentais da Amazônicos, Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA. Av. Mendonça Furtado, nº 2946, Fátima, CEP 68.040-470, Santarém, Pará, Brasil. Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas-ICTA, Santarém, Pará, Brasil. (fabriciabd2@hotmailcom, stingduarte@gmail.com).

2. Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas, Laboratório de Ecologia e Taxonomia de Invertebrados Aquáticos, Av. Mendonça Furtado, nº 2946, sala 223, Fátima, CEP 68.040-470, Santarém, Pará, Brasil (sheylacouceiro@yahoo.com.br).

Aquatic macroinvertebrates as bioindicators of water quality in fish farms in Santarém-Pa

ABSTRACT. Taking into account the importance of aquatic macroinvertebrates, these can be a powerful tool to monitor fish farms. This study aimed to determine efficient metrics based on the fauna of aquatic macroinvertebrates to be used in the biomonitoring of water quality in fish farms in the municipality of Santarém - PA, as well as to test the application of the Biotic Family Index (IBF) and to point out the quality of the water in these nurseries. Samplings of the macroinvertebrates were carried out in 17 nurseries of three fish farms that work in Santarém - PA, during the months of November to December

2017. A total of 1,016 aquatic insect larvae were collected, distributed in 15 genera, 10 families and six orders. The order Diptera was the most representative with 821 specimens. Of the analyzed variables, the temperature, the dissolved oxygen in the water and the K of the sediment were significantly related to the abundance of insects. The present study allows to conclude that macroinvertebrates can be used in fish farms as biological indicators

KEY WORDS. Aquaculture, biological indicators, amazon species, biotic indexes.

RESUMO. Levando-se em conta a importância dos macroinvertebrados aquáticos, estes podem ser uma ferramenta poderosa para monitorar pisciculturas. Este estudo teve como objetivo determinar métricas eficientes baseadas na fauna de macroinvertebrados aquáticos para utilizar no biomonitoramento da qualidade da água em viveiros de piscicultura no município de Santarém – PA, além de testar a aplicação do Índice Biótico de Família (IBF) e apontar a qualidade das águas nesses viveiros. As amostragens dos macroinvertebrados foram realizadas em 17 viveiros de três pisciculturas que trabalham com a criação de peixes em Santarém - PA, durante os meses de novembro a dezembro de 2017. Foram coletadas 1.016 larvas de macroinvertebrados aquáticos, distribuídas em 15 gêneros, 10 famílias e seis ordens. A ordem Diptera foi a mais representativa com 821 exemplares. Das variáveis analisadas, a temperatura, o oxigênio dissolvido na água, o potássio K do sedimento e o argila foram significativamente relacionados com a abundância de insetos. O presente estudo permite concluir que os macroinvertebrados podem ser utilizados em viveiros de piscicultura como indicadores biológicos.

PALAVRAS-CHAVE: Aquicultura, indicadores biológicos, espécie amazônica, índices bióticos.

Introdução

A demanda por pescado e seus derivados tem crescido nas últimas décadas, devido ao aumento populacional e da busca por alimentos mais saudáveis. Assim, a aquicultura se destaca para atender à demanda do fornecimento atual desse recurso, com manejo de peixes, sendo uma opção a redução a pesca predatória (BHATNAGAR & DEVI 2013, FAO, 2014).

Dente os ramos da aquicultura destaca-se a piscicultura como uma das principais atividades (YAPO et al. 2017). No Pará preferencialmente na região do Baixo Amazonas, a piscicultura se caracteriza como uma atividade secundária, um maiores problemas para viabilizar os empreendimentos destacam-se as condições ambientais, incluindo a qualidade das águas, sendo essencial para otimizar a produção de peixes e quando essas águas se encontram em condições inadequadas resultam em diversos prejuízos para o peixe (BRABO, 2014; ZACARDI et al. 2017).

Esta é o fator limitante e mais importante na produção de peixes, é também o fator de produção mais difícil de entender, prever e gerenciar. Sendo assim uma má qualidade da água pode causar prejuízo no crescimento, saúde e sobrevivência dos peixes, a qualidade da água é determinada por vários fatores físico-químicos e biológicos, pois podem afetar direta ou indiretamente a sua qualidade e conseqüentemente sua adequação à distribuição e produção de peixes e outros animais aquáticos (YAPO et al. 2017).

Alguns autores consideram que além de utilizar as interações físico-químicas, seja essencial para complementar a avaliação da qualidade da água o uso de indicadores biológicos, dentre os indicadores biológicos mais utilizados em ecossistemas aquáticos estão os peixes, algas e os macroinvertebrados aquáticos (VIANA & FRÉDOU 2014; DANZE & VERCELLINO 2018).

Devido ao seu ciclo de vida, quase sempre totalmente aquático, os macroinvertebrados aquáticos podem ser uma ferramenta poderosa para monitorar pisciculturas (NUNES et al. 2015). Seu uso tem sido amplamente explorado em estudos de sistemas lóticos. Entretanto, muito pouco foi feito para o entendimento das interações do processo aquático, compreendendo as interações das variáveis físicas, químicas e biológicas em viveiros de peixe (VISCARDI, 2011).

O objetivo desse trabalho foi determinar métricas eficientes baseadas na fauna de macroinvertebrados aquáticos para utilizar no biomonitoramento da qualidade da água em viveiros de piscicultura no município de Santarém – PA, além de testar a aplicação do Índice Biótico de Família (IBF) e apontar a qualidade das águas nesses ecossistemas artificiais.

Material e métodos

1.1 Área de estudo

As amostragens dos macroinvertebrados foram realizadas em 17 viveiros de três pisciculturas que criam peixes em Santarém - PA, durante os meses de novembro a dezembro de 2017. Duas pisciculturas (totalizado 9 viveiros) estão localizadas na comunidade Ponte Alta às margens da rodovia Everaldo Martins, à 11 km de distância da zona urbana de Santarém. A terceira piscicultura, é mantida pela Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e da Pesca SEDAP (foram amostrados 8 viveiros), está localizada na rodovia Santarém/Curuá-Una (PA-370) (**Figura 1**).

Todas as pisciculturas apresentam viveiros escavados com ~ 20 x 55 m e profundidade de 1,5 m; em área aberta e dotados de sistema de abastecimento e de drenagem que captam a água por meio de tubulações a partir de barragem de igarapés. Nesses viveiros há pouca renovação de água.

1.2 Amostras de macroinvertebrados

Cada viveiro foi dividido em oito quadrantes conforme modelo adaptado de (RIBEIRO et al. 2005), sendo realizado em cada um desses quadrantes uma dragagem para a coleta de macroinvertebrados (**Figura 2**).

As coletas de macroinvertebrados foram realizadas junto ao sedimento de fundo com auxílio de uma draga Petersen. Cada amostra obtida foi lavada sobre peneira de malha de 250 μm no mesmo quadrante em que foi realizada a coleta. O substrato e macroinvertebrados que ficaram presos a peneira foram acondicionados em frascos plásticos contendo álcool etílico (96%), e posteriormente foram devidamente etiquetados e transportados para o Laboratório de Ecologia e Taxonomia de Insetos Aquáticos-LETIA da Universidade Federal do Oeste do Pará.

Em laboratório, as amostras foram triadas, identificadas e quantificadas com auxílio de microscópio estereoscópico, placas de Petri, pinças e bibliografias apropriadas a cada grupo taxonômico (MERRITT & CUMMINS 1996, HAMADA & FERREIRA-KEPPLER 2012).

1.3 Variáveis abióticas

Em cada viveiro foi medido em réplicas as variáveis: temperatura, condutividade elétrica e pH, medidos com auxílio de um condutivímetro digital (Oakton Waterproof - CON 10 Series), o oxigênio dissolvido foi medido com um oxímetro digital (Oakton Waterproof-DO 300 Series), a turbidez foi medida por turbidímetro digital (HANNA instruments- HI93703 microprocessador turbidity meter). Também foram coletadas com auxílio da draga Petersen duas amostras de sedimentos de fundo dos viveiros para análise de granulometria do sedimento e análises físico-químico. Essas amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e identificadas, posteriormente secas em ambiente

natural. As análises foram realizadas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa-NAPT-Macapá.

1.4 Análise dos dados

A influência das variáveis abióticas sobre a riqueza e sobre a abundância dos macroinvertebrados foi analisada por regressão linear múltipla. A fim de verificar como essas variáveis influenciam a ocorrência das espécies nos viveiros foi utilizado uma Análise de Correspondência Canônica (ACC). As análises foram realizadas nos programas Estatística (V.8) e PC-ORD (v.5).

Foi utilizado o índice biótico de família (IBF) (HILSENHOFF, 1988) para avaliar a integridades biológica dos viveiros. O IBF foi calculado pela seguinte equação:

$$IBF = \sum \frac{NI \times ai}{N}$$

Onde: ni é a abundância de indivíduos do táxon i ; ai é o valor de tolerância do táxon i ; N é a soma de indivíduos de todos os táxons no viveiro.

Resultados

A média das variáveis ambientais da água e dos sedimentos (análise granulométrica e análise físico-química de K (potássio e matéria orgânica) de cada viveiro é apresentada na Tabela I. Os menores valores de pH da água foram encontrados nos viveiros da SEDAP, em relação a turbidez os maiores valores foram encontrados no V1, V2, V5, V7 e V8 da SEDAP, já os maiores valores de condutividade elétrica foram encontrados nos viveiros das pisciculturas do KM-07 e KM-03. Já para o potássio (K) os

maiores valores foram encontrados nos viveiros V2 e V3 da SEDAP e nos viveiros V3 e V4 do KM-03(**Tabela I**).

De acordo com a análise granulométrica, os viveiros V1 da SEDAP apresentou maiores teores de areia e argila em relação aos teores de silte e argila, sendo este classificado como argiloarenosa. Os viveiros V2, V4, V6, V7 e V8 da SEDAP e os viveiros V1 e V3 do KM-03 apresentaram maior teor de argila, sendo classificados como argila, os cinco viveiros da piscicultura KM-07 apresentaram maior teor de areia sendo classificado como areia.

Os viveiros V3 e V5 da SEDAP apresentaram maior teor de argila em relação ao silte e areia, sendo classificado como franco-argilosa, já os viveiros V2 e V4 do KM-03 foram classificados como franco-arenosa e franco-argiloarenoso (**Tabela II**).

Foram coletadas 1.016 larvas de macroinvertebrados aquáticos, distribuídas em 15 gêneros, 10 famílias e seis ordens (**Tabela III**). A ordem Diptera foi a mais representativa com 821 exemplares. Além de insetos, foram também coletados 99 exemplares de Oligochaeta (Annelida).

A abundância de macroinvertebrados variou de 10 a 309 exemplares. Os gêneros mais representativos foram *Goeldchironomus* com 472 exemplares, seguido de *Coelotanytus* com 334 indivíduos, ambos Chironomidae (Diptera), estando presente na maioria dos viveiros. A riqueza variou de um a oito gêneros coletados.

O modelo de regressão múltipla utilizado para testar a influência das variáveis abióticas sobre a abundância de macroinvertebrados aquáticos apresentou o ($R^2= 0,95212$; R ajustado= $0,87232$). Das variáveis analisadas, a temperatura, o oxigênio dissolvido na água, potássio (K) do sedimento e o argila foram significativamente relacionados com a abundância de insetos. Sendo a relação com o oxigênio dissolvido da água positiva e relação da temperatura, potássio e argila negativa (**Tabela IV**).

Foi verificado, também por meio da regressão linear múltipla, que não existe tendência da métrica riqueza de macroinvertebrados aquáticos está relacionado com nenhuma das variáveis ambientais amostradas.

Por meio dos resultados obtidos pela CCA, foi possível verificar quais variáveis contribuíram na formação dos dois primeiros eixos, e sua relação com os táxons.

Na **Tabela V** estão apresentados os resultados da CCA comparando os dados das variáveis abióticas com a fauna de macroinvertebrados. Os componentes extraídos dos dois eixos canônicos (Eixo 1, 2), explicam respectivamente 27,9% e 21,5% da variação da matriz espécie. Sendo o primeiro eixo correlacionado positivamente com a condutividade e o pH, já o segundo eixo foi correlacionado positivamente com as variáveis argila, silte e a turbidez matéria orgânica e o potássio.

Os resultados da CCA sugerem que um grupo formado por *Oligochaeta* e *Buenoa* foram influenciados principalmente pelos maiores valores de argila, silte e a turbidez. Por outro lado, *Oecitis*, *Aphylla*, *Odontomyia*, *Planiplax*, *Campsurus* foram influenciados pela maior concentração de matéria orgânica e o potássio encontrados no sedimento. Outras associações ocorreram entre os táxons *Stilobezzia* e *Goeldchironomus* que tiveram padrões de distribuição associado aos valores de temperatura e oxigênio dissolvido da água, estas variáveis tiveram correlação negativa. As variáveis areia total, condutividade e pH foram as variáveis que influenciaram o maior número de táxons: *Brechmorhoga*, *Perythemis*, *Macrothemis*, *Berosus*, *Martarega*, *Orthemis* e *Coelotanypus*.

A **Tabela VI** apresenta os valores do Índice Biótico de Família. Verifica-se que nos viveiros V1, V5 e V6 da SEDAP os valores os valores apresentaram-se dentro do intervalo de 7,51 considerado como classificação da água pobre, o mesmo intervalo encontrado nos viveiros V3 e V4 da piscicultura KM-07.

Já os viveiros V2, V4 e V8 da SEDAP e o V2 do KM-07 são considerados como moderadamente pobre, o V7 e o V3 da SEDAP apresentam uma poluição razoável. Observa-se que os viveiros V1 e V5 do KM-07 e o V2 do KM-03 tiveram a classificação boa, apenas o V1 do KM-03 apresentou uma classificação muito boa e os viveiros V3 e V4 da mesma piscicultura estiveram dentro do padrão da classificação da água como excelente.

Discussão

Os valores da turbidez, permaneceram dentro do recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos d'água destinados à aquicultura em todos os viveiros amostrados, não ultrapassando os 100 NTU. Os valores de oxigênio dissolvido permaneceram dentro do padrão estabelecido pela resolução na maioria dos viveiros, com valores maiores que 5 mg/L, com exceção dos viveiros V4 da SEDAP, V1 do KM-07 e V2, V3 E V4 do KM-03.

Faria *et al* (2013) classificam valores acima de 5 mg/L de OD na água como ideais, de acordo com os autores valores entre 1 a 5 mg/L, os peixes sobrevivem, mas pode haver diminuição das taxas de crescimento caso a exposição seja muito prolongada, e quando esse valor é inferior a 1 mg/L é letal se exposto por tempo prolongado. De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005 o oxigênio dissolvido não pode ser inferior a 5 mg/L.

Os valores do pH oscilaram entre 5,43 e 7,52, com os menores valores encontrados nos viveiros da SEDAP, de acordo Boyd (2013) o pH ideal para muitas espécies utilizadas na aquicultura deve se situar entre 6.0 a 8.5, já no trabalho de Leira *et al.* (2017) os peixes sobrevivem e crescem melhor em água com pH entre 6 a 9. A condutividade elétrica variou entre 12,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 39,07 $\mu\text{S}/\text{cm}$ neste estudo. Os valores

desejáveis para criação de peixes, encontram-se entre 20 e 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (ZIMERMANN 2001).

A temperatura oscilou entre 26,13 a 32,13°C, temperatura ideal para o desenvolvimento de peixes tropicais em viveiros de peixes (FARIA et al. 2013).

No estudo de Viscardi (2011) os resultados granulometria dos sedimentos dos viveiros demonstraram que a composição granulométrica de uma região é pouco variável, o que também foi observado neste trabalho.

Diptera foi a ordem que apresentou maior frequência em quase todos os viveiros coletados e constituiu um grupo dominante da comunidade de macroinvertebrados aquáticos. Estudos realizados em viveiros de peixes encontraram resultados semelhantes (YAPO et al. 2015; MOURA E SILVA et al. 2015; SORO et al. 2018).

O Filo Annelida foi o segundo mais representativo, o que pode ser explicado pela alta quantidade de matéria orgânica encontrados no sedimento. Este resultado também foi encontrado no trabalho de Viscardi (2011), em que o viveiro que continha elevado teor de matéria orgânica, apresentou a maior abundância de Oligochaeta.

Dentre os invertebrados encontrados nesses ecossistemas, a ordem Diptera, família Chironomidae e os Oligochaeta, são os que têm recebido atenção especial dos limnólogos, isso se deve ao sucesso de colonizarem os sedimentos dos ambientes aquáticos continentais (OLIVEIRA, 2006), sendo estes, quando ocorrendo em alta abundância, considerados como indicadores de águas poluídas, especialmente por matéria orgânica.

No estudo de Oliveira (2012) Chironomidae e Oligochaeta foram os grupos predominantes encontrados em viveiros. O sucesso na colonização de viveiros por Chironomidae deve-se ao relacionado ao hábito alimentar generalista e às adaptações morfológicas, fisiológicas e comportamentais. Porém, há de se considerar os táxons

ocorrentes. Porém, ressalva se faz que a identificação dos táxons é importante, havendo representantes sensíveis a poluição, que ocorrem em baixa abundância ou não ocorrem.

Neste estudo ocorreu a influência positiva do variável oxigênio dissolvido sobre a abundância de insetos, como também verificado por Viscardi (2011).

O oxigênio dissolvido é uma das mais importantes variáveis ambientais para a manutenção da vida aquática, é importante ressaltar que neste estudo o viveiro que apresentou a maior concentração de oxigênio dissolvido na água foi o viveiro que apresentou a maior abundância de Chironomidae. O que pode ser explicado pela ampla plasticidade do grupo, ocorrendo em ambientes com maiores concentrações de oxigênio dissolvido aos com menores concentrações.

Neste estudo a temperatura da água teve uma influência negativa sobre a abundância. A temperatura também possui um efeito significativo sobre os macroinvertebrados em ambiente natural. Fulan & Henry (2006) e Fulan et al. (2009) observaram que a abundância de macroinvertebrados foi negativamente correlacionada com o aumento da temperatura da água.

Este estudo corrobora com Viscardi (2011), onde os táxons demonstram a importância que variáveis abióticas tem em sua distribuição, o pH influenciou na distribuição da família Libellulidae, e o oxigênio dissolvido influenciou na distribuição de família Chironomidae.

Muitos estudos usaram o IBF para classificação da poluição da água de pisciculturas (NAMIN et al. 2013; NUNES et al. 2015; YAPO et al. 2017). No estudo realizado por Namin (2013) as alterações no valor das métricas e índices baseados no macroinvertebrado comunidade encontrado no estudo, refletem uma substituição de macroinvertebrados sensíveis para tolerantes. Por exemplo, Ephemeroptera sensível, Plecoptera e Trichoptera diminuíram em abundância, enquanto que a abundância de

Tubitidae tolerantes, Diptera (principalmente Chironomidae) e moluscos aumentou. Esses dados corroboram com este estudo já que as duas pisciculturas que apresentaram um maior grau de poluição foram encontrados organismos mais tolerantes e resistentes principalmente das ordens Odonata, Diptera e da Classe Oligochaeta, enquanto a outra piscicultura apresentou menor grau de poluição, sendo a única em que foram encontrados organismos das ordens Trichoptera e Ephemeroptera.

Os resultados observados no presente estudo permitem concluir que os macroinvertebrados podem ser utilizados em viveiros de piscicultura como indicadores biológicos, porém é necessário que estes sejam utilizados em conjunto com as variáveis físicas e químicas da água desses ambientes. E que o FBI pode ser um índice biótico para indicar o grau de poluição da água desses viveiros.

Agradecimentos. A Fundação Amazônia Paraense de Amparo à Pesquisa- FAPESPA pela concessão da bolsa de Pós-Graduação durante esses dois anos de mestrado, a toda equipe do Laboratório de Ecologia e Taxonomia de Insetos Aquáticos- LETIA, a Universidade Federal do Oeste do Pará e ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Aquáticos Continentais Amazônicos.

Referências Bibliográficas

BEM, CC 2015. Macroinvertebrados bentônicos - estratégia de Monitoramento para a gestão de recursos hídricos. Curitiba. Tese - Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental 99p.

BHATNAGAR, A & DEVI, P 2013. Water quality guidelines for the management of pond fish culture. *International Journal of Environmental Sciences* 3 (6): 1980-2009.

BRABO, MF 2014. Piscicultura no Estado do Pará: situação atual e perspectivas. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources* 2 (1): 1-7.

BRASIL 2005. Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005. Brasília, DF.

BOYD, C.E 2013. Manejo do Ciclo do ph para manter a saúde animal. *Revista Advocate da GAA* 28-30

COUCEIRO, SRM; HAMADA, N; FORSBERG, BR; PIMENTEL, TP; LUZ, SLB 2012. A macroinvertebrate multimetric index to evaluate the biological condition of streams in the Central Amazon region of Brazil. *Ecological Indicators* 18: 118-125.

DANZE, AP & VERCELLINO, IS 2018. Uso de Bioindicadores no monitoramento da qualidade da água. *Revienter*, 11(01): 100-115.

FARIA, R.H S.; MORAIS, M; SORANNA, MRGS; SALLUM, BW 2013. Manual de criação de peixes em viveiro. Brasília: Codevasf. 133 pp.

FAO 2014. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. EL ESTADO MUNDIAL DE LA PESCA Y LA ACUICULTURA: OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS. ROMA.

FAO 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture: Contributing to food security and nutrition for all. Rome. 200 pp.

FULAN, JA & HENRY, R 2006. The Odonata (Insecta) assemblage on *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth (Pontederiaceae) stands in Camargo Lake, a lateral lake on the Paranapanema River (state of São Paulo, Brazil), after an extreme inundation episode. *Acta Limnologica Brasiliensia* 18(4): 99-127.

FULAN, JÁ; DAVANSO, RCS; HENRY, R 2009. Uma variação nictemeral das variáveis físicas e químicas da água na abundância dos macroinvertebrados aquáticos? *Revista Brasileira de Biociências* , 7(2): 150-154.

HAMADA, N & FERREIRA-KEPPLER, RL 2012. Guia Ilustrado de insetos aquáticos e semiaquáticos da Reserva Florestal Ducke. Manaus: Editora Universidade Federal do Amazonas. 198 p.

HILSENHOFF, WL 1988. Rapid Field Assessment of Organic Pollution with a Family-Level Biotic Index. *Journal of North American Benthological Society* 7: 65-68.

LEIRA, MH; CUNHA, LT; BRAZ, MS; MELO, CCV; BOTELHO, HA; REGHIM, LS 2017. Qualidade da água e seu uso em pisciculturas. *PUBVET*, 11: 11-17.

MERRIT, RW & CUMMINS, KW 1996. An introduction to the aquatic insects of North America. 2.ed. USA: Kendall/Hunt Publishing Company.

MINE, UK.; SERAP, P; AKASYA, T 2009. Trout Farm Effluent Effects on Water Sediment Quality and Benthos. *CLEAN- Soil, Air, Water*, 37(4-5): 386-391.

MOTILAN, Y; RADHAKRISHORE, R; KONSAM, N; ALKA K; GOJENDRO, O; RUHINI, T 2016. Predatory aquatic insects of nursery ponds of Manipur. *Journal of Experimental Zoology*, 19(2): 799-803.

MOURA-SILVA, MSG; GRACIANO, TS; LOSEKANN, ME; LUIZ, AJB 2016. Assessment of benthic macroinvertebrates at Nile tilapia production using artificial substrate samplers. *Brazilian Journal of Biology* 76 (3): 735-742.

NAMIN, JI; SHARIFINIA, M; MAKRANI, AB 2013. Assessment of fish farm effluents on macro invertebrates based on biological indices in Tajan River (north Iran). *Caspian. Journal of Environmental Sciences* 11 (1): 29-39.

NUNES, PRA; DONCAT, KB; PERAZZO, GX; TELOKEN, F 2015. Insetos aquáticos bioindicadores: influência da piscicultura sobre um córrego pampeano brasileiro. *Ciência e Natura* 37 (2): 230-240.

OLIVEIRA, HRN 2006. Invertebrados bentônicos dos sistemas aquáticos da 575 estação de piscicultura do Cepta/Ibama, Pirassununga, SP. Tese. Centro de Ciências Biológicas. Universidade Federal de São Carlos 94pp.

OLIVEIRA, MC 2012. Influência da fertilização na dinâmica de invertebrados bentônicos em viveiros de alimentação de pós-larvas do Surubim híbrido. Dissertação de mestrado, Dourados, 59pp.

RIBEIRO, RP; SENGIK, E; CIOLA, AL; MOREIRA, HLM; SUSSEL, FR, BENITES, C 2005. Coleta de amostras de sedimentos em viveiros de piscicultura. *Acta Scientiarum Animal Science* 27(3): 399-403.

SALOMONI, SE; ROCHA, O; HERMANY, G; LOBO, EA 2011. Application of WQBI using as bioindicators in the Gravataí river, RS, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 71: 949-959.

SORO N; EDIA, OE; IDRISSE, AC; DRAMANE, D 2018. Effect of fish feeding on the diversity and structure of aquatic macroinvertebrates in fishponds of Blonday (Côte d'Ivoire; West Africa) *Journal of Entomology and Zoology Studies* 6 (2): 1868-1876.

VIANA, AP & FRÉDOU, LF 2014. Ichthyofauna as bioindicator of environmental quality in an industrial district in the amazon estuary, Brazil. *Journal of Fish Biology* 74 (2): 315-324.

VISCARDI, DZ 2011. Macroinvertebrados de viveiros de produção de peixes: Bases ecológicas para o Biomonitoramento. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Grande Dourados. 37 p.

YAPO, ML; TUO, Y; KONE, M; ATSE, B; KOUASSI, P 2017. Can use the Biotic Index as an indication of fish farm pond water quality? *Journal of Advanced Botany and Zoology* 4 (4): 1-7.

YAPO, ML; ATSE, BC; KOUASSI, P 2015. Diversity and community structure of benthic insects in fish farm ponds in Southern Côte d'Ivoire, West Africa. *American Journal of Experimental Agriculture* 5(1), 82-93.

ZACARDI, DM; LIMA, MAS; NASCIMENTO, MM; ZANETTI, CRM 2017. Caracterização socioeconômica e produtiva da aquicultura desenvolvida em Santarém, Pará. *ACTAPESCA* 5: 102-112

Figuras e Tabelas do artigo

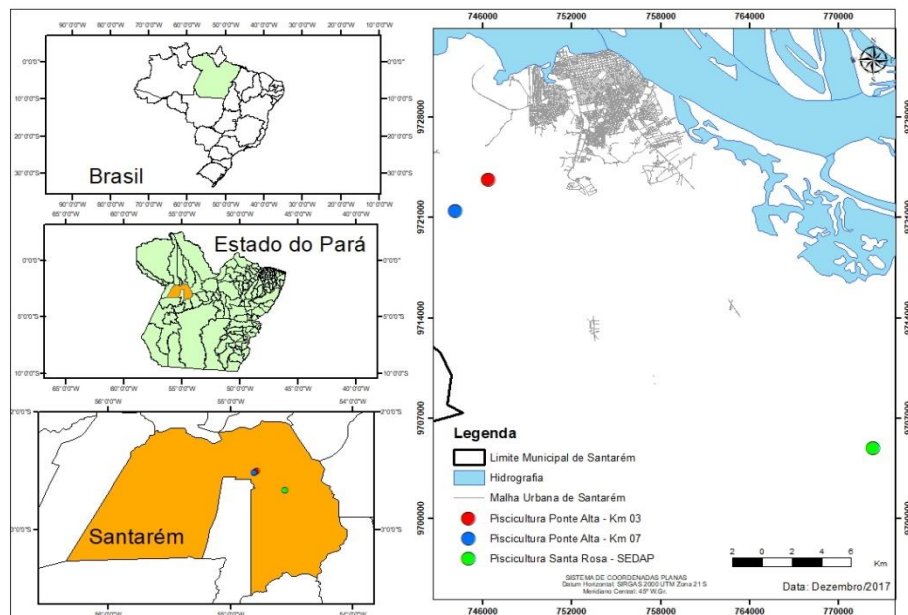


Figura 1. Mapa de localização dos viveiros de peixes utilizados no estudo, em Santarém, Pará.

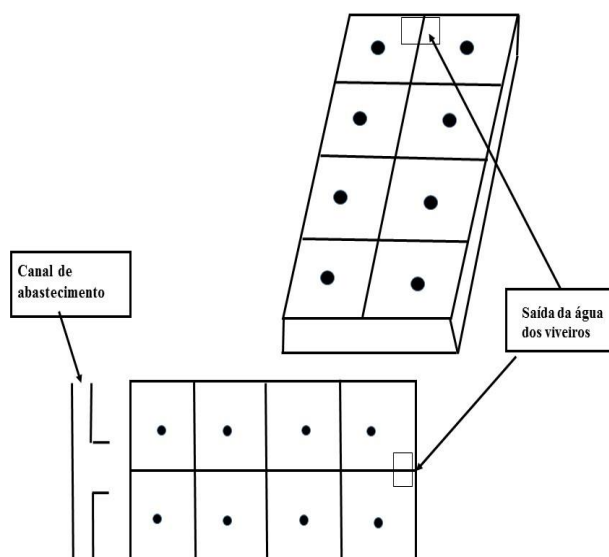


Figura 2. Desenho esquemático do método empregado na coleta de sedimento e divisão do viveiro em oito quadrantes

Tabela I. Valores médios das variáveis abióticas dos viveiros da SEDAP, Ponte Alta km-07 e Ponte Alta km-03, em Santarém, Para.

Viveiros	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	O D (mg/l)	pH	Condutividade (µS/cm)	K (cmolc/dm ³)	Matéria Orgânica (g/kg)	Argila (g/kg)	Areia Total (g/kg)	Silte (g/kg)
V1SEDAP	29,87	37,00	5,57	5,43	14,36	0,03	10,69	425	460	115
V2SEDAP	31,73	33,76	5,51	5,09	12,30	0,05	16,38	410	440	150
V3SEDAP	29,20	7,37	6,10	6,10	18,40	0,05	10,69	393	365	242
V4SEDAP	28,90	4,22	3,97	6,35	19,20	0,02	27,24	485	310	205
V5SEDAP	30,40	34,33	6,60	5,69	13,15	0,02	16,21	337	260	403
V6SEDAP	31,47	29,62	6,58	5,78	13,81	0,03	16,21	488	200	312
V7SEDAP	33,00	38,91	6,32	5,52	13,91	0,02	7,24	456	400	144
V8SEDAP	32,13	31,89	6,43	5,34	16,33	0,02	8,10	431	440	129
V1KM 07	31,27	20,08	4,92	7,17	38,70	0,02	6,03	44	950	6
V2KM07	31,23	14,35	10,31	7,52	36,97	0,02	6,03	35	940	25
V3KM07	31,6	13,59	8,75	7,52	35,47	0,02	5,00	42	945	13
V4KM07	31,17	17,95	7,84	7,47	20,78	0,02	5,17	68	925	7
V5KM07	30,97	20,80	7,65	7,43	39,04	0,02	6,72	109	850	41
V1KM03	28,17	23,30	7,02	7,26	39,07	0,03	21,38	428	305	267
V2KM03	29,97	21,70	1,81	7,36	36,70	0,02	7,59	137	740	123
V3KM03	26,13	23,94	2,06	7,22	20,87	0,05	22,07	452	260	288
V4KM04	27,37	24,23	4,41	7,50	33,90	0,05	15,34	262	560	178

Tabela II. Classificação do solo dos viveiros da SEDAP, Ponte Alta km-07 e Ponte Alta km-03, em Santarém, Para.

Viveiros/pisciculturas	Classificação do solo
V1SEDAP	Argiloarenosa
V2SEDAP	Argila
V3SEDAP	Franco-argilosa
V4SEDAP	Argila
V5SEDAP	Franco-argilosa
V6SEDAP	Argila
V7SEDAP	Argila
V8SEDAP	Argila
V1KM07	Areia
V2KM07	Areia
V3KM07	Areia
V4KM07	Areia
V5KM07	Franco-arenosa
V1km03	Argila
V2km03	Franco-arenosa
V3km03	Argila
V4km03	Franco-argiloarenosa

Tabela III. Macroinvertebrados aquáticos coletados em viveiros (V_i) de pisciculturas da SEDAP (SED), Ponte Alta KM-03 (KM07) e Ponte Alta KM-03 (KM03), em Santarém, Pará.

Táxons	VIVEIROS																
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V4
	SED.	SED.	SED.	SED.	SED.	SED.	SED.	SED.	KM07	KM07	KM07	KM07	KM07	KM03	KM03	KM03	KM03
Ordem Diptera																	
Família Chironomidae																	
<i>Coelotanytus</i>		3	6	14			8		105	106	2	1	33	46	7	3	
<i>Goeldchironomus</i>	23	3	10	12	5					199	102	93	20		5		
Família Ceratopogonidae																	
<i>Stilobezzia</i>				5				3					6				
Família Stratiomyidae																	
<i>Odontomyia</i>															1		
Ordem Ephemeroptera																	
Família Polymitarcyidae																	
<i>Campsurus</i>														1	1	7	22
Ordem Odonata																	
Família Libellulidae																	
<i>Brechmorhoga</i>									17		2						
<i>Perythemis</i>									7								
<i>Macrothemis</i>				2					10	3	4	1					
<i>Orthemis</i>									1		1						
<i>Planiplax</i>									1						1		
Família Gomphidae																	
<i>Aphylla</i>														1			

Tabela IV. Macroinvertebrados aquáticos coletados em viveiros (V_i) de pisciculturas da SEDAP (SED), Ponte Alta KM-03 (KM07) e Ponte Alta KM-03 (KM03), em Santarém, PA.

Continuação

Táxons	VIVEIROS																
	V1 SED.	V2 SED.	V3 SED.	V4 SED.	V5 SED.	V6 SED.	V7 SED.	V8 SED.	V1 KM07	V2 KM07	V3 KM07	V4 KM07	V5 KM07	V1 KM03	V2 KM03	V3 KM03	V4 KM03
Ordem Trichoptera																	
Família Leptoceridae																	
<i>Oecetis</i>																2	
Ordem Hemiptera																	
Família Notonectidae																	
<i>Martarega</i>									1								
<i>Buenoa</i>							1										
Ordem Coleoptera																	
Hydrophilidae																	
<i>Berosus</i>			1							8							
Filo Annelida																	
Classe Oligochaeta	19	4	4		28	14	10	13		1		6					

Tabela V. Descrição da regressão múltipla entre a abundância de macroinvertebrados aquáticos e as variáveis ambientais registradas nos viveiros das três pisciculturas. Em negrito os valores de P obtidos para as variáveis ambientais significativas.

Variáveis ambientais	Coefficiente de (β)	R ²	P
Temperatura	-0,740537	0,882043	0,029294
Turbidez	-0,036279	0,239006	0,735251
Oxigênio dissolvido	0,509843	0,410583	0,004660
Ph	-0,577031	0,923870	0,124988
Condutividade elétrica	0,232814	0,866960	0,378516
Matéria Orgânica	0,048865	0,862266	0,845838
K	-0,406895	0,565106	0,023892
Argila	-0,779708	0,912812	0,041926
Areia total	-0,074886	0,899053	0,798894
Silte	-0,289289	0,873606	0,293413

Tabela VI. Resultado da Análise de Correspondência Canônica (CCA). Os coeficientes foram obtidos usando correlação de Pearson entre as variáveis.

Variáveis	Eixo I (27,9%)	Eixo II (21,5%)
Temperatura	-0.525	-0.447
Turbidez	-0.189	0.497
Oxigênio	-0.264	-0.358
pH	0.578	-0.505
Condutividade	0.551	-0.539
M.O	-0.046	0.515
K	-0.341	0.609
Argila	-0.174	0.620
Areia total	0.245	-0.596
Silte	-0.123	0.627

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Das métricas analisadas a abundancia foi a apresentou relação com as variáveis abióticas.
- A ordem Diptera apresentou maior frequência em quase todos os viveiros coletados, assim constitui um grupo dominante da comunidade de macroinvertebrados aquáticos.
- Os macroinvertebrados podem ser utilizados em viveiros de piscicultura como indicadores biológicos, porém é necessário que estes sejam utilizados em conjunto com as variáveis físicas e químicas da água desses ecossistemas.
- Existem poucos trabalhos relacionados ao uso de macroinvertebrados aquáticos como indicadores biológicos em viveiros de peixes, assim havendo necessidade de pesquisas.