

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - FCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS PESQUEIRAS NOS
TRÓPICOS – PPG - CIPET

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE IGARAPÉS COM CRIAÇÃO DE
MATRINXÃ *Brycon amazonicus* (Spix & Agassiz, 1829) NA ZONA RURAL
DE RIO PRETO DA EVA E MANAUS - AM.**

PAULO ROBERTO DA SILVA TORRES

MANAUS

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - FCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS PESQUEIRAS NOS
TRÓPICOS – PPG - CIPET

PAULO ROBERTO DA SILVA TORRES

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE IGARAPÉS COM CRIAÇÃO DE
MATRINXÃ *Brycon amazonicus* (Spix & Agassiz, 1829) NA ZONA RURAL
DE RIO PRETO DA EVA E MANAUS - AM.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Ciências Pesqueiras nos
Trópicos - CIPET/UFAM, como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre em Ciências
Pesqueiras nos Trópicos, área de concentração:

Uso Sustentável de Recursos Pesqueiros
Tropicais.

ORIENTADORA: Prof.Dra LUCIRENE AGUIAR DE SOUZA

CO-ORIENTADORA: Prof.Dra MARIA ANETE LEITE RUBIM

MANAUS

2017

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE IGARAPÉS COM CRIAÇÃO DE
MATRINXÃ *Brycon amazonicus* (Spix & Agassiz, 1829) NA ZONA RURAL
DE RIO PRETO DA EVA E MANAUS - AM.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências Pesqueiras nos Trópicos - CIPET/UFAM, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Pesqueiras nos Trópicos, área de concentração: Uso Sustentável de Recursos Pesqueiros Tropicais.

Apresentação em 29 de Setembro de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Dra. Lucirene Aguiar de Souza
Universidade Federal do Amazonas

Dra. Tereza Cristina Souza de Oliveira
Universidade Federal do Amazonas

Dra. Thyssia Bomfim Araújo Dairiki
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

T693a Torres, Paulo Roberto da Silva
Avaliação da Qualidade da Água de Igarapés com Criação de Matrinxã (*Brycon amazonicus*) na Zona Rural de Rio Preto da Eva e Manaus. / Paulo Roberto da Silva Torres. 2017
55 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Lucirene Aguiar de Souza
Coorientadora: Maria Anete Leite Rubim
Dissertação (Mestrado em Ciências Pesqueiras nos Trópicos) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Piscicultura. 2. Efluentes. 3. índice de estado trófico. 4. Recurso hídrico. I. Souza, Lucirene Aguiar de II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente agradeço pela vida, por ter me sustentado e ajudado até a conclusão de mais essa etapa.

Ao PPG-CIPET, por ter me proporcionado a oportunidade de dar continuidade aos estudos.

A minha orientadora Dra. Professora Lucirene Aguiar de Souza agradeço primeiramente pela orientação, acreditado no trabalho, pelo incentivo e pela ajuda na construção dessa dissertação.

A minha Co-orientadora Dra. Professora Maria Anete Leite Rubim agradeço pela ajuda com a logística para deslocamento até os produtores e suporte nas análises laboratoriais, bem como os momentos de conversas, conselhos, risadas e ajuda na construção dessa dissertação.

A Banca avaliadora em nome das Dra Lucirene Aguiar de Souza, Dra. Tereza Cristina Souza de Oliveira e Dra. Thyssia Bomfim Araújo Dairiki, pelos apontamentos e contribuições propostas para melhoria deste trabalho.

Ao laboratório de Limnologia em especial dona Zeina Silva e Rita Mileni, pelas palavras, ensinamentos e ajuda no decorrer das análises laboratoriais, pelos momentos de distração.

A Secretaria de Produção Rural do Estado- SEPROR em nome de Tomás Sanches, Marcel, Edson Luniere e Sandra pelo suporte nas visitas aos piscicultores.

Aos colegas Kleyson e Leonardo pela ajuda durante as coletas de dados em campo.

Aos piscicultores e piscicultoras de Manaus e Rio preto da Eva que fizeram parte dessa pesquisa agradeço imensamente.

Aos meus pais, Maria Nelci e Antônio Torres (*In memoriam*), por tudo que representam e fizeram em mais essa etapa de minha vida.

Aos meus irmãos Sâmia e Márcio, de onde tiro a inspiração, agradeço pelo esforço, dedicação, paciência e incentivo.

Aos amigos Carol (mucurinha), Diana, Guilherme, Porfírio e Philip pela ajuda e incentivo do decorrer da caminhada.

Enfim, aos que contribuíram direta e indiretamente para o desenvolvimento dessa pesquisa o meu eterno obrigado!

RESUMO

Analisa pisciculturas implantadas em canais de igarapés na zona rural de Manaus e rio Preto da Eva. No Amazonas essa modalidade tem se destacado como importante atividade econômica, indicada com alternativa promissora para a região. Os módulos de criação são implantados no próprio leito do igarapé ou por derivação (desvio), construídos em áreas de preservação permanente (APPs), revestidos por madeira, pneus, telas e outros materiais como concreto armado e tem como principal espécie a matrinxã. Nas propriedades geralmente, são desenvolvidas outras atividades alheias à piscicultura e todas fazem uso múltiplo da água. Com o intuito de avaliar a qualidade da água com relação às características físicas e químicas da água de igarapés com criação de matrinxã, foi realizado um levantamento limnológico em empreendimentos dessa natureza nos anos de 2012, 2016 e 2017, a montante, jusante e 100 metros a jusante do módulo de criação. As amostras foram encaminhadas ao laboratório de Limnologia onde foram analisadas de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater– APHA (2005). Foram observadas diferenças significativas apenas para a amônia e ortofosfato entre montante e jusante nos módulos de criação. Quanto ao índice de estado trófico, as propriedades monitoradas tiveram suas águas classificadas como oligotrófico, mesotrófico e eutrófico. Apenas valores de fósforo total e oxigênio dissolvido apresentaram em alguns casos desacordo com os limites estabelecidos na legislação. As alterações na qualidade de água são mais perceptíveis em módulos implantados por derivação, por conta do tempo de renovação da água no mesmo. O IET mostrou-se uma ferramenta importante no monitoramento do grau de trofia de igarapés, o que pode indicar a qualidade de água de uso na criação e do efluente que é lançado continuamente. Assim, pode ser um importante instrumento de gestão dos recursos hídricos, de modo a fomentar políticas públicas voltadas para resolução de conflitos pelos múltiplos usos.

Palavras-chave: Piscicultura, efluentes, Índice de estado trófico, recursos hídricos.

ABSTRACT

It analyzed fish farming implanted in streams in the rural area of Manaus and Rio Preto da Eva. In Amazonas this modality has been highlighted as an important economic activity, indicated with a promising alternative for the region. The building modules are deployed in the stream bed itself or by derivation constructed in permanent preservation areas (PPA), coated wood, tires, fabrics and other materials such as reinforced concrete and has as main species matrixã. In the properties are developed other activities unrelated to fish farming and all make multiple use of water. In order to evaluate the quality of the water in relation to the physical and chemical characteristics of the water of streams with fish farming, a limnological survey was carried out on this kind of projects in the years of 2012, 2016 and 2017, upstream, downstream and 100 meters downstream of the creation module. The samples were sent to the Laboratory of Limnology where they were analyzed according to the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater- APHA (2005). Significant differences were observed only for ammonia and orthophosphate between upstream and downstream of the creating modules. The trophic status index in 50% of the monitored properties were classified as oligotrophic, 100% as mesotrophic and 37,5% as eutrophic. Total phosphorus and dissolved oxygen values presented in some cases disagreement with the limits established by law. Changes in water quality are most noticeable in modules deployed by deviation from the runway, by renewal time account of water in it. The EIT has proved to be an important tool in monitoring the degree of trophic of streams used in fish farming, indicating the quality of used water and the effluent that is continuously released. Thus, it can be an important instrument for the management of water resources, in order to promote public policies aimed at resolving conflicts by multiple uses.

Key-words: Fish farming, Effluent, Trophic state index, Water resources.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Mapa de localização dos principais igarapés na área do Tarumã-Açu e Rio Preto da Eva-AM. | 13 |
| Figura 2. Mapa de localização das propriedades com criação do matrinxã em canais de igarapés na área do Tarumã-Açu (BR-174) e Rio Preto da Eva (AM-010), Amazonas. | 14 |
| Figura 3: Propriedades rurais (amostradas) com cultivo de <i>Bryconamazonicus</i> , na zona rural de Manaus e Rio Preto da Eva, AM. | 14 |
| Figura 4. Esquema de amostragem de água de igarapés com criação de peixes indicando os pontos amostrados (montante, jusante e 100m a jusante). | 16 |
| Figura 5. Valores de oxigênio dissolvido obtidos nos três pontos de coleta dos igarapés (montante, jusante e 100 m à jusante) | 22 |
| Figura 6. Valores de temperatura obtidos nos três pontos de coleta dos igarapés (montante, jusante e 100 m à jusante). | 24 |
| Figura 7. Valores de pH obtidos nos três pontos de coleta dos igarapés (montante, jusante e 100 m à jusante). | 27 |
| Figura 8. Valores de CE obtidos nos três pontos de coleta dos igarapés (montante, jusante e 100 m à jusante). | 28 |
| Figura 9. Valores de Sólidos Totais em suspensão obtidos nos três pontos de coleta dos igarapés (montante, jusante e 100 m à jusante)..... | 29 |
| Figura 10. Valores de amônia (NH ₄) obtidos nos três pontos de coleta dos igarapés (montante, jusante e 100 m à jusante). | 31 |
| Figura 11. Valoress de ortofosfato obtidos nos três pontos de coleta dos igarapés (montante, jusante e 100 m à jusante). | 33 |
| Figura 12. Valores de fósforo total obtidos nos três pontos de coleta dos igarapés (montante, jusante e 100 m à jusante). | 35 |
| Figura 13. Índice de Estado Trófico em relação aos três pontos de coleta do igarapé (montante, jusante e 100 m à jusante) das 8 propriedades com cultivo de matrinxã. .. | 36 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Valores limites para lançamento de efluentes de piscicultura no Amazonas. | 17 |
| Tabela 2. Classificação do estado trófico de ambientes lóticos segundo Índice de Carlson modificado. | 19 |
| Tabela 3. Características da criação de matrinxã (<i>Brycon amazonicus</i>) em canais de igarapés e entorno. | 21 |
| Tabela 4. Valores médios, desvio padrão e p-valor das variáveis físicas e químicas a montante, jusante do módulo e 100m a jusante do cultivo em igarapés com piscicultura na zona rural de Manaus e rio Preto da Eva, AM. | 22 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| INTRODUÇÃO | 11 |
| REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 13 |
| OBJETIVO GERAL..... | 19 |
| Objetivos Específicos | 19 |
| MATERIAL E MÉTODOS | 20 |
| Área de estudo..... | 20 |
| Período e Coleta das amostras | 23 |
| Coleta de campo | 24 |
| Metodologias analíticas de variáveis físicas e químicas da água | 25 |
| Oxigênio dissolvido e Temperatura | 25 |
| Condutividade elétrica | 25 |
| Potencial hidrogeniônico – pH | 25 |
| Sólidos Totais | 25 |
| Nitrogênio amoniacal..... | 25 |
| Nitrito..... | 26 |
| Nitrato..... | 26 |
| Ortofosfato e fósforo total | 26 |
| Índice do estado trófico - IET..... | 27 |
| Análise estatística | 29 |
| RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 30 |
| CONCLUSÃO..... | 48 |
| REFERÊNCIAS | 49 |

INTRODUÇÃO

A piscicultura no estado do Amazonas tem se destacado como importante atividade econômica, e dentre as formas de criação, a modalidade de criação de peixes em canais de igarapés tem sido indicada com alternativa promissora para a região. Essa forma de criar peixes em canais de igarapés surgiu como alternativa às populações tradicionais que vivem em áreas rurais, visando suprir a demanda por proteína (pescado) e conseqüentemente complementando a renda familiar, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida dessas famílias (FIM et al., 2009). Dentre as principais espécies que integram a piscicultura na região amazônica, o matrinxã *Brycon amazonicus*, destaca-se como a segunda espécie mais produzida na região, devido suas características de criação, tais como: adaptação às condições específicas dos igarapés, hábito alimentar onívoro, aceitando com facilidade as rações e a inclusão de subprodutos e taxa de crescimento elevada (FIM et al., 2009).

Essa modalidade de criação é realizada em igarapés de terra firme, que após limpeza da área são cercados tanto a montante quanto a jusante utilizando materiais como telas plásticas ou metálicas, pneus, madeira, rip-rap, estruturas de concreto armado e outros disponíveis nas propriedades para a construção, apresentando baixo custo de implantação, maior facilidade no manejo e despesca e manutenção da floresta. Apesar das vantagens apresentadas, existe um receio quanto à expansão da mesma, pois os efluentes não tratados são lançados ou seguem à jusante dos igarapés, que normalmente apresentam baixas concentrações de oxigênio dissolvido, reduzido teor de nutrientes, pH ácido, baixa alcalinidade e dureza (ONO, 2005).

A piscicultura sustentável deve ser produtiva, rentável, distribuir benefícios e renda, gerar empregos na comunidade local, quantificar os valores das externalidades e incluí-los no projeto para posteriormente retorná-lo à comunidade, melhorar a qualidade de vida e respeitar a cultura local (VALENTI, 2011; OTTINGER et al. 2016).

O sucesso da aquicultura nos últimos anos em diversos países se deve ao emprego de tecnologia moderna, ao uso racional da água e a sustentabilidade econômica, não bastando preocupar-se com a intensificação dos sistemas produtivos, mas sim com a sua perpetuação (CREPALDI et al.,

2006). Desta forma, tem-se como objetivo avaliar as possíveis alterações sobre a qualidade da água decorrente da criação do matrinxã em igarapés de terra firme.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Igarapés

O Estado do Amazonas está inserido na Bacia Hidrográfica Amazônica, a maior bacia do mundo, com uma área de drenagem superior a 6.000.000 km². O clima é o equatorial (quente e úmido), com umidade relativa do ar variando de 76 a 89% e temperaturas médias de 22,0 a 31,7°C. Os índices pluviométricos são elevados e variam de aproximadamente 1.700 a 3.200 mm possuindo duas estações bem definidas – o inverno (período das chuvas) e o verão (seca ou período menos chuvoso) (MAIA, 2010). O relevo da região de Manaus e adjacências são sustentados por rochas siliciclásticas das formações Alter do Chão (Cretáceo) e Novo Remanso (Neógeno), recobertas por depósitos fluviais quaternários distribuídos ao longo das calhas dos rios, planícies aluviais e áreas lacustres (SOARES et al., 2016). Os solos nos municípios ocorrem os tipos argissolos e latossolos, indicando solos de reação extremamente a moderadamente ácidos (MAIA, 2010).

Os igarapés de terra-firme nascem nas encostas dos platôs e correm por sobre baixios planos, permitindo que estes não sejam afetados pelas oscilações anuais sofridas pelos grandes rios. Esses corpos d'água reagem fortemente às chuvas locais e, devido a sua pequena área de drenagem, as descargas desses ambientes sofrem pequenas oscilações anuais e são considerados ambientes biologicamente estáveis (FITTKAU, 1964; JUNK & FURCH, 1985; WALKER, 1990). São caracterizados por apresentarem temperatura praticamente constante ao longo do ano, por estarem posicionados dentro da floresta e receberem pouca incidência de radiação solar (FITTKAU, 1964). Suas águas são pobres em íons, apresentam pH ácido, reduzida capacidade de tamponamento, baixa produtividade primária e altas concentrações de matéria orgânica proveniente da entrada de material alóctone (FITTKAU, 1964; SIOLI, 1964; SCHMIDT, 1972). Devido seu pequeno tamanho, os igarapés são considerados ambientes vulneráveis aos impactos antrópicos (JUNK 1983; SIOLI, 1985).

Características gerais - O Matrinxã, *Brycon amazonicus*.

De acordo com (SPIX & AGASSIZ, 1829), a espécie ocupa a seguinte posição sistemática:

Classe: OSTEICHTHYES

Sub-classe: ACTINOPTERYGII

Subordem: OSTARIOPHYSI

Ordem: CHARACIFORMES

Família: CHARACIDAE

Sub-família: BRYCONINAE

Gênero: *Brycon*

Segundo (SANTOS et al., 2009), as principais características do matrinxã são:

Hábito alimentar onívoro consumindo basicamente frutos, sementes, insetos e outros invertebrados; indivíduos jovens e pré-adultos apresentam preferência por peixes e artrópodes, enquanto os adultos preferem frutos e sementes.

No início da enchente realizam migração reprodutiva, quando descem os afluentes para desovar nos rios de água branca; também fazem migração trófica, quando sobe os rios durante a enchente/cheia, para se alimentar na floresta alagada.

Fazem também deslocamentos de dispersão quando deixam as áreas que estão secando e adentram no leito dos rios; os alevinos e jovens são criados nas áreas de várzea no período que vai da enchente até a seca; os adultos e jovens recrutados das áreas de várzea e fazem “arribação”, isto é, dispersam rio acima no período de seca.

A pré-desova, que corresponde à fase de repouso e início da maturação gonadal ocorre enquanto os adultos permanecem no canal dos afluentes durante a seca e o comprimento padrão médio de primeira maturação sexual se dá em torno de 32cm.

Qualidade de água e Índice do Estado Trófico - IET

Sob diferentes sistemas de criação a atividade piscícola pode ser estabelecida, estando sujeito a espécie, mercado e condições da região. Dentre os sistemas de criação adotados destacam-se o extensivo, semi-intensivo, intensivo e superintensivo (RIBEIRO, COSTA, ROSA, 2010). Os principais aspectos do meio ambiente que devem ser considerados na piscicultura são os que podem produzir impactos negativos sobre os ecossistemas, principalmente na qualidade da água, por meio de descartes de efluentes, além dos conflitos entre usuários da água, quando da não regulamentação e administração dos recursos hídricos de forma planejada (ALMEIDA, 2006). Segundo MATOS et al., (2000), os principais impactos ambientais causados pela aquicultura, são os conflitos com o uso dos corpos d'água, a sedimentação e obstrução dos fluxos d'água, a hipernutrição e eutrofização, além da possibilidade de contaminação de peixes e outros organismos do ambiente natural se não houver controle adequado da sanidade.

Os principais contribuintes para alteração da qualidade da água nos ambientes de criação são a ração e fertilizantes aplicados para aumentar a produção, visto que apenas 25 a 30% do fósforo e nitrogênio aplicados são efetivamente transformados em biomassa (BOYD, 2003). O restante, na forma de ração ou excretas, deposita-se no fundo do viveiro, contribuindo para a deterioração da qualidade da água, pelo aumento da carga orgânica e, conseqüentemente, aumento da demanda bioquímica de oxigênio – DBO (BOYD, 1997).

Outra parte do efluente gerado durante o manejo como trocas de água e despesas podem enriquecer os corpos d'água receptores com nutrientes, matéria orgânica e mineral solúvel (SCHWARTZ & BOYD, 1994). A amônia é o principal resíduo nitrogenado excretado pelos organismos aquáticos resultante do metabolismo protéico, contribuindo para o aumento da decomposição microbiana de resíduos orgânicos (CAVERO et al., 2003; KUBITZA, 2003; MACEDO & SIPAÚBA-TAVARES, 2010). Segundo SIPAÚBA-TAVARES (1995), toda forma de fósforo no ecossistema aquático está como fosfato, sendo o ortofosfato o mais comum e a principal forma utilizada pelos vegetais.

O Índice de estado trófico um dos indicadores de qualidade de água tem por intuito classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, analisa a qualidade da água quanto ao excesso e conseqüente enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo de algas ou ao aumento da infestação por plantas aquáticas (ESTEVEES, 1988; CETESB, 2008; ANA, 2016).

Legislação aquícola

No Amazonas, especialmente na região metropolitana com destaque para o Município de Rio Preto da Eva e Manaus, uma nova modalidade de cultivo passou a compor o cenário da piscicultura na região, o cultivo em canais de igarapés. A mesma bem como outras modalidades de cultivo passaram a ser permitida em lei quando o Conselho Estadual de Meio Ambiente do Amazonas (CEMAAM), Estabeleceu normas e procedimentos para regularização ambiental de tanques, viveiros, barragens, pequenos reservatórios, canais de igarapés e tanques rede destinados para a aquícultura no estado do Amazonas. Nela, no primeiro capítulo, artigo 2º são apresentados os termos como: III - Derivação do curso d'água, IV - Pequenos reservatórios, VIII - Sistema de cultivo intensivo e X - Criação em canais de igarapés. No capítulo III, Art. 9º tratam das condicionantes para que o órgão gestor possa autorizar a implantação de cultivos em canais de igarapé desde que obedecidas as seguintes condições: Sejam mantidas a estabilidade das margens do curso do igarapé; regeneração e manutenção da vegetação nativa; vazão mínima de 15 l/seg e biomassa final de 1.000 kg em 100m³, sendo a construção de módulos restrita a no máximo 20% do comprimento do igarapé contido na propriedade, mantendo uma distancia mínima de 50m da extremidade entre propriedades contíguas. Além disso, deveriam manter uma distância mínima entre os módulos de três vezes o tamanho dos módulos à montante; A intervenção em área restrita a 5% no máximo da área de proteção permanente existente na propriedade; As instalações dos módulos deverão garantir a migração natural dos organismos aquáticos.

Posteriormente, a mesma atividade no Amazonas passou a ser regulamentada pela Lei nº. 3.802, de 29 de agosto de 2012. Nela, no art. 4.º, incisos 1º, 2º e 3º são tratadas as novas condicionantes para o cultivo em canais de igarapés, como: vazão mínima de 15 L/s, uma distância mínima de igual tamanho do módulo produtivo a jusante do empreendimento, restringe a execução e operacionalização de sistema com volume superior a 1000m³ (Brasil, 2012).

Ambos instrumentos legais acima, foram revogadas pela Lei nº 4.330 de 30 de maio de 2016, que passou a disciplinar a aquicultura no estado e dá outras providências. No capítulo V e artigo 10º da mesma, estão estabelecidas as novas exigências como vazão mínima de 15 L/s (período de menor contribuição pluviométrica), estabilidade das margens do curso do igarapé, regeneração e a manutenção da vegetação nativa em Área de Preservação Permanente, distância mínima de 25 m da extremidade entre propriedades contíguas e distância mínima de igual tamanho do módulo produtivo à jusante do empreendimento (Brasil, 2016).

Também sofreu alteração a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357, de 17 de março de 2005. Este instrumento legal dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências, incluindo as criações de peixes em corpos de águas. Essa, por meio da resolução nº 410, de 04 de maio de 2009 que prorroga o prazo para complementação das condições e padrões de lançamento de efluentes, previsto no art. 44 da Resolução nº 357, de 17/03/2005, e no art. 3º da Resolução nº 397, de 3 de abril de 2008.

Mais tarde, o CONAMA por meio da resolução de nº 430 de 13 de maio de 2011 que dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, altera parcialmente e complementa a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.

Tabela 1. Valores limites para lançamento de efluentes de piscicultura no Amazonas.

| VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS | Limites-classe II | |
|--|-------------------|----------|
| | 357/2005 | 430/2011 |
| Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹) | 5 | 5 |
| Temperatura (°C) | - | 40 |
| Potencial hidrogeniônico (pH) | 5 a 9 | 5 a 9 |
| Condutividade elétrica (µS/cm ⁻¹) | - | - |
| Sólidos Totais (mg.L ⁻¹) | 500 | 500 |
| Amônia (mg.L ⁻¹) | 2 | 20 |
| Nitrito (mg.L ⁻¹) | 1 | 1 |
| Nitrato (mg.L ⁻¹) | 10 | 10 |
| Ortofosfato (mg.L ⁻¹) | - | - |
| Fósforo Total (mg.L ⁻¹) | 0,1 | 0,1 |

OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência da criação de *Brycon amazonicus* sobre as características físicas e químicas da água em igarapés localizados nos municípios de Manaus e Rio Preto da Eva - AM.

Objetivos Específicos

- Verificar possíveis alterações sobre as características físicas e químicas da água de igarapés nos pontos à montante, jusante e 100m à jusante;
- Classificar as águas de igarapés com influência da piscicultura por meio do índice do Estado Trófico (IET) da água nos pontos à montante, jusante e 100m à jusante.
- Analisar os resultados das características físicas e químicas da água de igarapés com cultivo de acordo com a normatização vigente.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Propriedades ao longo das rodovias BR – 174 (Manaus - Boa Vista) e AM – 010 AM (Manaus-Itacoatiara), nos períodos de Dezembro de 2012; Novembro de 2016 e Abril de 2017 com criação de matrinxã instaladas em canais de igarapés localizados na zona rural dos municípios de rio Preto da Eva e Manaus participaram desse estudo. (Figuras 1 e 2).

Características das unidades amostrais

Os módulos de criação de peixes em canais de igarapés utilizam o matrinxã *Brycon amazonicus* (SPIX & AGASSIZ, 1829). Os módulos são implantados no próprio leito do igarapé ou por derivação (desvio), construídos em APP, revestidos por madeira, pneus, telas e outros materiais como concreto armado. Geralmente, são desenvolvidas outras atividades alheias à piscicultura e todas fazem uso múltiplo da água.

Os empreendimentos estudados apresentarão características distintas quanto ao volume útil de água, arraçoamento, vazão, densidade de estocagem e outros. Fator que também distingue os cultivos é a origem do curso hídrico que abastece os módulos, caso este não possuir nascente no interior da propriedade, poderá carrear materiais particulados e dissolvidos ao longo do seu percurso.

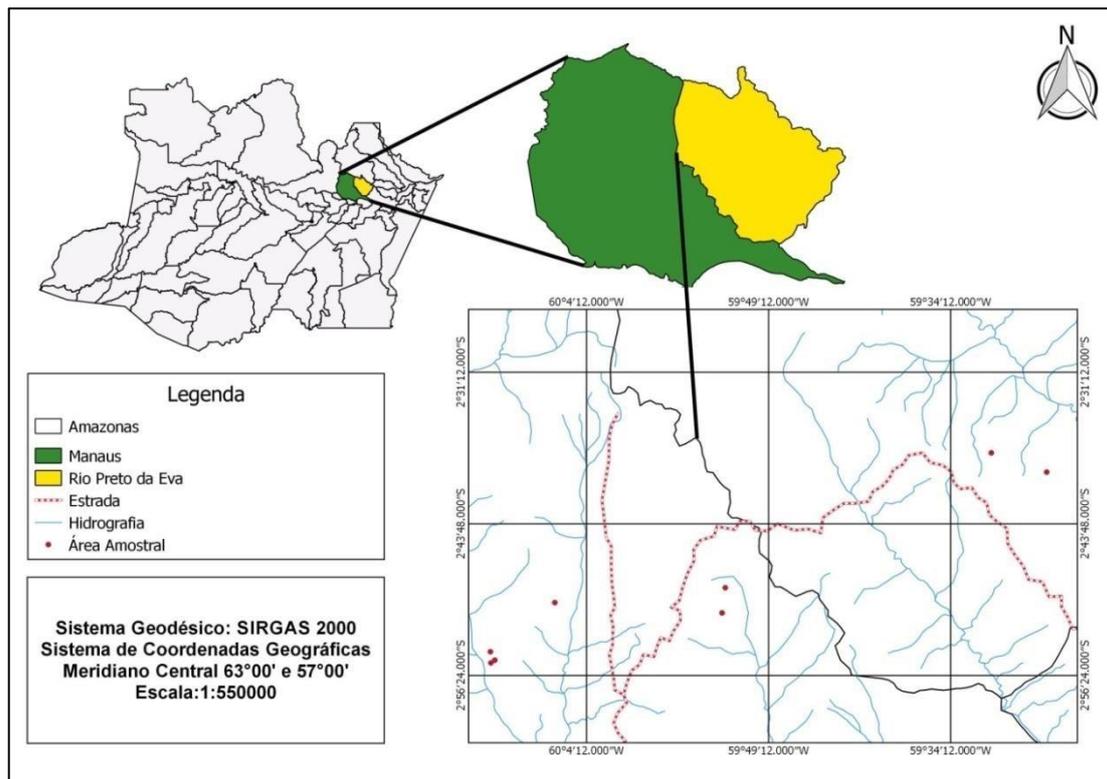


Figura 1. Mapa de localização dos principais igarapés na área do Tarumã Açú e Rio Preto da Eva-AM.

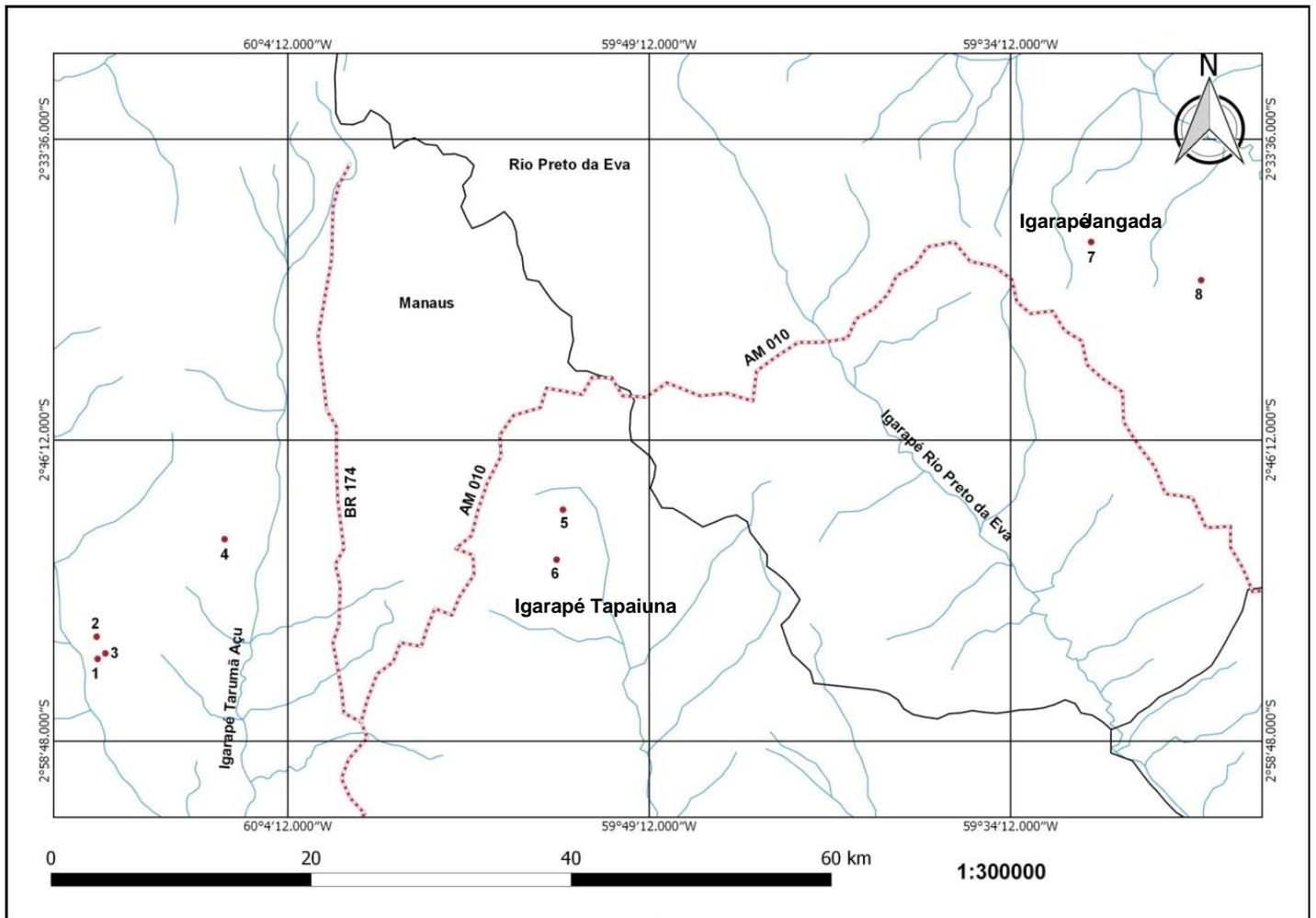


Figura 2. Mapa de localização das propriedades com criação do matrinxã em canais de igarapés na área do Tarumã-Açu (BR-174) e Rio Preto da Eva (AM-010), Amazonas. 14

Período e Coleta das amostras

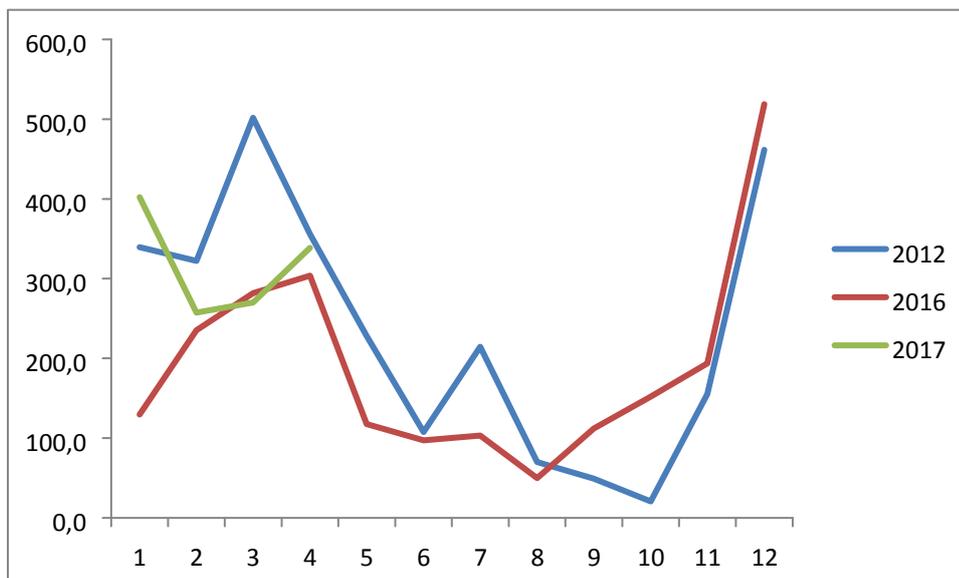


Figura 3. Precipitação em (mm) ao longo dos anos de 2012, 2016 e 2017. Fonte: INMET Manaus e Itacoatiara, AM.

O período de tomada de dados foram nos anos de 2012 (2 propriedades), 2016 (2 propriedades) e 2017 (4 propriedades) figura 3. As aferições e as amostragens de água para análises físicas e químicas foram realizadas (em triplicata no mesmo momento) em distintos pontos Figura 4.

- O primeiro antes do módulo de cultivo (montante – controle – I),
- O segundo à jusante do módulo (II) e,
- O terceiro a 100 metros a jusante do ponto II (III).

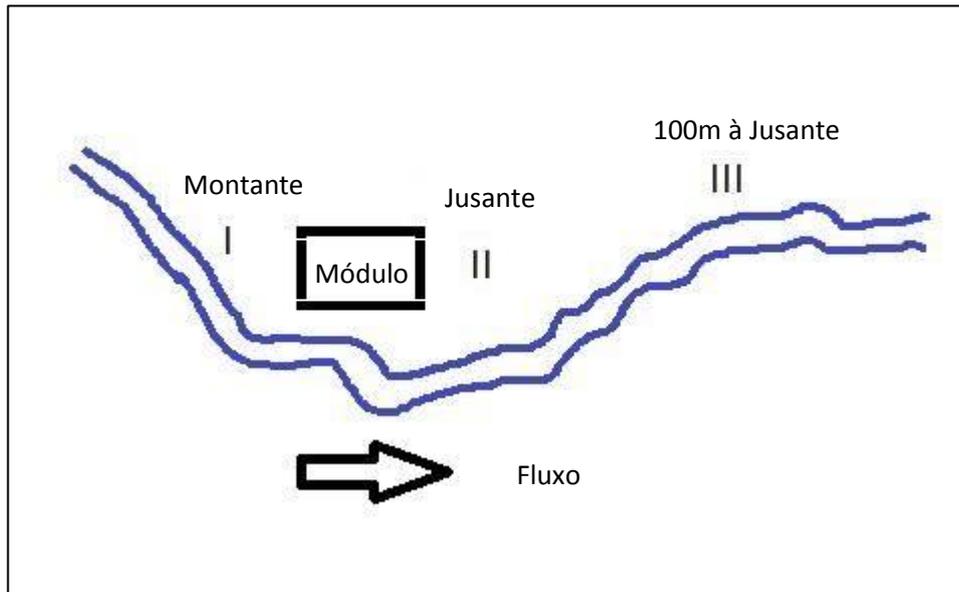


Figura 4. Esquema de amostragem de água de igarapés com criação de peixes indicando os pontos amostrados (montante, jusante e 100m a jusante).

Coleta de campo

Durante as coletas foram obtidos por mensuração e informações junto aos responsáveis pelo cultivo, alguns parâmetros como: o volume útil do módulo de cultivo; vazão que entra no módulo (método flutuador e volumétrico (Fim et al., 2009), quantidade de ração fornecida, vegetação entorno ao módulo, a forma de implantação do módulo de criação (derivação ou leito), ocorrência de outras atividades (Agricultura, Avicultura e outras) bem como as formas de uso do recurso hídrico.

As medidas de oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}), temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$) e condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) foram realizadas *in situ*.

Para as análises do potencial hidrogeniônico (pH), sólidos totais (mg.L^{-1}), nitrogênio amoniacal (mg.L^{-1}), nitrito (mg.L^{-1}), nitrato (mg.L^{-1}), ortofosfato e fósforo total (mg.L^{-1}) as amostras de água foram coletadas usando-se garrafas de polietileno com capacidade de 1000 mililitros.

Todas as amostras foram condicionadas em caixas térmicas e transportadas para o laboratório de Limnologia da Faculdade de Ciências Agrárias - FCA na Universidade Federal do Amazonas - UFAM, onde foram

analisadas de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater– APHA (2005).

Metodologias analíticas de variáveis físicas e químicas da água.

Oxigênio dissolvido e Temperatura

As medidas de oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}) e temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$) foram realizadas utilizando um medidor digital de oxigênio com termômetro acoplado, marca YSI, modelo 550 A OX1/set com compensação automática de pressão e com precisão de 0,1.

Condutividade elétrica

A condutividade elétrica foi medida por meio de um condutímetro digital, marca instrutherm, modelo CG 850 com compensação automática de temperatura para 25°C e precisão de $0,1\mu\text{S.cm}^{-1}$.

Potencial hidrogeniônico – pH

Este foi determinado com medidor pH com sensor modelo/marca F-1100 YSI.

Sólidos Totais

Os sólidos totais foram determinados pela evaporação da água a 104 105°C . Nas águas naturais, os sólidos são constituídos por carbonatos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, fosfatos e outras substâncias.

Nitrogênio amoniacal

A amônia foi analisada utilizando o método de GRASSHOFF (1976). No método em questão a amônia reage com fenol e hipoclorito de sódio em uma

solução alcalina, para formar uma solução azul estável por 3 horas com posterior leitura no espectrofotômetro FEMTO modelo Cirrus 80 MB.

Nitrito

A concentração de nitrito foi determinada pelo método de GOLTERMAN e CLYMO (1971), com posterior leitura em espectrofotômetro FEMTO modelo Cirrus 80 MB.

Nitrato

O teor de nitrato foi determinado pelo método de WOOD et al. (1967). O nitrato foi reduzido a nitrito utilizando para isso uma coluna de amálgama de cádmio coperizado com auxílio do FIA (Análise por Injeção de Fluxo) e quantificado em espectrofotômetro FEMTO, modelo Cirrus 80 MB.

Ortofosfato e fósforo total

As formas de fósforos presentes na água (ortofosfato e fósforo total) foram determinadas pelo método de molibdato de amônio, descrito por STRICKLAND e PEARSONS (1968) e com leitura em espectrofotômetro marca FEMTO, modelo Cirrus 80 MB. O teor de fósforo total foi obtido a partir da digestão pelo método de Valderrama (1981), descrito em STRICKLAND e PEARSONS (1968) com posterior leitura em espectrofotômetro.

Índice do estado trófico - IET

O Índice do Estado Trófico apresentado, é composto pelo Índice do Estado Trófico para o fósforo – IET (PT) e o Índice do Estado Trófico para a clorofila *a* – IET (CL), modificados por LAMPARELLI (2004), sendo estabelecidos para ambientes lóticos, segundo as equações 1 e 2:

$$\text{IET (CL)} = 10 \times (6 - ((-0,7 - 0,6 \times (\ln \text{CL})) / \ln 2)) - 20 \quad (1)$$

$$\text{IET (PT)} = 10 \times (6 - ((0,42 - 0,36 \times (\ln \text{PT})) / \ln 2)) - 20 \quad (2)$$

onde:

PT: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$

1.

CL: concentração de clorofila *a* medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$;

ln: logaritmo natural.

O resultado apresentado nas tabelas do IET foi a média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo total e a clorofila *a*, segundo a equação 3:

$$\text{IET} = [\text{IET (PT)} + \text{IET (CL)}] / 2 \quad (3)$$

Os limites estabelecidos para as diferentes classes de trofia para rios (ambientes lóticos) estão descritos na Tabela 1. Nesse estudo foram utilizados os valores do IET (PT) para estimação do IET da água de igarapés nos pontos I, II e III de cada propriedade estudada.

Tabela 2. Classificação do estado trófico de ambientes lóticos segundo Índice de Carlson modificado.

| Categoria (Estado Trófico) | Ponderação | P-total (mg*m-3) | Clorofila a |
|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|
| Ultraoligotrófico | IET ≤ 47 | P ≤ 13 | CL ≤ 0,74 |
| Oligotrófico | 47 < IET ≤ 52 | 13 < P ≤ 35 | 0,74 < CL ≤ 1,31 |
| Mesotrófico | 52 < IET ≤ 59 | 35 < P ≤ 137 | 1,31 < CL ≤ 2,96 |
| Eutrófico | 59 < IET ≤ 63 | 137 < P ≤ 296 | 2,96 < CL ≤ 4,70 |
| Supereutrófico | 63 < IET ≤ 67 | 296 < P ≤ 640 | 4,70 < CL ≤ 7,46 |
| Hipereutrófico | IET > 67 | 640 < P | 7,46 < CL |

Análise estatística

Foi realizada a estatística descritiva e de medidas de tendência central das variáveis de qualidade de água nos pontos de coleta.

Para verificar a normalidade do conjunto de dados foi aplicado o teste de Shapiro-wilk ao nível de 5% de probabilidade.

As variáveis físicas e químicas nos pontos de coleta foram comparadas por meio do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (H). Posteriormente comparadas pelo teste post-hoc (Fisher LSD), ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados dos testes de Kruskal-Wallis das variáveis físicas e químicas: oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), pH, condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$), sólidos totais em suspensão (mg.L^{-1}), nitrito (mg.L^{-1}), nitrato (mg.L^{-1}) e fósforo total (mg.L^{-1}), embora apresentem variações espaciais nos valores, mostrou não existir diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade entre os pontos amostrais, exceto para os valores de p da amônia (mg.L^{-1}) e ortofosfato (mg.L^{-1}) em destaque (Tabela 4). O teste pos-hoc indicou diferenças significativas entre montante e jusante para amônia ($p=0,03$) e ortofosfato ($p=0,04$). Dados mais detalhados sobre as variáveis de cada propriedade podem ser observados no anexo ao final deste trabalho.

Tabela 3. Características da criação de matrinxã (*Brycon amazonicus*) em canais de igarapés e entorno.

| Características do ambiente de criação | Propriedades | | | | | | | |
|--|--------------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Volume do módulo (m^3) | 64,00 | 1375,00 | 404,00 | 100,00 | 120,00 | 128,00 | 110,00 | 544,00 |
| Número de peixes | 1984,00 | 9625,00 | 1050,00 | 1200,00 | 1044,00 | 512,00 | 1760,00 | 5440,00 |
| Taxa de arraçoamento (%) | 8,0 | 0,8 | 0,1 | 1,5 | 1,2 | 0,5 | 0,8 | 0,3 |
| Massa média (Kg) | 0,03 | 0,32 | 1,25 | 0,30 | 0,50 | 1,30 | 0,35 | 0,90 |
| Densidade de estocagem (Kg/m^3) | 0,93 | 2,24 | 3,25 | 3,60 | 4,35 | 5,20 | 5,60 | 9,00 |
| Biomassa (kg) | 59,52 | 3080,00 | 1312,50 | 360,00 | 522,00 | 665,60 | 616,00 | 4896,00 |
| Vazão (L.s^{-1}) | 4,00 | 64,00 | 2,30 | 7,00 | 25,00 | 194,00 | 8,00 | 98,00 |
| Vegetação marginal | 1 | 2 | 2 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 |
| Implantação do módulo | D | D | D | L | L | L | D | D |
| Outras atividades | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Usos múltiplos da água | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

0=não, 1=sim, 2=parcial D=derivação, L=leito

Tabela 4. Valores médios, desvio padrão e p-valor das variáveis físicas e químicas a montante, jusante do módulo e 100m a jusante do cultivo em igarapés com piscicultura na zona rural de Manaus e rio Preto da Eva, AM.

| VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS | Local | | | P |
|---|--------------|--------------|----------------|-------------|
| | Montante | Jusante | 100m a Jusante | |
| Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹) | 5,40 ± 0,80 | 4,40 ± 1,60 | 5,50 ± 1,10 | 0,56 |
| Temperatura (°C) | 27,10 ± 1,40 | 27,40 ± 1,60 | 28,1 ± 0,60 | 0,56 |
| Potencial hidrogeniônico (pH) | 4,90 ± 0,40 | 5,00 ± 0,40 | 5,0 ± 0,50 | 0,85 |
| Condutividade elétrica (µS.cm ⁻¹) | 6,60 ± 1,30 | 6,80 ± 1,20 | 7,2 ± 1,50 | 0,21 |
| Sólidos Totais (mg.L ⁻¹) | 8,70 ± 6,60 | 11,80 ± 8,20 | 12,7 ± 7,00 | 0,29 |
| Amônia (mg.L ⁻¹) | 0,03 ± 0,02 | 0,15 ± 0,16 | 0,08 ± 0,09 | 0,01 |
| Nitrito (mg.L ⁻¹) | 0,01 ± 0,01 | 0,01 ± 0,01 | 0,02 ± 0,01 | 0,21 |
| Nitrato (mg.L ⁻¹) | 0,34 ± 0,30 | 0,27 ± 0,18 | 0,30 ± 0,07 | 1,00 |
| Ortofosfato (mg.L ⁻¹) | 0,03 ± 0,01 | 0,08 ± 0,06 | 0,05 ± 0,05 | 0,03 |
| Fósforo Total (mg.L ⁻¹) | 0,05 ± 0,02 | 0,10 ± 0,07 | 0,09 ± 0,06 | 0,21 |

Oxigênio dissolvido

A concentração de oxigênio dissolvido (OD) na água de igarapés à montante dos módulos de cultivo foi em média $5,39 \pm 0,78$ mg.L⁻¹, à jusante logo após o módulo houve uma redução para $4,43 \pm 1,63$ mg.L⁻¹ e após 100 metros à jusante, $5,50 \pm 1,11$ mg.L⁻¹ (Figura 5). Os valores apresentaram pouca variação entre os pontos amostrais, porém esta diferença quando analisada a luz do teste Kruskal-Wallis não se apresentou significativa (Tabela 4). Essas alterações são mais perceptíveis em níveis de produção elevadas de piscicultura, onde a combinação de fatores tanto ambientais quanto de manejo

podem refletir na má qualidade da água em empreendimentos aquícolas (BOYD, 2003).

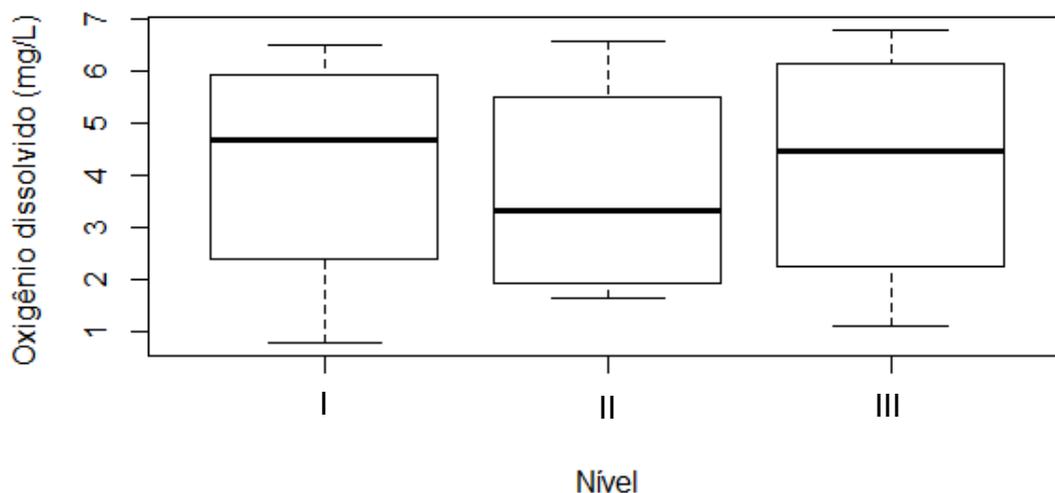


Figura 1. Valores de oxigênio dissolvido obtidos nos três pontos de coleta dos igarapés (montante - I, jusante - II e 100 m à jusante - III).

Variações nas concentrações de oxigênio dissolvido em igarapés situados na área urbana e rural de Manaus foram observados por outros autores. MELO et al., (2005) encontraram concentrações variando de 0,00 a 7,28 mg.L^{-1} e SANTOS et al., (2015) 0,43 a 8,71 mg.L^{-1} . Estes estudos revelaram uma relação entre baixas concentrações de oxigênio dissolvido em igarapés antropizados, enquanto que maiores valores foram encontrados em igarapés mais preservados. Em estudos realizados em igarapés de áreas de reservas florestais MENDONÇA et al. (2005), encontrou 7,70 mg.L^{-1} , ANJOS (2005), entre 4,90 a 7,12 mg.L^{-1} , CARVALHO (2008) entre 4,20 e 7,80 mg.L^{-1} , corroborando que, em ambientes preservados, este pode estar mais disponível.

Fatores de manejo que podem influenciar na disponibilidade desse gás, foram observados por MAEDA et al., (2006). Os autores verificaram o efeito da densidade de estocagem de tilápia nilótica em sistema *raceway*, com valor de 1,5 mg.L^{-1} para altas densidades, fato também encontrado por OLIVEIRA et al., (2007), que encontraram 1,7 mg.L^{-1} em cultivos com altas densidades de tambaqui em tanques de alvenaria com baixo fluxo de água. Os autores

verificaram uma redução nos valores de OD com o aumento da densidade de estocagem, provavelmente em virtude do incremento da biomassa e fornecimento de ração, que geram maior consumo de oxigênio devido a maior decomposição de matéria orgânica oriundo da excreção e sobras de ração. Neste estudo, as propriedades com maiores densidades de estocagem também apresentaram as menores concentrações de OD e, este só aumentou a jusante, quando houve aporte de afluentes contribuintes o que ocasionou um aumento da vazão. A construção de rampas e quedas em desnível a jusante do cultivo também pode gerar maior difusão do oxigênio na água (WALTRICK, 2007).

Observando o disposto nas Resoluções do Conselho Nacional de meio Ambiente – (CONAMA) 357/2005 e 430/2011, que tratam da classificação dos corpos d'água e padrões de lançamento de efluentes respectivamente, para águas de classe 2, apenas 50% das propriedades apresentaram valores de acordo com os padrões estabelecidos, (não inferiores a $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$). No trabalho de SILVA (2014), as concentrações de oxigênio dissolvido (OD) no efluente tiveram uma variação de 1,7 a 10 mg.L^{-1} . No estudo de COSTA (2014) os teores variaram de 0,95 a $7,5 \text{ mg.L}^{-1}$. Valores semelhantes ocorreram no estudo de PAIVA (2014) que encontrou nos efluentes de piscicultura no Município de JiParaná/RO, valores entre 0,5 a $7,55 \text{ mg.L}^{-1}$. Mesmo em 100 metros à jusante do cultivo foi possível detectar baixos níveis de oxigênio dissolvido, em relação ao limite estabelecido. Para JANZEN et al., (2008) quando o oxigênio dissolvido presente na água se apresenta abaixo do aceitável pela legislação, isso pode afetar saúde do sistema aquático e impedir o uso da água para diferentes fins. Como estes valores não foram estatisticamente diferentes entre antes e depois do empreendimento compreende-se que estas resoluções se encontram muitas vezes inadequadas para análise das características da qualidade de água de igarapés da região.

Temperatura da água

A temperatura média da água à montante dos igarapés foi de $27,14 \pm 1,41^\circ\text{C}$, a jusante dos módulos de $27,4 \pm 1,65^\circ\text{C}$ e em cem metros a jusante do cultivo $28,02 \pm 0,61^\circ\text{C}$ (Figura 6).

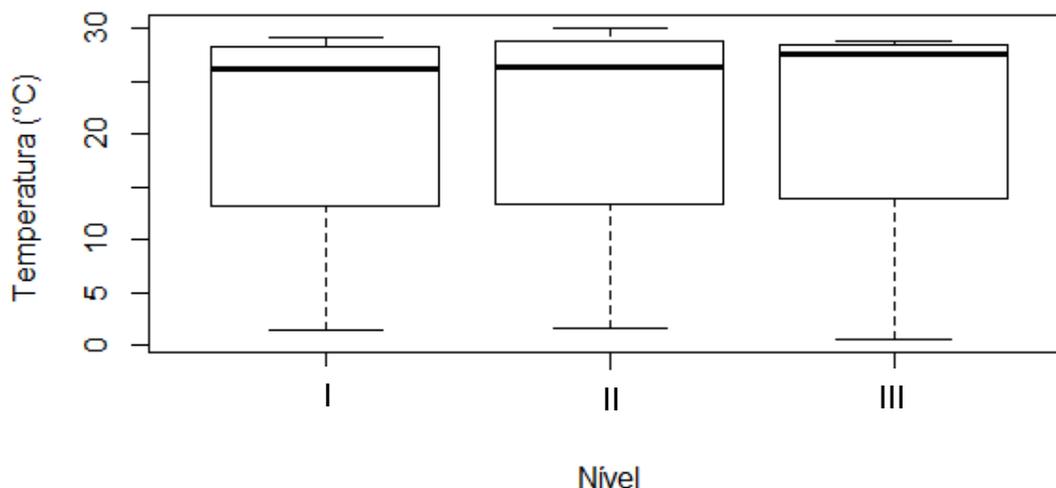


Figura 2. Valores de temperatura obtidos nos três pontos de coleta dos igarapés (montante - I, jusante - II e 100 m à jusante -III).

De um modo geral, os resultados estão condizentes com a amplitude observada em igarapés situados na área urbana e rural de Manaus, como os observados por MELO et al., (2005), que encontrou valores de $23,1$ a $33,0^\circ\text{C}$; ANJOS (2005) e DOS ANJOS (2007), que observaram em média de $25,2^\circ\text{C}$, e $26,9^\circ\text{C}$, respectivamente; CARVALHO (2008) que encontrou valores $24,3$ a $28,1^\circ\text{C}$. Já em ambiente de cultivo de peixes, MAEDA et al., (2006), encontraram variações entre $26,3$ a $29,4^\circ\text{C}$; OLIVEIRA et al., (2007) verificaram valores entre $24,0$ a $31,0^\circ\text{C}$; Já WALTRICK (2007) observou temperaturas de $25,0$ a $29,0^\circ\text{C}$; LIMA et al., (2008) encontrou valores da ordem de $29,0$ a $30,0^\circ\text{C}$; e por último SILVA et al., (2013), estas variaram entre $28,0$ a $31,7^\circ\text{C}$.

A retirada da cobertura vegetal tem causado aumento significativo da degradação de ambientes aquáticos, com prejuízos à hidrologia e à biodiversidade (BUENO; GALBIATTI; BORGES, 2005), causando: elevação da temperatura, erosão, modificações no solo e variação na disponibilidade de

nutrientes (CERRI et al., 2001), sedimentos e quantidade de matéria orgânica nos sistemas aquáticos (BARROS et al., 2011). A supressão da vegetação das áreas de drenagens, em decorrência dos diferentes usos do solo, aumenta as chances de alterações nas características físico-químicas da água (AGUIAR et al., 2015). Esses resultados corroboram com VALENTE et al., (1997), no qual a temperatura da água está diretamente relacionada com a cobertura vegetal sendo que ambientes mais sombreados, como igarapés e nascentes, tendem a apresentar temperaturas inferiores quando comparado aos grandes rios, lagos ou reservatórios, no qual grande parte da superfície da água está exposta à radiação solar. Isso pode explicar a elevação nos valores de temperatura nos pontos a jusante da propriedade 1, 2 e em cem metros a jusante da piscicultura na propriedade 5, locais com maior incidência solar devido a pouca vegetação ciliar (Figura 6, anexo II). Apesar disso, os valores de temperatura da água não apresentaram diferenças estatísticas entre os pontos de coleta testados ($P < 0,05$), e todos os valores obtidos estavam de acordo com o estabelecido na resolução 430/2011 do CONAMA, que é de 40 °C para lançamento de efluentes nas águas de classe 2.

Potencial hidrogeniônico

A avaliação das variáveis pH, bem como de nitrogênio, fósforo e demanda química de oxigênio pode indicar perda de qualidade d'água causando problemas de eutrofização, comprometendo a saúde humana e os organismos aquáticos (XAVIER et al., 2005; BARROS et al., 2011). Os valores de pH indicaram características de águas ácidas com variação de 4,15 a 5,8 (Figura 7). Os resultados obtidos nesse estudo foram semelhantes aos encontrados por MENDONÇA et al., (2005), ANJOS (2005), CARVALHO (2008) e DIAS (2008), os quais obtiveram valores característicos de águas ácidas com pH variando de 3,7 a 5,2, em igarapés de áreas sem influência de empreendimentos aquícolas. Valores de pH superiores aos observados no presente estudo foram encontrados por BUTZEK (2013), que avaliando a qualidade da água do igarapé Pintado em Ji-Paraná/RO encontraram variação de 6,0 a 8,0. O mesmo foi observado por SILVA, (2014) em um estudo sobre

avaliação de efluentes de uma represa. O autor verificou que nas amostras de água coletadas os valores de pH não demonstraram estar muito afastados da neutralidade, mantendo uma média geral de 7,49. BRITO (2006), encontrou no lago Catalão da Amazônia Central valores entre 5,8 a 7,5.

Outros estudos em águas de igarapés da zona urbana e rural de Manaus desenvolvidos por MELO et al., (2005), DOS ANJOS (2007) e SANTOS et al., (2015) apontaram uma amplitude nos valores de pH das águas oscilando de 3,2 a 7,2. Segundo os autores, essa elevação nos valores de pH, é um reflexo do lançamento de efluentes domésticos nos igarapés.

Em situação de criação foram observados valores superiores, entre 6,5 a 8,0, nos estudos realizados por MAEDA et al., (2006) em tanques cilíndricos de polietileno (*raceway*), OLIVEIRA et al., (2007) em tanques de alvenaria com baixo fluxo, LIMA et al., (2008) em canais de irrigação e SILVA et al., (2013) em canais de abastecimento. Já WALTRICK (2007), em canais de igarapés com criação, encontrou valores inferiores aos registrados nesse estudo para o pH. A autora verificou também que no período chuvoso, as águas dos igarapés avaliados apresentaram-se mais ácidas e que quando a vazão do igarapé estava menor, houve influência da piscicultura, observada pela queda do pH. O que discorda dos resultados obtidos neste trabalho no qual o pH não apresentou diferenças estatísticas ($P < 0,05$) entre montante, jusante e a 100m a jusante, demonstrando que não há impactos significativos sobre o pH da água do igarapé. Além disso, os valores de pH na água dos igarapés com cultivo estavam todos de acordo com o estabelecido na resolução 430/2011 do CONAMA, que é de 5 a 9 para lançamento de efluentes.

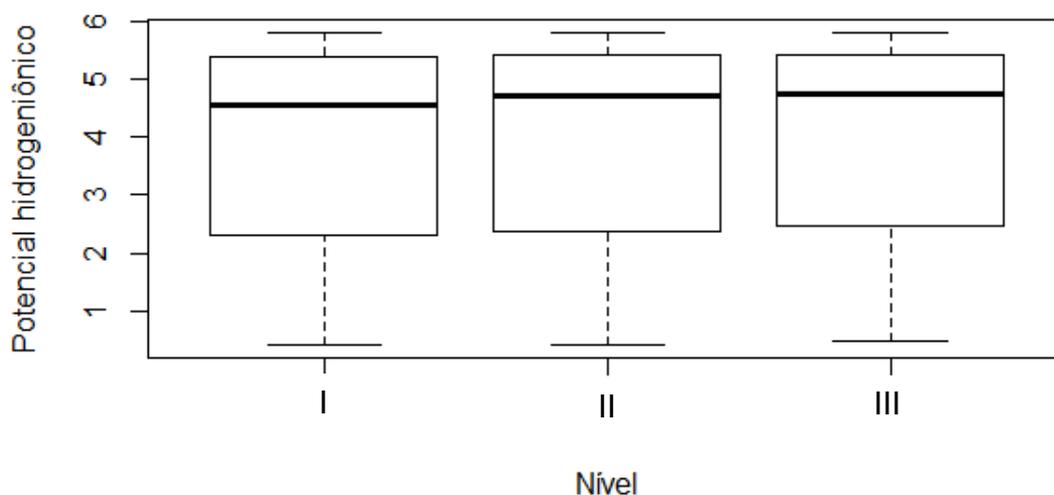


Figura 7. Valores de pH obtidos nos três pontos de coleta dos igarapés (montante - I, jusante - II e 100 m à jusante - III).

Condutividade elétrica

Os valores de condutividade elétrica (CE) a montante do módulo de cultivo foram em média $6,85 \pm 2,20 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, a jusante do módulo de criação $6,78 \pm 1,30 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e em cem metros do cultivo $7,16 \pm 1,53 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (Figura 8). Valores de condutividade abaixo do encontrado nesse estudo foram obtidos por MENDONÇA et al., (2005) em igarapé na Reserva Adolpho Ducke de $3,7 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$; por MELO et al., (2005), $6,5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$; por WALTRICK (2007) $6,4 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$; e por SANTOS et al., (2015), $5,3 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Valores acima dos mencionados foram encontrados pelos mesmos autores, variando entre $16,49$ a $267 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. De acordo com os autores, essa elevação nos valores de CE pode demonstrar uma grande influência antrópica sobre o corpo hídrico se comparados a ambientes preservados. Em ambiente de criação LIMA et al., (2008), encontraram valores bem abaixo dos obtidos nesse estudo entre $0,16$ a $0,05 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Essa redução nos valores foi atribuída à renovação de água durante a vazão e bombeamento de água para a irrigação. Já SILVA et al., (2013), encontraram resultados de $0,07$ a $106 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, e consideram que apesar de elevados os valores mantiveram-se dentro dos limites previstos em ambientes aquícolas. De acordo com ITUASSU et al., (2004), OLIVEIRA et al., (2010), o aumento nos valores de CE, pode estar associada ao aumento da matéria orgânica na água, oriunda das excretas dos peixes e resto de ração não consumida, contribuindo para o acúmulo de íons no ambiente de cultivo, bem como o tempo de renovação da água no sistema. O mesmo não foi observado pelo presente trabalho onde os valores de condutividade elétrica não apresentaram diferenças estatísticas entre os locais amostrados ($P < 0,05$).

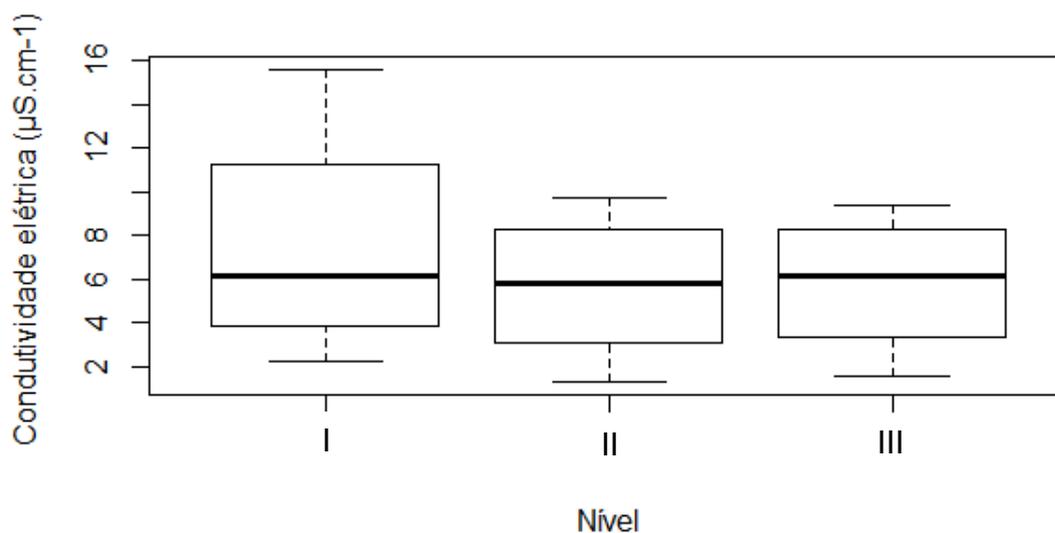


Figura 3. Valores de CE obtidos nos três pontos de coleta dos igarapés (montante - I, jusante - II e 100 m à jusante - III).

Sólidos Totais

Os sólidos totais na água à montante dos módulos de cultivo foi em média $9,88 \pm 9,35 \text{ mg.L}^{-1}$, à jusante $11,84 \pm 8,17 \text{ mg.L}^{-1}$ e em cem metros a jusante $14,0 \pm 9,89 \text{ mg.L}^{-1}$ Figura 9. Os igarapés se caracterizam por serem ambientes com baixa carga de material particulado e dissolvido, a exemplo daqueles encontrados por MENDONÇA et al., (2005), em igarapés localizados em área de reserva, cujo valor médio foi de $5,6 \text{ mg.L}^{-1}$. Já em ambiente aquícola, é esperado uma elevação nesses valores, como demonstrado por OLIVEIRA et al., (2010) que encontraram efluentes de piscicultura em tanques valores entre $17,9$ a $24,08 \text{ mg.L}^{-1}$. Essa elevação nos valores de sólidos corresponde às partículas de ração não consumidas, fezes ou matéria inorgânica em suspensão na coluna d'água (PROENÇA & BITTECOURT, 1994). Apesar de haver clara distinção entre os valores dos estudos de igarapés com e sem empreendimento de cultivo acima citados, os valores de sólidos totais em suspensão neste estudo não apresentaram diferenças estatísticas ($P < 0,05$).

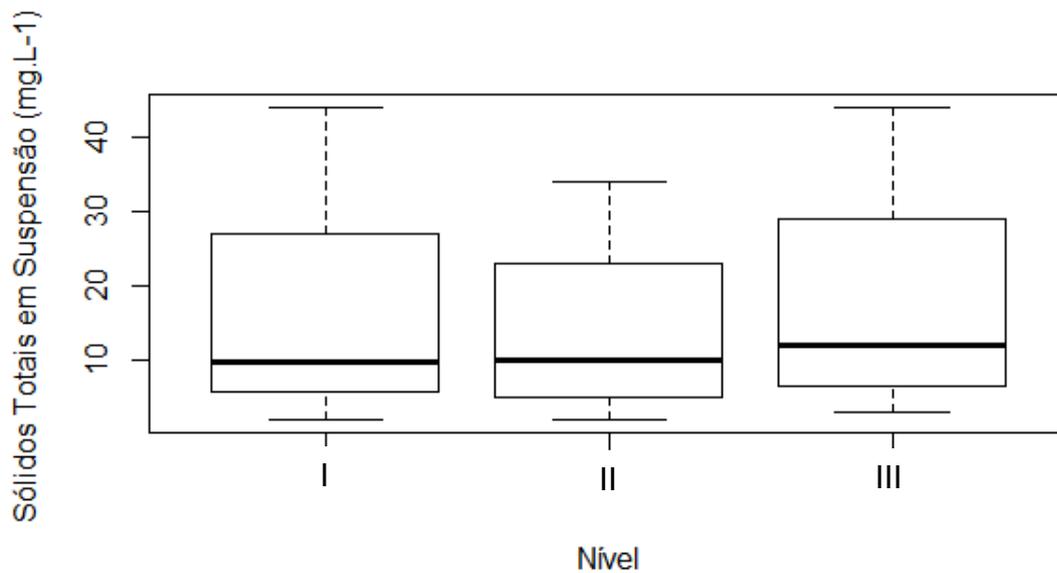


Figura 4. Valores de Sólidos Totais em suspensão obtidos nos três pontos de coleta dos igarapés (montante - I, jusante - II e 100 m à jusante - III).

Formas nitrogenadas

Dentre as formas de nitrogênio presente na água (amônia, nitrito e nitrato), merece atenção a grande variação de amônia dentro do mesmo ponto amostral, a montante (0,02 a 0,32 mg.L⁻¹), jusante após o módulo (0,01 a 0,46 mg.L⁻¹) e cem metros a jusante (0,01 a 0,27 mg.L⁻¹). A média dos três pontos amostrados 0,03 mg.L⁻¹, 0,15 mg.L⁻¹ e 0,08 mg.L⁻¹ respectivamente, apresentou diferença significativa entre os locais testados ($P=0,01$), Figura 10.

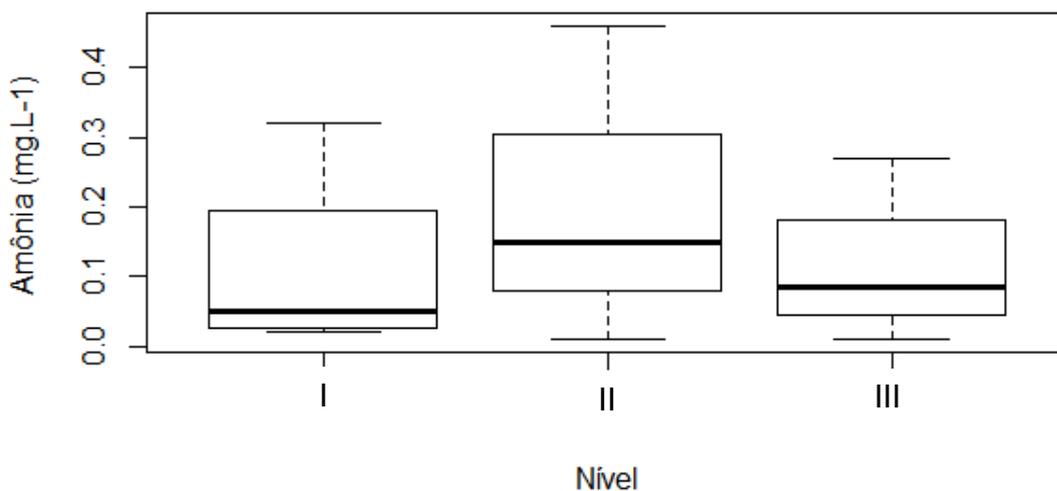


Figura 10. Valores de amônia (NH₄) obtidos nos três pontos de coleta dos igarapés (montante - I, jusante - II e 100 m à jusante - III).

Os valores de amônia refletem o estado trófico dos corpos hídricos. Em estudos realizados em igarapés preservados os valores foram de: 0,02 mg.L⁻¹ (DOS ANJOS, 2007); 0,04 mg.L⁻¹ (LOPES et al., 2008); 0,01 mg.L⁻¹ (GUARIDO, 2014), valores que demonstram ainda um estado de integridade desses ambientes. Os mesmos autores também encontraram valores bem acima dos encontrados nesse estudo, em igarapés alterados como o Mindú e Educandos, ambientes receptores de efluentes domésticos e industriais, com variação entre 1,82 e 5,25 mg.L⁻¹.

Em ambiente de criação, ITUASSÚ (2004) encontrou valores de amônia de 0,64 mg.L⁻¹ em cultivo de tabaqui. MAEDA et al., (2006), em experimento com tilápias em *raceway*, encontraram valores baixos, de 0,004 mg.L⁻¹. Por outro lado, WALTRICK (2007), analisando a qualidade da água na criação de matrinxã em canais de igarapés de terra firme, obteve valores máximos de 0,73 mg.L⁻¹, porém com o uso de densidades superior a 65 (peixes.m⁻³) e vazões baixas (1,6 L.s⁻¹).

Nesse estudo, os níveis de amônia mostraram maior variação nos cultivos realizados em módulos instalados por derivação com exceção da propriedade 7. Os maiores valores de amônia foram encontrados a jusante do módulo de cultivo da propriedade 4 (0,46 mg.L⁻¹). Essa amplitude nos valores de amônia nos cultivos dos igarapés pode estar ligada a fatores como: a forma de implantação dos módulos (nesse caso, por derivação); o uso de altas densidades de peixes estocadas 30 (peixes.m⁻³); fornecimento de elevadas quantidades de ração e baixas vazões (4 Litros.s⁻¹) no abastecimento dos módulos de cultivo, que por sua vez está relacionada com o tempo de renovação de água no módulo de criação (BOYD, 2003; SILVA et al., 2013) Tabela 3. Em cem metros à jusante do cultivo, os níveis de amônia retornaram a valores próximos aos registrados à montante, exceto a propriedade 5 (a que

possui a maior biomassa) que apresentou elevados níveis de amônia $0,27 \text{ mg.L}^{-1}$. Nesse ponto, podemos observar que além dos fatores descritos anteriormente, o que pode ter contribuído para diluição desses compostos nitrogenados no ambiente é o encontro de cursos d'água com vazões superiores àquelas registradas no abastecimento dos módulos de cultivo, seja ele realizado no leito ou por derivação.

Neste trabalho, dentre os compostos de Nitrogênio, houve um aumento significativo apenas nos valores de amônia entre os locais testados ($P = 0,01$). Para nitrito e nitrato os valores pouco variaram, onde os maiores valores observados foram $0,05$ e $1,37 \text{ mg.L}^{-1}$, respectivamente. Os valores de amônia, nitrito e nitrato na água de igarapés com cultivo estavam todos de acordo com o estabelecido nas resoluções 357/2005 e 430/2011 do CONAMA para águas de classe 2 ($2,0; 20,0 \text{ mg.L}^{-1}$) com relação ao lançamento de efluentes.

Formas de fósforo

Neste estudo, o ortofosfato no ponto a montante apresentou valores entre $0,00$ e $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$, com média de $0,03 \pm 0,02 \text{ mg.L}^{-1}$. No ponto a jusante do módulo esses valores variaram entre $0,02$ e $0,17 \text{ mg.L}^{-1}$, com média de $0,08 \pm 0,06 \text{ mg.L}^{-1}$, e no ponto à cem metros jusante da área de criação os valores foram entre $0,01$ e $0,16 \text{ mg.L}^{-1}$, com média de $0,05 \pm 0,04 \text{ mg.L}^{-1}$. Estatisticamente, constatou-se diferenças ($P < 0,05$) entre o ortofosfato da água nos pontos a montante e jusante do módulo de criação.

Os níveis de fósforo total da água no ponto a montante apresentou valores entre $0,03$ e $0,11 \text{ mg.L}^{-1}$, com média de $0,05 \pm 0,02 \text{ mg.L}^{-1}$, no ponto a jusante do módulo esses valores variaram entre $0,03$ e $0,22 \text{ mg.L}^{-1}$, com média de $0,10 \pm 0,07 \text{ mg.L}^{-1}$, e no ponto à cem metros jusante da área de cultivo o fósforo total apresentou valores entre $0,03$ e $0,21 \text{ mg.L}^{-1}$, com média de $0,09 \pm 0,06 \text{ mg.L}^{-1}$ Figura 11. Não se constatou diferenças ($P < 0,05$) entre o fósforo total na água dos igarapés nos pontos analisados Tabela 4.

Os menores valores de ortofosfato e fósforo total da água ocorreram no ponto a montante do módulo de cultivo e os maiores valores no ponto a jusante do módulo. Mesmo a montante do módulo (um ponto sem influência de cultivo)

foi possível detectar níveis de fósforo superior ao encontrado por (EMBRAPA, 2002), em águas não submetidas a processos de poluição (0,00 a 0,02 mg.L⁻¹). BARROS et al., (2011), verificou que em igarapés que sofreram algum processo de antropização as concentrações médias de fósforo foram de 0,20 e 0,16 mg.L⁻¹, o que indica um ambiente eutrofizado, concordando com os resultados desse estudo observados a jusante do módulo de cultivo. O mesmo foi observado por GUARIDO (2014), que avaliando a influência da degradação ambiental sobre as estratégias de vida das espécies nativas de peixes na ocorrência de espécies não nativas em pequenos igarapés de Manaus, verificou que nos igarapés pertencentes à bacia do Mindú e Tarumã, próximos a residências, sofrem uma grande pressão de urbanização e se mostraram muito alterados, com água mal cheirosa, canal assoreado e vegetação ripária arbustiva, apresentando os maiores valores de fósforo (0,168 mg.L⁻¹). Os valores observados por esses autores são maiores do que os encontrados neste estudo, no entanto as atividades existentes nesses ambientes compreendem a atividades não aquícolas, como a agricultura e o despejo de esgoto doméstico. Por outro lado, GUARIDO (2014), verificou também que o igarapé dentro do fragmento florestal da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), foi considerado um igarapé com características ambientais preservadas, por possuir vegetação ripária pristina, canal bem delimitado e água transparente, e apresentou os menores valores para o fósforo (0,003 mg.L⁻¹), indicando que a pressão de antropização nesse igarapé ainda é mínima, estando esse valor abaixo do encontrado no presente trabalho.

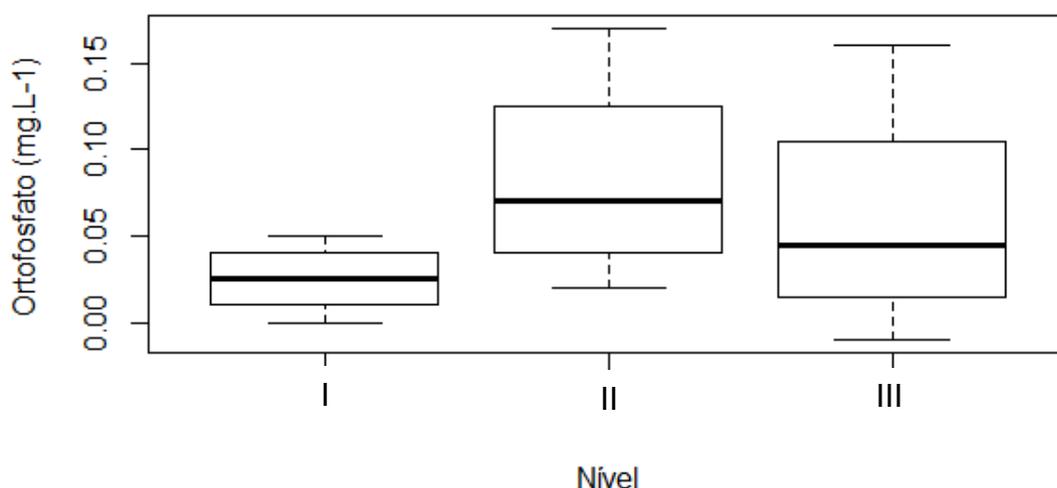


Figura 5. Valores de ortofosfato obtidos nos três pontos de coleta dos igarapés (montante - I, jusante - II e 100 m à jusante - III).

Em ambientes de produção aquícola é inevitável o acúmulo de resíduos orgânicos e metabólicos nos tanques e viveiros MACEDO & SIPAÚBATAVARES, (2010). O volume de fezes excretado pela população de peixes é uma das principais fontes de resíduos orgânicos em sistemas aquícolas CYRINO et al., (2010). A digestibilidade da matéria seca das rações varia em torno de 70 a 75%, isto significa que 25 a 30% do alimento fornecido entram nos sistema aquaculturais como material fecal (KUBITZA, 1998). Resultados inferiores ao desse estudo foram encontrados por Oliveira et al (2010), que após 30, 60, 90 e 120 dias de cultivo, avaliaram as variáveis físico-químicas da água na criação da tilápia-do-nilo no sistema *Raceway* encontrando baixo valor de fósforo na água ($0,0015 \text{ mg.L}^{-1}$). Segundo o autor, o aumento da vazão de abastecimento pode ter evitado o aumento gradativo e, até mesmo, diminuído as concentrações de ortofosfato, em virtude da diminuição do tempo de residência da água. O mesmo foi observado nas propriedades avaliadas nesse trabalho, provavelmente em virtude da influência de elevada vazão a jusante do módulo de cultivo tanto nas propriedades com prática da criação realizadas por derivação, como nas que cultivam no próprio leito do igarapé.

No estudo de AGUIAR et al., (2015), houve aumento nas concentrações de fósforo durante o período de chuvas, provavelmente pelo carreamento destes pela ação erosiva do solo, facilitado pela maior vazão superficial da água. MACIEL et al., (2016) analisando o efluente de piscicultura também apontam que parâmetros de qualidade da água avaliados são influenciados pelo regime de chuvas. Esse autor verificou que nos meses de maior precipitação, muitos dos parâmetros avaliados estiveram de acordo com a Resolução nº 357/2005 do CONAMA, com exceção do fósforo total, turbidez e dos sólidos totais em suspensão nos tanques de cultivo. Isso mostra que alguns valores encontrados no presente estudo podem ter apresentado valores alterados em virtude da sazonalidade, uma vez que esse parâmetro não foi

testado, não permitindo inferir que os valores não diferem de uma estação para outra (inverno e verão).

Para algumas propriedades os valores de fósforo total a jusante do módulo de cultivo foram superior ao limite estabelecido na resolução 430/2011 do CONAMA para águas de classe 2 ($0,10 \text{ mg.L}^{-1}$), com relação ao lançamento de efluentes. Os níveis de fósforo no efluente da propriedade 5 não mostrou capacidade de diluição da carga mesmo em cem metros a jusante do cultivo.

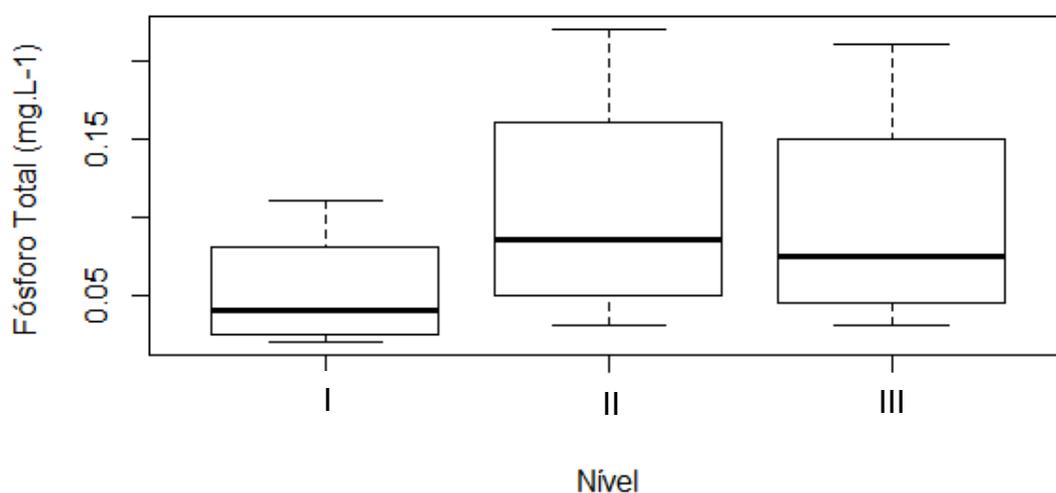


Figura 12. Valores de fósforo total obtidos nos três pontos de coleta dos igarapés (montante - I, jusante - II e 100 m à jusante - III).

Índice de Estado Trófico - IET

As concentrações de fósforo definem o potencial de eutrofização do ambiente aquático (LAL; STEWART, 1994), no qual este pode estar sendo incrementado no ambiente de acordo com várias contribuições das atividades desenvolvidas ao longo dos igarapés (BARROS et al., 2011). Assim, o IET permite avaliar os impactos das diversas ações antrópicas da área analisada (AGUIAR et al, 2015). Em termos gerais, verificou-se, pelos valores de IET, que os níveis tróficos dos igarapés se encontram em níveis iniciais até os níveis médios de desenvolvimento, uma vez que os valores foram intermediários. Na

maioria dos igarapés analisados, os valores de IET a montante, jusante e em cem metros a jusante do cultivo, apresentaram-se dentro do intervalo entre 52 e 59, sendo classificados como ambiente mesotrófico. Apenas três propriedades nos pontos a jusante tiveram suas águas classificadas como eutróficas, (valores de IET entre 59 e 63) Figura 13.

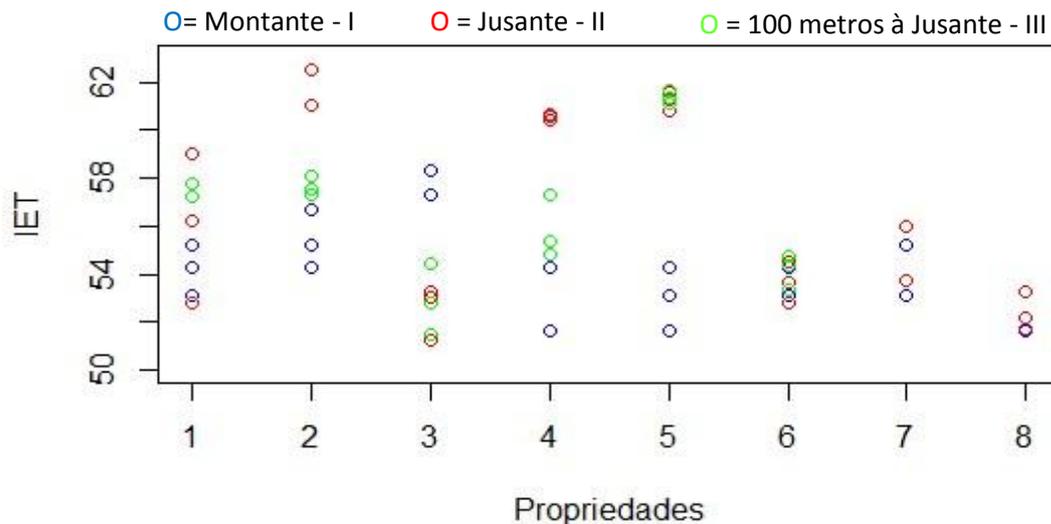


Figura 13. Índice de Estado Trófico em relação aos três pontos de coleta do igarapé (montante, jusante e 100 m à jusante) das 8 propriedades com cultivo de matrinxã.

BUZELLI & CUNHA-SANTINO (2013), avaliando as águas do reservatório de Barra Bonita em São Paulo, encontraram resultados superiores ao desse estudo, com valores de IET superior a 67, sendo assim classificado como hipereutrófico, ou seja, o corpo hídrico apresentou o mais elevado grau de trofia, influenciando dessa forma na redução da qualidade de suas águas tanto para o consumo humano, quanto para a conservação da biodiversidade local. Por sua vez, ANDRIETTI et al., (2016), estudando as águas do rio Caiabi, Mato Grosso obteve resultados inferiores aos obtido nesse estudo (valores de IET < 47), classificando o ambiente como ultraoligotrófico, para o qual verificaram que o nível trófico do rio Caiabi se encontra muito abaixo de uma faixa de risco e comprometimento em curto prazo.

De acordo com CUNHA et al., (2008), a eutrofização em ambientes lóticos seria incomum, devido as características próprias desse sistema, tais como o turbilhonamento, baixo tempo de residência e transporte contínuo da comunidade fitoplanctônica, porém o mesmo não foi observado para todos os igarapés analisados nesse estudo pelo menos a jusante dos empreendimentos. AFFONSO et al., (2011) encontraram valores de IET variando entre 32,5 e 75,5 no Lago Grande de Curuaí (Pará), valores esses inferiores e superiores, respectivamente, aos valores encontrados nesse estudo em igarapés com cultivo de peixes. Embora os autores afirmem que as formas fosfatadas que integram o cálculo podem contribuir para um incremento indevido do resultado, pois ocorre um aumento incompatível com a real resposta biológica associada, representada pelo crescimento fitoplanctônico, os resultados desse estudo mostram o inverso, por se tratar de ambientes de cultivo onde são mantidas elevadas biomassa e fornecimento de ração ao longo do cultivo. Também, Segundo AGUIAR et al, (2015) as alterações da qualidade da água são influenciadas naturalmente pela totalidade das áreas de captação, pela dinâmica das bacias em relação ao ciclo hidrológico, envolvendo também a precipitação, infiltração e escoamento, o que pode ter contribuído para o resultado do estado trófico dos igarapés.

Legislação

Apesar dessa diferença significativa encontrada pela análise estatística acima para amônia e ortofosfato, quando comparado os valores encontrados com aqueles apontados pela legislação como limites, verifica-se que a temperatura, pH, sólidos totais, amônia, nitrito e nitrato, se encontram com valores abaixo do padrão esperado para lançamento de efluentes, com exceção do oxigênio e fósforo total. Esses dois parâmetros apresentaram valores em desacordo com aqueles descritos pela resolução CONAMA (2005 e 2011). Dessa forma, a água dos igarapés dos cultivos, tanto a montante quanto a jusante, estão quase em sua totalidade, de acordo com a legislação vigente. Resultados semelhantes foram encontrados por OLIVEIRA (2014) o qual avaliando o efluente de uma piscicultura, obteve valores de temperatura, pH,

oxigênio dissolvido, turbidez e nitrogênio amoniacal dentro dos padrões estabelecidos em lei. Porém, nesse mesmo estudo, o autor encontrou que no efluente, o teor de fósforo encontrava-se acima dos valores recomendados e daqueles verificados dentro do empreendimento.

BARROS et al., (2011), avaliando os igarapés Tamarupá e Piarara em Cacoal – RO, relacionados a vários uso do solo no que diz respeito ao pH, nitrato e nitrogênio amoniacal, verificou que as amostras se enquadraram dentro do estabelecido pela Resolução nº 357/2005 do Conama, confirmando com os resultados obtidos nesse estudo. O mesmo foi observado em estudos de AGUIAR et al, (2015) sobre igarapés submetidos a ação antrópica, no qual observou que a maioria dos igarapés não ultrapassaram o valor máximo estabelecido pela Resolução acima (CONAMA, 2005).

De acordo com os estudos feitos por WALTRICK, (2007), avaliando igarapés influenciados pela criação de matrinxã e por peixes ornamentais em Manaus, a piscicultura pode prejudicar o ambiente influenciando no transcurso do igarapé. Os resultados desse estudo demonstram que provavelmente há grandes semelhanças entre os sistemas de igarapés com pisciculturas e outros igarapés da região sem empreendimento. Isso pode ser avaliado, tomando como base os estudos de FITTKAU (1964) e SIOLI (1964), com igarapés não impactados; e o encontrado por WALTRICK, (2007) em igarapés com cultivo de peixes. As poucas mudanças nas características químicas e físico-químicas da água da atividade de criação de matrinxã causam apenas alterações pontuais que não desabonam a atividade como um todo (WALTRICK, 2007).

CONCLUSÃO

Para as condições encontradas e observadas nesse estudo, a criação de matrinxã ocasionou alterações pontuais na qualidade da água dos igarapés, refletidas nas concentrações de nitrogênio amoniacal e ortofosfato a jusante do cultivo. Essas alterações são mais perceptíveis em módulos implantados por derivação do curso d'água; uso de altas densidades de estocagem e baixas vazões no abastecimento dos módulos produtivos. Dessa forma fica evidente que tanto fatores ambientais, quanto de manejo podem ser responsáveis pela qualidade do efluente a jusante.

O índice de estado trófico (IET) indicou águas com características de ambientes oligotróficos, mesotróficos e eutrófico a montante e jusante do módulo, respectivamente. Assim o IET mostrou-se uma ferramenta importante no monitoramento do grau de trofia de igarapés, o que pode indicar a qualidade de água de uso no cultivo e do efluente que é lançado continuamente. Assim, pode ser um importante instrumento de gestão dos recursos hídricos, de modo a fomentar políticas públicas voltadas para resolução de conflitos pelos múltiplos usos.

Alguns dos parâmetros descritos nas normatizações que tratam da classificação, bem como dos padrões de lançamento de efluentes provenientes de ambientes de cultivo de peixes em corpos hídricos na região, devem atentarse para as particularidades dessa modalidade de cultivo, bem como propor para esse tipo de modalidade, parâmetros mais próximos da realidade como os observados em diversos estudos para região. De forma a assegurar o uso múltiplo desse recurso para as populações que vivem nessas áreas e utilizam dessas águas.

Estudos das variáveis estudadas ao longo do ciclo de cultivo são necessários de forma avaliar o incremento de biomassa ou (CS) e aporte de nutrientes nesse tipo de cultivo, bem como verificar a influência da sazonalidade sobre as mesmas, visando formular e modelar a produção de alimentos ambientalmente corretos para as condições de cultivo na região.

REFERÊNCIAS

AFFONSO, A. G.; BARBOSA, C.; NOVO, E. M. L. M. 2011. Water quality changes in floodplain lakes due to the Amazon River flood pulse: Lago Grande de Curuaí (Pará). **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 71, n. 3, p. 601610, Aug. 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). 2016. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-estado-trofico.aspx>>. Acesso em: 17 jul. 2016.

AGUIAR, C. P. O. et al. Nível de trofia em microbacias hidrográficas sob diferentes usos de solo, na região amazônica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 20, n. 4, p. 1093-1102, Out./Dez. 2015.

ALMEIDA, J. R. **Gestão Ambiental para o Desenvolvimento Sustentável**. Ed. Thex. Rio de Janeiro, 2006.

ANDRIETTI, G. et al. 2016. Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v. 11, n. 1, p. 162-175, Jan./Mar. 2016.

ANJOS, M. B. **Estrutura de comunidades de peixes de igarapés de terra firme na Amazônia Central**: composição, distribuição e características tróficas. 2005. 68 f. Dissertação (Mestrado em Biologia de água doce e pesca interior)- Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Manaus, 2005.

BARROS, Y. J. et al. Influência de diferentes usos e ocupações do solo na qualidade da água dos igarapés Piarara e Tamarupá, em Cacoal-RO. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, [S.l.], v. 53, n. 1, p. 102-107, Jan./Jun. 2011.

BOYD, C. E. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm – level. **Aquaculture**, [S.l.], v. 226, p. 101 -112, 2003.

BRITO, J. G. Influencia do pulso de inundação sobre variáveis limnológicas de um lago de várzea da Amazônia Central, lago Catalão. 2006. 212 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas)-Programa integrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais- Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia- INPA e Universidade Federal do Amazonas- UFAM, Manaus, 2006.

BUENO, L. F.; GALBIATTI, J. A.; BORGES, M. J. Monitoramento de variáveis de qualidade da água do Horto Ouro Verde – Conchal – SP. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 742-748, Set./Dez. 2005.

BUTZKE, K. **Avaliação limnológica de um igarapé impactado pela urbanização da cidade de Ji-Paraná (Rondônia)**. 2013. 84 f. Trabalho de

Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental)-Departamento de Engenharia Ambiental-Fundação Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2013.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP). **Revista Ambiente & Água- An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 186-205, 2013.

CARVALHO, L. N. **História natural de peixes de igarapés amazônicos:** utilizando a abordagem do conceito do rio contínuo. 2008. 142 f. Tese (Doutorado em Biologia) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Manaus, 2008.

CAVERO, B. A. S. et al. Efeito da densidade de estocagem na homogeneidade do crescimento de juvenis de pirarucu em ambiente confinado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 103-107, Jan. 2003.

CERRI, C.E.P. et al. Gis Erosion risk assessment of the Piracicaba River basin in Southeastern Brazil. **Journal Mapping Sciences and Remote Sensing**, [S.l.], v. 38, n. 3, p. 157-171, May. 2001.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Índices de qualidade das águas 2008**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/documentos/indices/01.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2016.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama>>. Acesso em: 04 set. 2016.

_____. **Resolução 430**, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, alterando parcialmente e complementando a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama>>. Acesso em: 04 set. 2016.

COSTA, R. L. **Análise dos parâmetros limnológicos e da comunidade fitoplanctônica dos viveiros da Piscicultura Santa Helena, Alvorada D' Oeste, RO**. 2014. 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Pesca)-Departamento de Engenharia de Pesca- Fundação Universidade Federal de Rondônia -UNIR, Presidente Médici, 2014.

CREPALDI, D. V. et al. Sistemas de produção na piscicultura. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 30, n.3/4, p. 86-99. Jul./Dez. 2006.

CUNHA, D. G. F.; FALCO, P. B.; CALIJURI, M. C. Densidade fitoplanctônica e estado trófico dos rios Canha e Pariquera-Açu, bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape, SP, Brasil. **Revista Ambiente&Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v. 3, n. 2, p. 90-105, 2008.

CYRINO, J.E.P. et al. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, p.68-87, Jul. 2010. **Suplemento especial**.

DIAS, M. S. Influência do manejo florestal de baixo impacto na comunidade de peixes em riachos de terra-firme. 2008. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas)-Programa integrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia- INPA e Universidade Federal do Amazonas- UFAM, Manaus, 2008.

DOS ANJOS, H. D. B. Efeitos da fragmentação florestal sobre as assembleias de peixes de igarapés da zona urbana de Manaus, Amazonas. 2007. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas)-Programa integrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia- INPA e Universidade Federal do Amazonas- UFAM, Manaus, 2007.

EATON, A. D. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 6. Ed. Estados Unidos: American Public Health Association, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Indicadores da qualidade da água**. 2002. Disponível em: <<http://www.embrapa.com.br>>. Acesso em: 28 out. 2016.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FIM, J. D. I. et al. **Manual de criação de matrinxã (*Brycon amazonicus*) em canais de igarapés**. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2009.

FITTKAU, E. J. Remarks on Limnology of Central Amazon Rain-forest Stream. **Verh. Internat. Verein. Limnol**, [S.l.], v. 15, p. 1092-1096, 1964.

GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S. **Methods for Chemical Analysis of Fresh Water**. Oxford: Blackwell Scientific Publication, 1971.

GRASSHOFF, K. **Methods of seawater analysis**. New York: Verlag Chemie, 1976.

GUARIDO, P. C. P. Degradação ambiental e presença de espécies de peixes não nativas em pequenos igarapés de terra firme de Manaus, Amazonas. 2014. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas)- Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia- INPA, Manaus, 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). 2017. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 17 Jun. 2017.

ITUASSÚ, D. R. et al. Desenvolvimento de tabaqui submetido a períodos de privação alimentar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 12, p. 1199-1203, Dez. 2004.

JANZEN, J. G.; SCHULZ, H. E.; LAMON, A. W. Medidas da concentração de oxigênio dissolvido na superfície da água. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.l.], v. 13, n. 3, p. 278-283. Jul./Set. 2008.

KUBITZA, F. A. Evolução da tilapicultura no Brasil: produção e mercados. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 76, p. 25-35, 2003.

_____. Qualidade da água na produção de peixes – Parte II. **Panorama da Aquicultura**, [S.l.], v. 8, n. 47, p. 34-43, Mai./Jun. 1998.

LAL, R.; STEWART, B. A. Soil process and water quality: advances in soil science. In: LAL, R.; STEWART, B. A. (EdS.). **Soil process and water quality: advances in soil science**. Boca Raton: Lewis Pub, 1994. p. 1-6.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. 2004. 235 f. Tese (Doutorado em Ciências na área de Ecossistemas Terrestres e Aquáticos)- Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo- USP, São Paulo, 2004.

LIMA, C. B. et al. Qualidade da água em canais de irrigação com cultivo intensivo de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 4, p. 531-539, Out./Dez. 2008.

LOPES, M. J. N. et al. Avaliação preliminar da qualidade da água de bacias hidrográficas de Manaus utilizando macroinvertebrados como bioindicadores. **SaBios: Revista de Saúde e Biologia**, [S.l.], v. 3, n. 2, p. 1-9, Jul./Dez. 2008.

MACEDO, C. F.; SIPAUBA-TAVARES, L. H. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. **Bol. Inst. Pesca**, São Paulo, v. 36, n. 2, p. 149-163, 2010.

MACIEL, P. et al. **Caracterização sanitária em cultivos de tabaqui no Estado do Amazonas-polo de produção de Rio Preto da Eva**. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2016.

MAEDA, H. et al. Efeitos da densidade de estocagem na segunda alevinagem de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) em sistema raceway. **Ciência Animal Brasileira**, [S.l.], v. 7, n. 3, p. 265-272, Jul./Set. 2006.

MAIA, M. A. M. **Geodiversidade do estado do Amazonas**. Manaus : CPRM, 2010.

MELO, E. G. F.; SILVA, M. S. R.; MIRANDA, S. A. F. Influência Antrópica Sobre Águas De Igarapés Na Cidade De Manaus – Am. **Instituto de Geografia**, Manaus, v. 7, n. 18, p. 73-79, Jun. 2006.

MENDONÇA, F. P.; MAGNUSSON, W. E.; ZUANON, J. Relationships between habitat characteristics and fish assemblages in small streams of Central Amazonia. **Copeia**, [S.l.], n. 4, p. 751–764, 2005.

OLIVEIRA, M. B. N. **Avaliação do efluente de uma estação de piscicultura no Distrito Federal**. 2014. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Gestão Ambiental)- Faculdade UNB Planaltina, Universidade de Brasília, Planaltina, 2014.

OLIVEIRA, R. P. C. et al. Variáveis hidrológicas físico-químicas na criação da tilápia-do-nilo no sistema Raceway. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 11, n. 3, p. 482-487, Jul./Set. 2010.

_____. et al. Efeitos da densidade de estocagem sobre a qualidade da água na criação do tambaqui (*Colossomamacropomum*, Cuvier, 1818) durante a segunda alevinagem, em tanques fertilizados. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 8, n. 4, p. 705-711, Out./Dez. 2007.

ONO, E. A. Cultivar peixes na Amazônia: possibilidade ou utopia? **Panorama da Aquicultura**, [S.l.], v. 15, p. 41-48, 2005.

OTTINGER, M.; CLAUSS, K. C.; CLAUDIA KUENZER. Aquiculture: Relevance, distribution, impacts and spatial assessments -A review. **Ocean&Coastal Management**, [S.l.], n. 119, p. 244-266, 2016.

PAIVA, M.C. **Análise da qualidade da água de um sistema de piscicultura: estudo de caso no município de Ji-Paraná / RO – Brasil**. 2014. 89 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental)- Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR, JiParaná, 2014.

PROENÇA, E. C. M.; BITTENCOURT, P. R. L. **Manual de piscicultura tropical**. Brasília: IBAMA, 1994.

SANTOS, K. S. et al. Índice de qualidade da água de igarapés da Bacia do Tarumã-Açu, Manaus/Am. In: XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. 21., 2015, Brasília. **Anais eletrônicos...** Brasília, 2015. Disponível em: www.evolvedoc.com.br/sbrh/detalhes-333_indice-de-qualidade-da-aguade-igarapes-da-bacia-do-taruma-acu-manausam. Acesso em: 02 Nov. 2017.

SILVA, A. D. R. et al. Cultivo de tambaqui em canais de abastecimento sob diferentes densidades de peixes. **Acta Amazônica**, [S.l.], v. 43, n. 4, p. 517 – 524, 2013.

SILVA, S. M. **Avaliação limnológica da represa e efluente da base de piscicultura Carlos Eduardo Matiazze**. 2014. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Pesca)- Departamento de Engenharia de Pesca, Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR, Presidente Médici, 2014.

SIOLI, H. General Features of the limnology of Amazonia. **Verh.Internat. Verein.Limnol**, [S.I.], v. 15, n. 2, p. 1053-1058, 1964.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Limnologia aplicada à aquicultura**. Jaboticabal: Funep,1994.

____.; MORAES, M. A. G.; BRAGA, F. M. S. Dynamics of some limnological characteristics in pacu (*Piaractusmesopotamicus*) culture tanks as function of handling.**Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v.59, n.4, p. 543-551, Nov. 1999.

SOARES, E. A. A.; WAHNFRIED, I. ; DINO, R. Estratigrafia de subsuperfície da sequência sedimentar cretáceaneógena das regiões de Manaus e Itacoatiara, Amazônia Central. **Geologia USP**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 23-41, Mar. 2016.

STRICKLAND, J. D. H.; PEARSONS, T. R. **A practical Handbook of Seawater Analysis**. 1. ed. Canada: Bull Fish, 1968.

VALDERRAMA, J. C. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorous in natural waters.**Marine Chemistry**, [S.I.], v. 10, p. 109-122. 1981.

VALENTE, J.P.S.; PADILHA, P.M.; SILVA, A. M. N. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu-SP. **Eclética Química**, São Paulo, v. 22, p. 49-66, 1997.

VALENTI, W.C.; KIMPARA, J. M.; PRETO, B. L. Measuring Aquaculture Sustainability.**World Aquaculture**, [S.I.], v. 42, n. 3, p. 26-30, 2011.

WALTRICK, V. P. Avaliação ambiental de igarapés influenciados pela criação de matrinxã (*Bryconamazonicus*) e por peixes ornamentais em Manaus 2007. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciências biológicas)– Programa integrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia- INPA e Universidade Federal do Amazonas- UFAM, Manaus, 2007.

WOOD, E. D.; ARMSTRONG, F. A. J.; RICHARDS, F. A. Determination of nitrate in sea water by cadmium-copper reduction to nitrite.**Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, [S.I.],v. 47, n. 1, p. 23-31, Fev. 1967.

XAVIER, C. F.; DIAS, L. N.; BRUNKOW, R. F. Eutrofização. In: ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. (EdS.). **Gestão integrada de mananciais de**

abastecimento eutrofizados. Curitiba: Sanepar Finep, 2005. Cap. 8, p. 271302.

