

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**QUALIDADE DA ÁGUA E CARACTERIZAÇÃO
DO PERIFÍTON NA PRODUÇÃO DE JUVENIS
DE TILÁPIA DO NILO EM VIVEIROS
ESCAVADOS COM O USO DE SUBSTRATOS**

Roberta Almeida Rodrigues

Jaboticabal, São Paulo

2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**QUALIDADE DA ÁGUA E CARACTERIZAÇÃO
DO PERIFÍTON NA PRODUÇÃO DE JUVENIS
DE TILÁPIA DO NILO EM VIVEIROS
ESCAVADOS COM O USO DE SUBSTRATOS**

Roberta Almeida Rodrigues

Orientadora: Dra. Fabiana Garcia Scaloppi

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP - CAUNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Jaboticabal, São Paulo

2019

R696q Rodrigues, Roberta Almeida
Qualidade da água e caracterização do perifíton na produção de juvenis de tilápia do Nilo em viveiros escavados com o uso de substratos / Roberta Almeida Rodrigues. – – Jaboticabal, 2019
66 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 2019
Orientadora: Fabiana Garcia Scaloppi
Banca examinadora: Helenice Pereira de Barros, Maria Stella Maiolli Castilho Noll
Bibliografia

1. Nutrientes. 2. Perifíton. 3. Sustentabilidade. I. Título. II. Jaboticabal-Centro de Aquicultura.

CDU 639.3.043



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Unidade Complementar - Jaboticabal

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: QUALIDADE DA ÁGUA E CARACTERIZAÇÃO DO PERIFÍTON NA PRODUÇÃO DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO EM VIVEIROS ESCAVADOS COM O USO DE SUBSTRATOS

AUTORA: ROBERTA ALMEIDA RODRIGUES

ORIENTADORA: FABIANA GARCIA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AQUICULTURA, pela Comissão Examinadora:

Fabiana Garcia

Dra. FABIANA GARCIA SCALOPPI
Instituto de Pesca, IP / São José do Rio Preto-SP

Maria Stela Maioli Castilho Noll

Profa. Dra. MARIA STELA MAIOLI CASTILHO NOLL
Departamento de Zoologia e Botânica / UNESP/ Câmpus de São José do Rio Preto

Helenice Pereira de Barros

Profa. Dra. HELENICE PEREIRA DE BARROS
Instituto de Pesca, IP / São José do Rio Preto-SP

Jaboticabal, 12 de agosto de 2019

SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	07
Lista de Tabelas.....	09
Dedicatória.....	10
Agradecimentos.....	11
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO GERAL.....	12
1. Produção de pescados.....	12
1.1 Perifíton e a Qualidade da água.....	13
2. OBJETIVOS	17
2.1 Gerais.....	17
2.2 Específicos.....	17
REFERÊNCIAS.....	18
CAPÍTULO II - CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA NO CULTIVO DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO (<i>Oreochromis niloticus</i>) COM O USO DE SUBSTRATO	21
RESUMO.....	21
ABSTRACT.....	22
1. INTRODUÇÃO.....	23
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
2.1 Delineamento experimental.....	26
2.2 Coleta e análise da água físico-química da água.....	28
2.3 Coleta do perifíton.....	29
2.4 Análise estatística.....	29
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4. CONCLUSÃO.....	39
5. REFERÊNCIAS.....	40
CAPÍTULO III - ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE ALGAS PERIFÍTICAS EM SUBSTRATO DE BAMBU NO CULTIVO DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO (<i>Oreochromis niloticus</i>): ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA.....	45
RESUMO.....	45
ABSTRACT.....	46
1. INTRODUÇÃO.....	47

2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	49
2.1 Delineamento experimental.....	49
2.2 Avaliação qualitativa e quantitativa do perifíton.....	51
2.3 Matéria seca.....	52
2.4 Análise estatística.....	52
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
4. CONCLUSÃO.....	60
5. REFERÊNCIAS.....	60
6. APÊNDICE	
7. ANEXO	

Lista de Figuras

Capítulo II

Figura 1. Esquema dos viveiros escavados utilizados durante o experimento.....	24
Figura 2. Vazão dos viveiros de produção de juvenis de tilápias do Nilo com de bambu para crescimento do perifíton.....	24
Figura 3. Viveiro experimental após a calagem.....	25
Figura 4. Aferição da temperatura e oxigênio da água de viveiros escavados na produção de juvenis de tilápias do Nilo.....	26
Figura 5. Raspagem do substrato atrator e remoção do perifíton para avaliação da matéria seca.....	27
Figura 6. Padrão de colonização do perifíton em substratos de bambu inseridos em viveiros escavados.....	28
Figura 7. Variáveis físico-químicas da água mensuradas quinzenalmente durante o cultivo de juvenis de tilápia do Nilo em viveiros escavados.....	29
Figura 8. Variáveis físico-químicas da água mensuradas quinzenalmente durante o cultivo de juvenis de tilápia do Nilo em viveiros escavados.....	31
Figura 9. Oxigênio dissolvido mensurado diariamente. Linha preta (Com substrato), Linha cinza (Sem substrato).....	32
Figura 10. Níveis de amônia mensurados durante o cultivo de juvenis de tilápia do Nilo em viveiros escavados.....	34
Figura 11. Biomassa final (t/ha) de juvenis de tilápia do Nilo em viveiros escavados.....	34
Figura 12. Níveis de Nitrito e Nitrato mensurados durante o cultivo de juvenis de tilápia do Nilo em viveiros escavados.....	35

Figura 13. Níveis de fósforo mensurados durante o cultivo de juvenis de tilápia do Nilo em viveiros escavados.....	37
---	----

Capítulo III

Figura 1. Substrato de bambu utilizado para o experimento.....	49
---	----

Figura 2. Esquema dos viveiros escavados utilizados para o experimento.....	49
--	----

Figura 3. Densidade populacional (ind/cm ²) de organismos perifíticos em substratos de bambu em cultivo de juvenis de tilápia do Nilo alimentadas com 50% e 100% da porção diária de ração comercial recomendada. (*) Organismos que apresentaram diferenças estatísticas (p<0,05) apresentaram maior densidade populacional.....	53
--	----

Figura 4. Densidade populacional (ind/cm ²) de organismos perifíticos em substratos de bambu em viveiros protegidos ou desprotegidos do forrageamento por juvenis de tilápias aos 10 dias de cultivo. A - Tilápias alimentadas com 50% da porção diária de ração comercial recomendada. B - Tilápias alimentadas com 100% da porção diária de ração comercial recomendada.....	54
---	----

Figura 5. Densidade populacional (ind/cm ²) de organismos perifíticos em substratos de bambu em viveiros protegidos ou desprotegidos do forrageamento por juvenis de tilápias aos 35 dias de cultivo. A - Tilápias alimentadas com 50% da porção diária de ração comercial recomendada. B - Tilápias alimentadas com 100% da porção diária de ração comercial recomendada.....	56
---	----

Figura 6. Densidade populacional (ind/cm ²) de organismos perifíticos em substratos de bambu em viveiros protegidos ou desprotegidos do forrageamento por juvenis de tilápias aos 60 dias de cultivo. A - Tilápias alimentadas com 50% da porção diária de ração comercial recomendada. B - Tilápias alimentadas com 100% da porção diária de ração comercial recomendada.....	57 e 58
---	---------

Lista de Tabelas

Capítulo II

Tabela 1. Comparação de médias das variáveis limnológicas de viveiros escavados de produção de juvenis de tilápias do Nilo com e sem a presença de substratos de bambu para produção de perifíton.....	30
---	----

Capítulo III

Tabela 1. Quantidade de matéria seca (mg/cm^{-2}) do perifíton colonizado no substrato de bambu, protegido e desprotegido em viveiros escavados de produção de juvenis de tilápias do Nilo.....	51
--	----

DEDICATÓRIA

*“Dedico este trabalho a meus pais **Camilo Rodrigues** e **Maria de Jesus**, que me apoiaram desde o início quando decidi seguir esta jornada longe de casa e que não mediram esforços para que eu alcançasse este objetivo pelo qual tanto batalhei”.*

A eles, todo meu amor e gratidão por toda vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a **Deus**, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada.

À minha **Família**. Por sempre me impulsionarem e não me deixarem desistir e acima de tudo por me disponibilizarem um porto seguro, repleto de atenção e amor.

À **Dra. Fabiana Garcia Scaloppi**. Não existem palavras neste mundo que possam expressar toda a gratidão que sinto por você. Obrigada por aceitar me orientar, por toda generosidade ao me receber em sua casa assim que cheguei em Votuporanga e principalmente por me incentivar a melhorar, por sua paciência e amizade.

Ao **Programa de Pós-Graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP)**, pela oportunidade e aos amigos da pós por todos os momentos tão gratificantes e divertidos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES)** - Código de Financiamento 001.

Agradeço ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq**, Bolsa de Mestrado - GM/GD processo nº 133460/2019-3 do edital/chamada Cotas do Programa de Pós-Graduação e **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)** pelo recurso proveniente do Projeto ao qual este trabalho está vinculado, processo nº 2016/07696-9.

À **equipe** que me auxiliou durante as atividades referentes a este estudo. Daiane Monpean Romera, Denis William Johanssem de Campos e Luiz Henrique Castro David. Obrigada por tudo pessoal! Pela amizade e por me ajudarem sempre que precisei.

Ao **Instituto Agrônomo de Campinas do IAC - Votuporanga e ao Instituto de Pesca - São José do Rio Preto** por todo suporte durante o período do experimento e análises.

Aos meus **amigos professores da UFDPAr de Parnaíba - PI**. Josenildo de Souza e Silva, Michelle Pinheiro Vetorelli e Cezar Augusto Freire Fernandes por me incentivar desde o início a ser uma boa profissional e a seguir em frente com dedicação e compromisso.

Ao Engenheiro de Pesca **Antonio José Sousa de Moraes** agradeço por toda amizade, atenção, apoio e empenho em me auxiliar durante a execução deste trabalho. Obrigada por sempre socorrer-me em minhas dúvidas!

Agradeço à “mana” **Camila Garcia** e sua família que me acolheu em Valentim Gentil tão generosamente.

E por fim, agradeço à minha sogra **Maria de Fátima** e ao meu amor **Jean Bonan** pelo apoio e companheirismo nos últimos meses, principalmente durante a escrita desta dissertação.

A **todos** que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização deste trabalho.

De todo coração, MUITO OBRIGADA!!!

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO GERAL

1. Produção de pescados

A pesca e aquicultura são importantes fontes de nutrição e renda para milhões de pessoas em todo o mundo (FAO, 2014). Em 2016 o aumento mais expressivo foi na produção de peixes com 54,1 milhões de toneladas, seguido de algas, com 30,1 milhões de toneladas, moluscos, com 17,1 milhões de toneladas e crustáceos, com 7,9 milhões de toneladas produzidas. A previsão é de que o consumo mundial “*per capita*” de pescado alcance 21,5 kg em 2030, valor superior aos 20,3 kg registrados em 2016 (FAO, 2018). A produção mundial aquícola em 2016 alcançou 110,2 milhões de toneladas, estimando-se um valor comercial de 243.500 milhões de dólares (FAO, 2018).

No Brasil, o Estado de São Paulo ocupa a terceira posição no ranking brasileiro de produção de pescado, com uma produção de 48,35 mil toneladas em 2016, resultado do avanço do investimento na atividade e entrada de novos produtores no setor (IBGE, 2016).

As espécies produzidas e sua respectiva importância na produção total variam consideravelmente entre os países produtores. As carpas (*Ctenopharyngodon idellus*, *Hypophthalmichthys molitrix* e *Cyprinus carpio*) estão entre as principais espécies de peixe cultivadas no ranking de produção da aquicultura mundial; a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) aparece em 4º lugar, com 4,5 milhões de toneladas, correspondendo a 8% da despesca no total (FAO, 2018).

Com condições bastante favoráveis para a aquicultura, o Brasil possui uma das maiores faixas costeiras do mundo e a maior quantidade de água com potencial para a aquicultura continental (ONO e KUBITZA, 1999; SIDONIO *et al.*, 2012). A piscicultura brasileira produziu no total 485,2 mil toneladas em 2017 (redução de 2,6% em relação ao ano anterior), com aumento na produção, nas regiões Nordeste, Sul, Centro-Oeste e com grande queda na Região Norte, anteriormente líder do ranking. O Paraná assumiu a liderança entre os Estados produtores, após um aumento considerável na despesca, seguido por São Paulo, Rondônia e Mato Grosso (IBGE, 2018).

A espécie mais cultivada no Brasil continua sendo a tilápia do Nilo, representando agora mais da metade do total da piscicultura: 58,4%. A Região Sul continuou sendo a maior produtora de tilápia, com 42,0% da criação nacional, seguida por Sudeste e Nordeste. Paraná, São Paulo e Minas Gerais, foram os maiores Estados produtores respectivamente (IBGE, 2018).

Dentre os motivos que levam a tilápia a ocupar posição de destaque na aquicultura nacional está sua facilidade em adaptação a vários sistemas de cultivo; por apresentar hábito alimentar diversificado, com ótima conversão alimentar, ser tolerante às variações das condições do ambiente e ter capacidade de sobreviver em ambientes com altas densidades (AYROZA *et al.*, 2005).

A tilápia é um peixe onívoro filtrador capaz de se alimentar de zooplâncton, fitoplâncton e de detritos em suspensão (STARLING *et al.*, 2002; LAZZARO *et al.*, 2003; NJIRU *et al.*, 2004; FIGUEREDO & GIANI, 2005). Possui hábito de ressuspender sedimento durante a época de nidificação e isso contribui com o aumento da biomassa fitoplanctônica através de nutrientes que passam para a coluna d'água (DRENNER *et al.*, 1996; DRENNER *et al.*, 1998). A tilápia contribui também com a absorção e redução de fósforo da água e de florações de cianobactérias (PANOSSO *et al.*, 2007).

No intuito de melhorar a eficácia dos sistemas produtivos e tornar a atividade atrativa para pequenos produtores é preciso reduzir o custo de produção como, por exemplo, os gastos com arraçoamento, que correspondem a 70% do custo de produção da atividade (AYROZA *et al.*, 2005). Uma alternativa para redução dos custos seria a oferta de alimento natural na dieta destes peixes, por apresentarem adaptações em sua morfologia que permitem o aproveitamento de fitoplâncton e perifíton (SANDERSON *et al.*, 1996).

1.1 Perifíton e a Qualidade da água

Em 1928, para definir as comunidades de algas que cresciam em substratos naturais, Behnning nominou esses organismos de perifíton. De acordo com Sládecková (1962) o perifíton é compreendido como uma comunidade de organismos que estão aderidos ou associados aos mais variados tipos de substratos aquáticos, sendo classificados como verdadeiros

os que apresentam estruturas para fixação e como pseudoperifíton os que não estão claramente associados ao substrato.

Para Wetzel (1993) o perifíton é definido como uma comunidade complexa tendo em sua constituição vários organismos como algas, animais, detritos (orgânicos e inorgânicos), fungos, bactérias, que se aderem ao variados substratos, vivos ou mortos.

Segundo Richard *et al.*, (2009) o perifíton está presente em praticamente todos os ambientes aquáticos, tanto do continente como rios, lagos, lagoas, etc. quanto dos ambientes marinhos, podendo ter uma variedade de substratos que, para Esteves (2011), recebem nomenclatura específica como: Epixílion (madeira), Epilíton (rochas submersas), Epífiton (plantas aquáticas), Epizoon (sobre animais), Epípelon (sedimento) ou Episâmon (entre os grãos do sedimento).

Esteves (2011) afirma que o perifíton serve como habitat e abrigo para larvas e juvenis de diversas espécies, sendo responsável por grande parte da produtividade primária, principalmente em lagos rasos, onde contribui com 70% a 85% do seu total. Na aquicultura, a utilização de substratos atratores é considerada uma alternativa sustentável, vantajosa e barata, sendo feita a partir da utilização de materiais submersos na água para a formação de biofilme e favorecendo o crescimento de perifíton, que serve de alimento para os animais cultivados (MILSTEIN *et al.*, 2005).

A escolha do substrato deve ser baseada na origem do material, seu custo, facilidade de aquisição e manuseio, além de características de superfície adequadas para o desenvolvimento do perifíton, permitindo a fácil remoção do material aderido pelos organismos cultivados, não sobrecarregando o sistema e que não libere nenhuma substância no ambiente de cultivo (AZIM *et al.*, 2005).

O uso do bambu como substrato atrator tem sido considerado uma excelente escolha, visto que a disponibilidade deste substrato em propriedades rurais apresenta custo zero, sua superfície proporciona maior produtividade e melhor qualidade nutricional do perifíton quando comparado a outros substratos como bagaço de cana e PVC (KESHAVANATH *et al.*, 2001).

A morfologia do perifíton é semelhante à do plâncton, mas com algumas adaptações que ajudam o perifíton na fixação a um substrato e lidar com o

ambiente perifítico. As características morfológicas diferem entre os grupos de algas e, portanto, diferentes táxons mostram uma variedade de mecanismos para adaptação a uma vida sedentária ligada a substratos (AZIM *et al.*, 2005).

Algumas das características morfológicas mais óbvias dos organismos perifíticos incluem caules com extremidades coesivas, cápsulas pegajosas, filamentos e almofada mucilaginosa. A forma varia de células simples, não móveis a estruturas móveis, multicelulares e filamentosas. Formas sésseis de algas unicelulares, coloniais e filamentosas se ligam a substratos por meio de células especialmente adaptadas e secreções mucilaginosas. Alguns táxons possuem células basais e filamentosas morfológicamente distintas (REID; WOOD, 1976).

O processo de colonização em geral é iniciado com o desenvolvimento de uma camada de perifíton sobre um substrato limpo pela deposição de um revestimento de substâncias orgânicas dissolvidas (principalmente aminoácidos e mucopolissacarídeos) por forças eletrostáticas (VAN DAN *et al.*, 2002). Em poucas horas, uma camada de bactérias surge a partir de reações hidrofóbicas. A matéria orgânica particulada dissolvida e morta serve como suporte para a fixação e como substrato para o metabolismo das bactérias (CARRIAS *et al.*, 2002).

Portanto, a presença de partículas orgânicas flutuantes em águas eutróficas estimula esse processo, ligando as bactérias ativamente aos substratos usando cordões mucilaginosos (AZIM *et al.*, 2005). Em um processo basicamente físico, a mucilagem produzida por bactérias oferece potenciais elementos de ligação para uma variedade de elementos coloidais, orgânicos e inorgânicos (FLEMMING, 1995).

O cultivo à base de perifíton aumenta a disponibilidade de alimento natural, podendo reduzir o fornecimento de rações suplementares aos peixes (CARBALLO *et al.*, 2008), o que torna esse sistema uma alternativa para a criação de espécies herbívoras (KESHAVANATH *et al.*, 2002). De acordo com Pérez (1992) foram observados muitos organismos aquáticos alimentando-se de perifíton, tanto de substratos naturais como de substratos artificiais, especialmente algumas espécies de peixes de importância econômica; dentre eles destacam-se o acará (*Geophagus* sp.), a tainha (*Mugil* sp.) e tilápia (*Oreochromis* sp.). Este mesmo autor sugeriu a implantação de substratos

artificiais nos ambientes pobres em substratos naturais como forma de aumentar a produtividade piscícola. Para Watanabe (1990) o uso de substratos artificiais faz parte de um grande avanço metodológico para a determinação tanto da taxa de crescimento e taxa de biomassa fixada como também para fazer estimativa do metabolismo do perifíton, o que pode ser utilizado para estudos comparativos entre diferentes cursos de água, assim como para estudos da eficiência da dinâmica de colonização do perifíton.

A qualidade da água em corpos d'água naturais lênticos é fortemente dependente dos organismos autotróficos (algas planctônicas e macrófitas aquáticas) e heterotróficos (principalmente bactérias, protozoários e fungos) que se desenvolvem dentro dos sistemas. Em cultivos convencionais, os organismos autotróficos dominantes são as algas planctônicas. A atividade fitoplanctônica ocorre nas camadas superiores da água, enquanto a atividade heterotrófica ocorre principalmente no fundo do viveiro (AZIM *et al.*, 2005).

Na aquicultura baseada em perifíton, além dos microrganismos fitoplanctônicos e de fundo, a adição de substratos na coluna d'água permite o desenvolvimento de populações autotróficas e heterotróficas acopladas (AZIM *et al.*, 2005). O perifíton exerce grande importância para as cadeias tróficas sendo considerado bioindicador da qualidade da água e de seu estado trófico; apresenta alta taxa de diversidade e possui ciclo de vida curto, podendo ser utilizado para desenvolver e testar modelos ecológicos (CETTO *et al.*, 2004).

Segundo Panitz (1980) existem alguns atributos que tornam as algas perifíticas aptas para serem usadas na manutenção da qualidade da água, dentre eles podemos destacar o fato de serem autotróficas, constituindo-se a base das cadeias alimentares no ambiente aquático; e, portanto, por estar na base, qualquer interrupção influencia diretamente o resto das comunidades aquáticas; os índices de poluição baseados na composição de diatomáceas são mais precisos e válidos do que os baseados em protozoários e macroinvertebrados, fornecendo respostas mais diretas aos poluentes orgânicos.

Lowe & Pan (1996) ainda ressaltam que as algas perifíticas, por serem sésseis, não conseguem fazer migrações para evitar os poluentes potenciais, respondendo, assim, às mudanças abióticas ocorridas no seu habitat. O desenvolvimento da comunidade perifítica envolve interações positivas e

negativas entre o fitoplâncton autotrófico, as comunidades de fundo microbiano heterotrófico e as espécies cultivadas.

O fitoplâncton e o perifíton autotrófico desempenham funções similares, como produção de oxigênio e absorção de nutrientes inorgânicos, e podem competir por luz e nutrientes. A luz que atinge a água superficial é a mesma no viveiro com ou sem substrato, porém, sua presença diminui a transparência da água devido ao excesso de fitoplâncton por deslocamento de materiais perifíticos, aumentando a sedimentação de partículas no fundo do viveiro (AZIM *et al.*, 2005).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

- Verificar se o perifíton associado aos substratos feitos com bambu melhora a qualidade da água na produção de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em viveiros escavados;
- Investigar se no cultivo de juvenis de tilápias do Nilo, a substituição parcial da ração comercial pelo perifíton garante maior eficiência no aproveitamento deste alimento natural em viveiros escavados.

2.2 Objetivos Específicos

- Classificar, por meio da concentração e da saturação de oxigênio dissolvido da água, as fases autotróficas e heterotróficas da formação do perifíton presente nos substratos;
- Verificar o efeito da presença do peixe na massa de matéria seca perifítica produzida nos substratos com e sem proteção;
- Determinar o efeito do perifíton sobre as variáveis da água dos viveiros;
- Verificar se a redução parcial do fornecimento de ração altera a comunidade perifítica em substratos de bambu;
- Analisar se a comunidade perifítica em viveiros em que os peixes receberam 100% da porção diária de ração comercial recomendada é diferente da comunidade perifítica onde o arraçoamento ocorre com 50% de ração.

REFERÊNCIAS

AYROZA, L. M. S. *et al.* Piscicultura no médio Paranapanema: situação e perspectivas. **Aquicultura e Pesca**, São Paulo, n. 12, p. 27-32, 2005.

AZIM, M. E.; ASAEDA, T. Periphyton structure, diversity and colonization. In: Azim, M.E.; Beveridge, M.C.M.; Van Dam, A.A; Verdegem, M.C.J. (Eds.), Periphyton: Ecology, exploitation and management. **CABI Publishing**, Cambridge, pp. 15-34. 2005.

CARBALLO, E.; EER, A.V.; SCHIE, T.V.; HILBRANDS, S.A. **Piscicultura de água doce em pequena escala**. Wageningen, Países Baixos: Digigrafi, 3ª ed. revista. p.93, 2008.

CARRIAS, J. F. *et al.* Distribution, size, and bacterial colonization of pico-and nano-detrital organic particles (DOP) in two lakes of different trophic status. **Limnology And Oceanography**, [s.l.], v. 47, n. 4, p.1202-1209, jul. 2002.

CETTO, J.M.; LEANDRINI, J.A.; FELISBERTO, S.A. & RODRIGUES, L. Comunidade de algas perifíticas no reservatório de Irai, Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum-Biological Sciences**. 26(1): 1-7. 2004.

DRENNER, R. W., K. L. GALLO, R. M. BACA & J. D. SMITH. Synergistic effects of nutrient loading and omnivorous fish on phytoplankton biomass. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. 55: 2087–2096. 1998.

DRENNER, R.W.; SMITH, J.D., THRELKELD, S.T. Lake trophic state and the limnological effects of omnivorous fish. **Hydrobiologia**, 319: 213-223. 1996.

ESTEVEES, F. A. COMUNIDADE PERIFÍTICA. In: F. A. Esteves (Ed.); **Fundamentos de Limnologia**. 3rd ed. Rio de Janeiro: Interciência. p.447-460, 2011.

FAO. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura**. Departamento de Pesca de la FAO - Organización de Las Naciones Unidas para La Agricultura y La Alimentation, Roma 2014.

FAO. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible**. Roma. p.350. 2018.

FIGUEREDO, C. C., GIANI A. Ecological interactions between Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) and the phytoplanktonic community of the Furnas Reservoir (Brazil). **Freshwater Biology**, 50: 1391-1403. 2005.

FLEMMING, H. C. Sorption sites in biofilms. **Water Science And Technology**, [s.l.], v. 32, n. 8, p.27-33, 1995.

IBGE. **Produção da pecuária municipal**, Rio de Janeiro, v. 45, p.1-8, 2018.

KESHAVANATH, P.; GANGADHAR, B.; RAMESH, T.J.; VAN ROOIJ, J.M.; BEVERIDGE, M.C.M.; BAIRD, D.; VERDEGEM, M.C.J.; VAN DAM, A.A. Use of artificial substrates to enhance production of freshwater herbivorous fish in pond culture. **Aquaculture Research**. [s.l.], 32: 189-197p. 2001.

KESHAVANATH, P.; GANGADHAR, B. ; RAMESH, T.J.; VAN DAM A.A.; BEVERIDGE, M. C. M; VERDEGEM, M. C. J. The effect of periphyton and supplemental feeding on the production of the indigenous carps *Tor khudree* and *Labeo fimbriatus*. **Aquaculture**, Amsterdam, 231: 207-218p. 2002.

LAZZARO, X., M. BOUVY, R. A. RIBEIRO-FILHO, V. S. OLIVEIRA, L. T. Sales, A. R. M. VASCONCELOS & M. R. MATA. Do fish regulate phytoplankton in shallow eutrophic Northeast Brazilian reservoirs? **Freshwater Biology**. 48: 649-668. 2003.

LOWE, R. L., PAN, Y. Benthic algal communities as biological monitors. In: STEVENSON, R. J., BOTHWELL, M.L., LOWE, R. L. **Algal Ecology: freshwater benthic ecosystems**. Academic Press, USA. p. 705-739. 1996.

MILSTEIN, A.; JOSEPH, D.; PERETZ, Y.; HARPAZ, S. Evaluation of organic tilapia culture in periphyton-based ponds. **The Israeli Journal of Aquaculture**. v.57, n.3, 143 -155p. 2005.

NJIRU, M., OKEYO-OWUOR, J. B, MUCHIRI, M., & COWX I.G. Shift in feeding ecology of Nile tilapia in Lake Victoria, Kenya. **African Journal of Ecology**. 42, 163-170. 2004.

ONO, E. A.; KUBITZA, F. **Cultivo de peixes em tanques-rede**. 2. ed. rev. ampliada. Jundiaí: F. Kubitza. 68 p. 1999.

PANITZ, C. M. N. **Estudo comparativo do perifíton em diferentes substratos artificiais na Represa do Lobo ("Broa"), São Carlos, SP**. São Carlos, SP. Dissertação de Mestrado - UFSCar. 224p. 1980.

PANOSSO, R.; COSTA, I.A.S.; SOUZA, N.R.; ATTAYDE, J.L.; CUNHA, S.R.S.; GOMES, F.C.F. Cianobactérias e cianotoxinas em reservatórios do estado do Rio Grande do Norte e o potencial controle das florações pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Oecologia Brasiliensis**, v.11, n.3, p.433-449, 2007.

PÉREZ, G. R. **Fundamentos de limnologia neotropical**. Colombia, Universidad de Antioquia (Ed.), 529 p. 1992.

REID, G. K.; WOOD, R. D. **Ecology of Inland waters and Estuaries**. 2.ed. New York: Van Nostrand, 485 p. 1976.

RICHARD, M.; TROTTIER, C.; VERDEGEM, M. C. J.; HUSSENOT, J. M. E. Submersion time, depth, substrate type and sampling method as variation sources of marine periphyton. **Aquaculture**, v. 295, n. 3-4. Elsevier B.V. p. 209–217. 2009.

SANDERSON, S.L., STEBAR, M.C., ACKERMAN, K.L., JONES, S.H., BATJAKAS, I.E., KAUFMAN, L. Mucus entrapment of particles by suspension-feeding tilapia (Pisces: Cichlidae). **J. Exp. Biol.** 199, 1743-1756. 1996.

SIDONIO, L.; CAVALCANTI, I.; CAPANEMA, L.; MORCH, R.; LIMA, J.; BURNS, V.; ALVES JÚNIOR, A. J.; AMARAL, J. V. Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, v. 35, p. 421-463, 2012.

SLÁDECKOVÁ, A. Limnological Investigations for the periphyton (Aufwuchs) community. **The Botanical Review**. V. 28, p. 286-350, 1962.

STARLING, F. L. R. M.; LAZZARO, X.; CAVALCANTI, C. & MOREIRA, R. Contribution of omnivorous tilapia to eutrophication of a shallow tropical reservoir: evidence from a fish kill. **Fresh wat. Biol.**, 47: 2443-2452. 2002.

VAN DAM, A. A. *et al.* The potential of fish production based on periphyton. **Reviews In Fish Biology And Fisheries**, [s.l.], v. 12, n. 1, p.1-31, 2002.

WATANABE, T. Perifíton: comparação de metodologias empregadas para caracterizar o nível de poluição das águas. **Acta Limnol. Brasil**. v.3, p. 793-615. 1990.

WETZEL, R. G. **Limnology**. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa. 919 p. 1993.

CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA EM CULTIVO DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*) COM O USO DE SUBSTRATO

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da produção de perifíton na qualidade da água em viveiros escavados de produção intensiva (7 t/ha^1) de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com baixa renovação da água ($6,2\% \text{ dia}^{-1}$). O experimento foi iniciado em maio/2018 a julho/2018 com alevinos de tilápia do Nilo com peso médio de 2 gramas e foi encerrado quando os peixes atingiram o peso médio de 35 gramas. Cada unidade experimental foi representada por um viveiro escavado de 130 m^2 , com água de entrada e saída independentes. O delineamento experimental constou de dois tratamentos e três repetições, sendo testada presença ou ausência de substrato nos viveiros escavados. No tratamento com inclusão de substrato atrator, foram instalados módulos compostos por hastes de bambu ocupando 50% da área superficial do viveiro. Em cada viveiro, foram inseridos módulos de substratos desprotegidos e protegidos dos peixes. Os resultados mostraram que a temperatura, condutividade elétrica, transparência, pH e alcalinidade da água não foram alterados pela produção de perifíton nos substratos de bambu na produção de perifíton nos viveiros escavados no cultivo de juvenis de tilápias do Nilo. A comunidade perifítica presente nos substratos de bambu nas condições deste experimento foi classificada como heterotrófica durante todo o período experimental. A proporção na inserção de substratos de bambu em 50% da área de superfície da água dos viveiros foi suficiente para proporcionar a manutenção da qualidade da água nos viveiros escavados de produção intensiva de juvenis de tilápia do Nilo com baixa renovação da água. Embora o tratamento com substrato tenha tido uma biomassa final de peixes estocados 12% maior em relação ao tratamento sem substrato, o crescimento da biomassa perifítica foi capaz de manter os níveis de concentração de nutrientes semelhante em ambos os tratamentos (com e sem substratos).

Palavras-chave: Biomassa, Controle, Módulos de bambu, Qualidade da água, Tratamentos.

CHAPTER II – PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERIZATION OF WATER IN THE FARMING OF NILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) JUVENILES WITH THE USE OF SUBSTRATE

Abstract

The objective of this work was to evaluate the influence of the insertion of the bamboo substrate on the water quality in intensive nursery (7 t/ha¹) of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with low water renewal (6.2% Day⁻¹). The experiment was started in 2018/May to 2018/July with Nile tilapia fingerlings with an average weight of 2 grams and was closed when the fish reached the average weight of 35 grams. Each experimental unit was represented by a nursery excavated of 130 m², with water of independent entrance and exit. The experimental design consisted of two treatments and three replicates, being tested the presence or absence of substrate in the excavated nurseries. In the treatment with inclusion of substrate attractor, modules composed of bamboo stems occupying 50% of the surface area of the nursery were installed. In each nursery, substrate modules were inserted unprotected and protected from fish. The results showed that the temperature, electrical conductivity, transparency, pH and alkalinity of the water were not altered by the inclusion of bamboo substrates in the production of periphyton in nurseries excavated in the cultivation of Nile tilapia juveniles. The periphytic community present in the bamboo substrates under the conditions of this experiment was classified as heterotrophic throughout the experimental period. The proportion in the insertion of bamboo substrates in 50% of the water surface area of the nurseries was sufficient to provide the maintenance of water quality in the intensive nursery of Nile tilapia juveniles with low water renewal. Although the substrate treatment had a final biomass of fish stored 12% higher than the substrate treatment, the growth of the periphytic biomass was able to maintain similar levels of nutrient concentration in both treatments (with and without substrates).

Key words: Biomass, Control, Bamboo modules, Water quality, Treatments.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade da água voltada à produção de organismos aquáticos passou a ser um dos fatores de maior preocupação entre os profissionais da área que buscam alcançar uma produtividade satisfatória, contribuindo para a manutenção dos níveis adequados das variáveis da água para o cultivo, e minimizando os impactos gerados pelo lançamento de efluentes (MERCANTE *et al.*, 2007). Desta forma, para o desenvolvimento de uma piscicultura mais produtiva, é de fundamental importância procurar um equilíbrio entre todos os parâmetros físicos, químicos e biológicos da água (MALASSEN *et al.*, 2012).

Dentre os fatores que podem influenciar a qualidade da água em cultivos aquícolas, destacam-se a origem da fonte de abastecimento de água, o manejo alimentar (SIPAÚBA-TAVARES, 1995; BOYD & TUCKER, 1998; KUBITZA, 2003; ARANA, 2004) e a densidade de estocagem de animais, pois densidades elevadas aumentam o consumo de oxigênio dissolvido, ao mesmo tempo em que a excreção de amônia e dejetos é acentuada (SILVA *et al.*, 2013).

Uma das formas de minimizar os efeitos indesejáveis relacionados à eutrofização dos corpos d'água destinados à aquicultura, e manter a produtividade economicamente viável, seria a inclusão de substratos no ambiente de cultivo com o objetivo de aumentar a área de superfície para a produção de perifíton, que atuará como importante produtor primário, fonte de alimento para outros níveis tróficos, habitat para diversos organismos e, ainda, participar da ciclagem de nutrientes (AZIM *et al.*, 2004).

O termo "perifíton", na limnologia clássica, refere-se à comunidade de microorganismos que colonizam plantas submersas, pedras e outros substratos. Em cultivos em viveiros escavados, a produção de perifíton é considerada uma fonte de alimento complementar aos peixes cultivados (AZIM *et al.*, 2005). Trata-se de uma comunidade complexa, composta por muitas espécies de organismos autotróficos e heterotróficos, sendo que as microalgas podem corresponder a mais de 90% dela (WETZEL, 2001).

A composição nutricional e planctônica do perifíton cultivado varia de acordo com o tipo de substrato disponibilizado (GANGADHAR & KESHAVANATH, 2012; KESHAVANATH *et al.*, 2012). Na Índia, estudos, que afirmam que o uso de substratos orgânicos facilmente degradáveis para

crescimento de perifíton tem um forte efeito nos níveis de oxigênio dissolvido (OD) e este efeito é menos pronunciado com substratos resistentes (como o bambu) e ainda menos pronunciado quando substratos sintéticos são utilizados (como o plástico), indicando que o tipo e quantidade do substrato deveriam ser cuidadosamente selecionados de modo a não sobrecarregar o sistema (KESHAVANATH *et al.*, 2004).

O bambu é uma espécie invasora de fácil aquisição, podendo ser encontrado e retirado em propriedades rurais a custo zero, diminuindo assim o impacto sobre o ambiente, proporcionando maior produtividade e melhor qualidade nutricional do perifíton quando comparado a outros substratos como bagaço de cana e PVC (KESHAVANATH *et al.*, 2001).

As algas perifíticas respondem às alterações abióticas ocorridas no ambiente de cultivo e fornecem informações sobre o substrato ao qual está associado (LOVERDE-OLIVEIRA *et al.*, 2006), pois cada espécie apresenta diferentes preferências e tolerâncias ambientais, fazendo com que a comunidade como um todo represente o sistema (RODRIGUES *et al.*, 2003).

A qualidade da água em ambientes naturais lênticos é fortemente dependente dos organismos autotróficos (algas planctônicas e macrófitas aquáticas) e heterotróficos (principalmente bactérias, protozoários e fungos) que se desenvolvem dentro dos sistemas. Os organismos autotróficos utilizam a energia solar para converter o dióxido de carbono (CO₂) em matéria orgânica, com crescimento limitado pela área do corpo d'água, pela turbidez e pela disponibilidade de nutrientes inorgânicos, enquanto os microrganismos heterotróficos são limitados pela disponibilidade de substratos rígidos para se estabelecerem e pela disponibilidade de matéria orgânica (MILSTEIN, 2005).

Os organismos planctônicos autotróficos que se depositam no fundo do viveiro depois de mortos constituem uma grande fonte de matéria orgânica para os microrganismos heterotróficos, os quais, por sua vez, decompõem a matéria orgânica, tornando os nutrientes inorgânicos disponíveis para os organismos autotróficos. Para esse fluxo de matéria autóctone, pode haver diferentes graus de contribuição da matéria alóctone (descargas de água doce, lixiviação do solo, folhas caídas das árvores, etc.). Em sistemas de cultivo de peixes, a adição de fertilizantes alóctones, esterco e rações aumentam não apenas a produção de espécies-alvo, mas também as comunidades

autotróficas e heterotróficas, influenciando a qualidade da água (MILSTEIN, 2005).

Em viveiros convencionais, os organismos autotróficos dominantes são as algas planctônicas. A atividade fitoplanctônica ocorre nas camadas superiores da água, enquanto a atividade heterotrófica ocorre principalmente no fundo do viveiro. Na aquicultura baseada em perifíton, além dos microrganismos fitoplanctônicos e de fundo, a adição de substratos na coluna d'água permite o desenvolvimento de populações autotróficas e heterotróficas acopladas (MILSTEIN, 2005).

A competição por nutrientes é muito mais complicada, pois alguns tipos de atividade bacteriana aeróbia podem ser aumentados pela colocação de superfícies adicionais na coluna d'água, ocasionando uma intensa troca de nutrientes inorgânicos e orgânicos entre componentes autotróficos e heterotróficos da comunidade perifítica, o ciclo de nutrientes entre a coluna d'água, o fundo do viveiro e, finalmente, as espécies cultivadas (MILSTEIN, 2005). Diante do contexto apresentado, o objetivo deste trabalho foi verificar se substratos feitos com bambu melhoram a qualidade da água na produção de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em viveiros escavados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Delineamento experimental

Foram utilizados como unidades experimentais um total de seis viveiros escavados com 130 m² cada, localizados no IAC - Centro de Seringueira e Sistemas Agroflorestais em Votuporanga - SP. Cada unidade experimental foi representada por um viveiro escavado, com entrada e saída independentes (Figura 1).

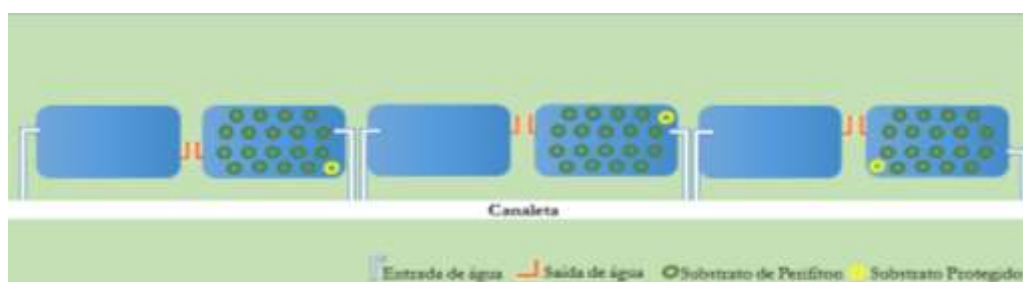


Figura 1. Esquema dos viveiros escavados utilizados para o experimento.

A água de abastecimento foi proveniente de uma represa com fluxo contínuo e renovação da água dos viveiros equivalente a $6,2\% \text{ dia}^{-1}$ do volume total do viveiro (Figura 2). O experimento foi iniciado em maio/2018 a julho/2018 com 2500 alevinos revertidos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, por viveiro, adquiridos de uma piscicultura comercial com peso médio de $\pm 2\text{g}$, e foi encerrado com 60 dias, quando os peixes atingiram o peso médio de 35g, totalizando uma produtividade aproximadamente de 7 t/ha^{-1} . A densidade de estocagem utilizada foi de $\pm 1 \text{ kg}$ de peixe por m^2 , seguindo manejo adotado por pisciculturas da região do Noroeste Paulista.

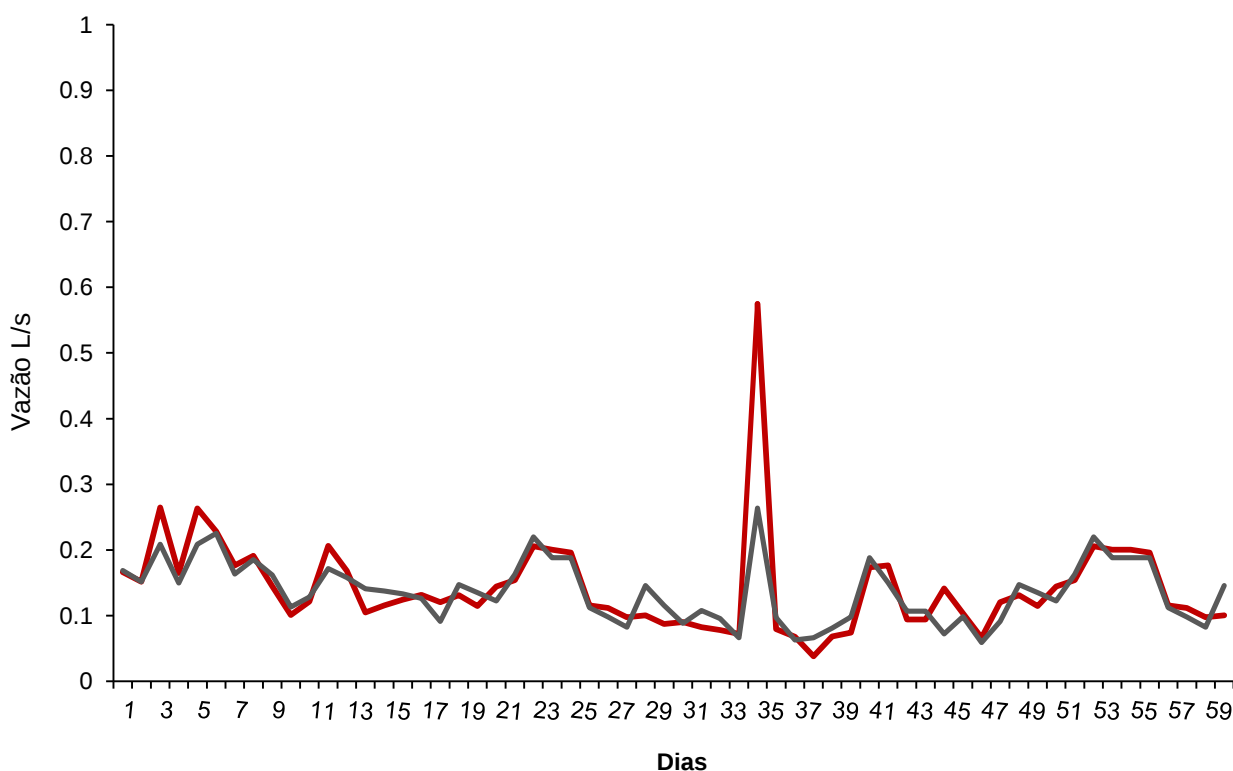


Figura 2. Vazão diária dos viveiros de produção de juvenis de tilápias do Nilo com (Linha vermelha) e sem substrato (Linha cinza) de bambu para crescimento do perífiton.

O delineamento experimental (DIC - Inteiramente Casualizado) constou de dois tratamentos e três repetições, sendo avaliada a presença ou ausência de substrato. Nos tratamentos com inclusão de substrato, foram instalados dezoito módulos compostos por 10 hastes de bambu com medida de 1m partidas longitudinalmente, de modo a ocuparem 50% da área superficial do viveiro para a produção de perífiton (Figura 3A e D). Os módulos contaram com

estruturas flutuantes que auxiliaram na sua alocação e manejo nos viveiros (Figura 3C). Em cada unidade experimental foi inserido, ainda, um módulo protegido com sombrite que constou de uma unidade amostral sem interferência do forrageamento pelos peixes (Figura 3B). Os módulos foram colocados nos viveiros 25 dias antes do povoamento.



Figura 3. Módulos utilizados durante o experimento. A - Confecção dos módulos de bambu; B - Módulo protegido com sombrite; C - Módulo com flutuadores no local do experimento; D - Módulo montado.

Foi ofertada aos peixes ração comercial extrusada com 40% de proteína bruta, na proporção de 12 - 6% por viveiro durante o ciclo de produção. O manejo alimentar seguiu recomendações do fabricante, com o propósito de tornar o mais parecido possível do sistema comercial de produção.

Para implantação dos tratamentos, todos os viveiros foram esvaziados e limpos de vegetação aquática. Os mesmos ficaram expostos ao sol durante uma semana e após esse período, foi feita a calagem como forma de neutralizar a camada superficial de sedimentos do fundo dos viveiros e aumentar a alcalinidade total e a dureza total da água. (HICKLING, 1962).

Foram aplicados à lanço 15 kg de calcário por viveiro escavado, no total 90 kg (Figura 4), e após uma semana, foi efetuada, com o viveiro seco, a fertilização orgânica com esterco bovino, que é considerado uma das formas de aumentar a densidade e a composição do zooplâncton nos viveiros

(SENHORINE, 1995). A proporção de esterco utilizada foi o dobro em relação ao calcário (30 kg em cada unidade experimental), totalizando 180 kg (0,23 kg/m²). Após a fertilização os viveiros foram cheios.



Figura 4. Viveiro experimental após a calagem.

2.2 Coleta e análise físico-química da água

A temperatura da água (°C), concentrações de oxigênio dissolvido (mg/L) e saturação (OD%) foram monitoradas, diariamente duas vezes ao dia em cada viveiro (08:00 h e 15:00 h), com medidor de oxigênio YSI modelo 55 (Yellow Springs Instrument, EUA) (Figura 5).

O potencial hidrogeniônico (pH) e a condutividade (μS) foram medidos a cada sete dias com sonda Hanna waterproof (HI 98129) e a transparência da água com disco de Secchi de 20cm de diâmetro. Foram realizadas coletas quinzenais de amostras de água de abastecimento e da saída dos viveiros, no monge.

As amostras de água foram coletadas em frascos de 500 mL e mantidas congeladas até o dia das análises no Instituto de Pesca (IP), Centro do Pescado Continental em São José do Rio Preto - SP, onde foi analisada a

amônia, (APHA 2005; 4500-NH₃ F. Método do Fenato); nitrito (APHA 2005; 4500-NO₂ B. Método colorimétrico); nitrato (APHA 2005; 4500-NO₃ E. Método de redução de Cádmio); Fósforo total (APHA 2005; 4500-P B.5. Método do Persulfato; 4500-P D. Método do Cloreto Estanhoso); A alcalinidade foi determinada pelo método titulométrico (APHA 2005).



Figura 5. Verificação da temperatura e oxigênio dissolvido da água de viveiros escavados na produção de juvenis de tilápias do Nilo.

2.3 Análise estatística

A média dos dados de todos os períodos foi analisada utilizando o teste t de Student para comparações de médias entre dois grupos (com e sem substrato) com o auxílio do software estatístico livre R versão 3.5.1.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura, condutividade elétrica, transparência, pH e alcalinidade da água não foram significativamente diferentes pela inclusão dos substratos de bambu nos viveiros escavados na produção de juvenis de tilápias do Nilo (Figuras 6 e 7). A temperatura é uma variável com grande importância no

metabolismo dos peixes, influenciando no desenvolvimento das espécies (BOYD, 1990).

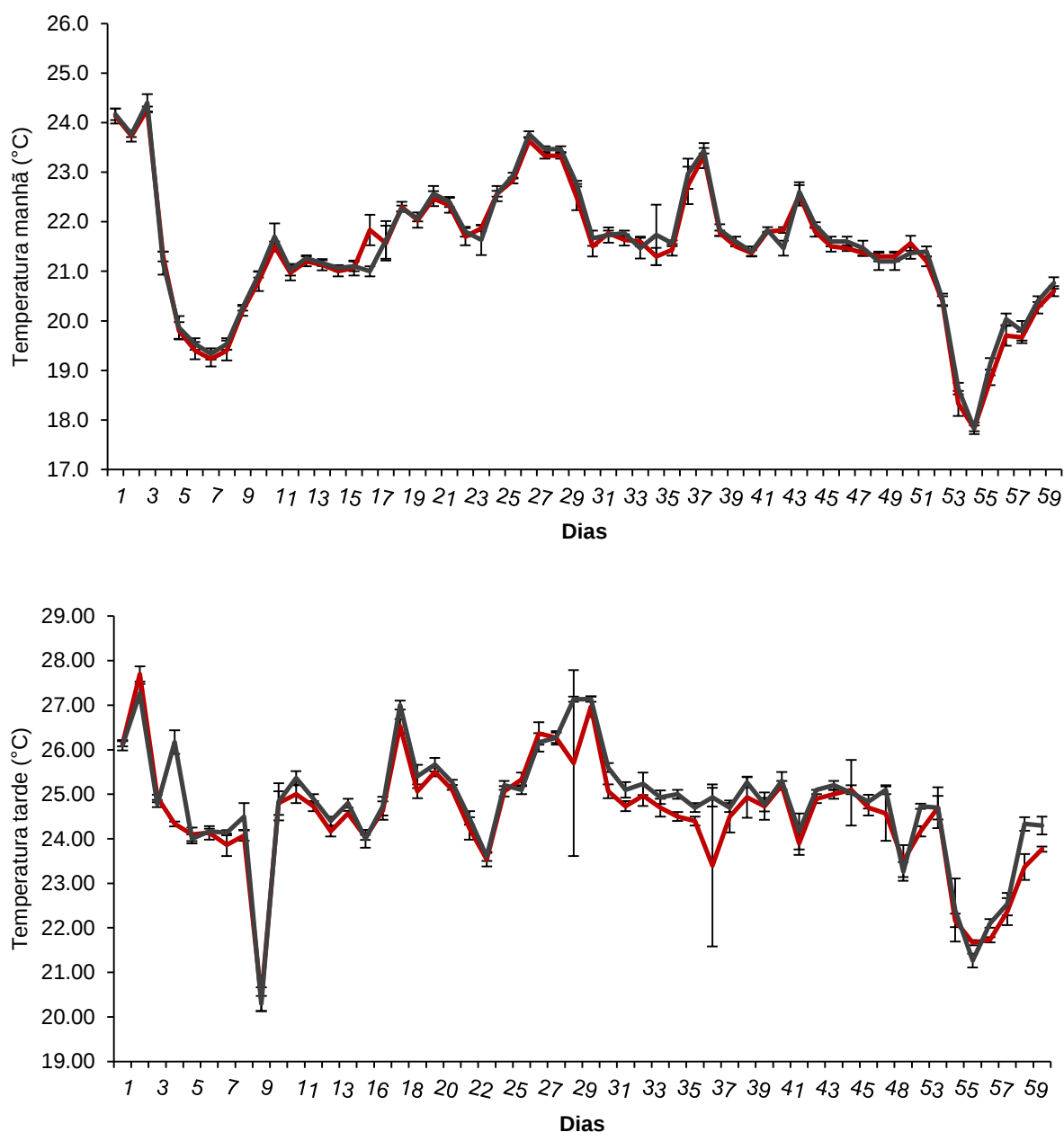


Figura 6. Médias e desvio padrão da temperatura (°C) da água mensurada diariamente durante o cultivo de juvenis de tilápia do Nilo em viveiros escavados. Linha vermelha (Com Substrato); Linha cinza (Sem Substrato). $p > 0,05$ analisada dentro de cada tempo.

A faixa de conforto para o desenvolvimento dos juvenis de *O. niloticus* varia de 27,0°C a 30,0°C (AZAZA *et al.*, 2008) e cultivos onde a temperatura é mantida acima ou abaixo da faixa recomendada podem causar perdas no

desenvolvimento dos peixes, podendo comprometer o seu desempenho zootécnico (EGNA; BOYD, 1997).

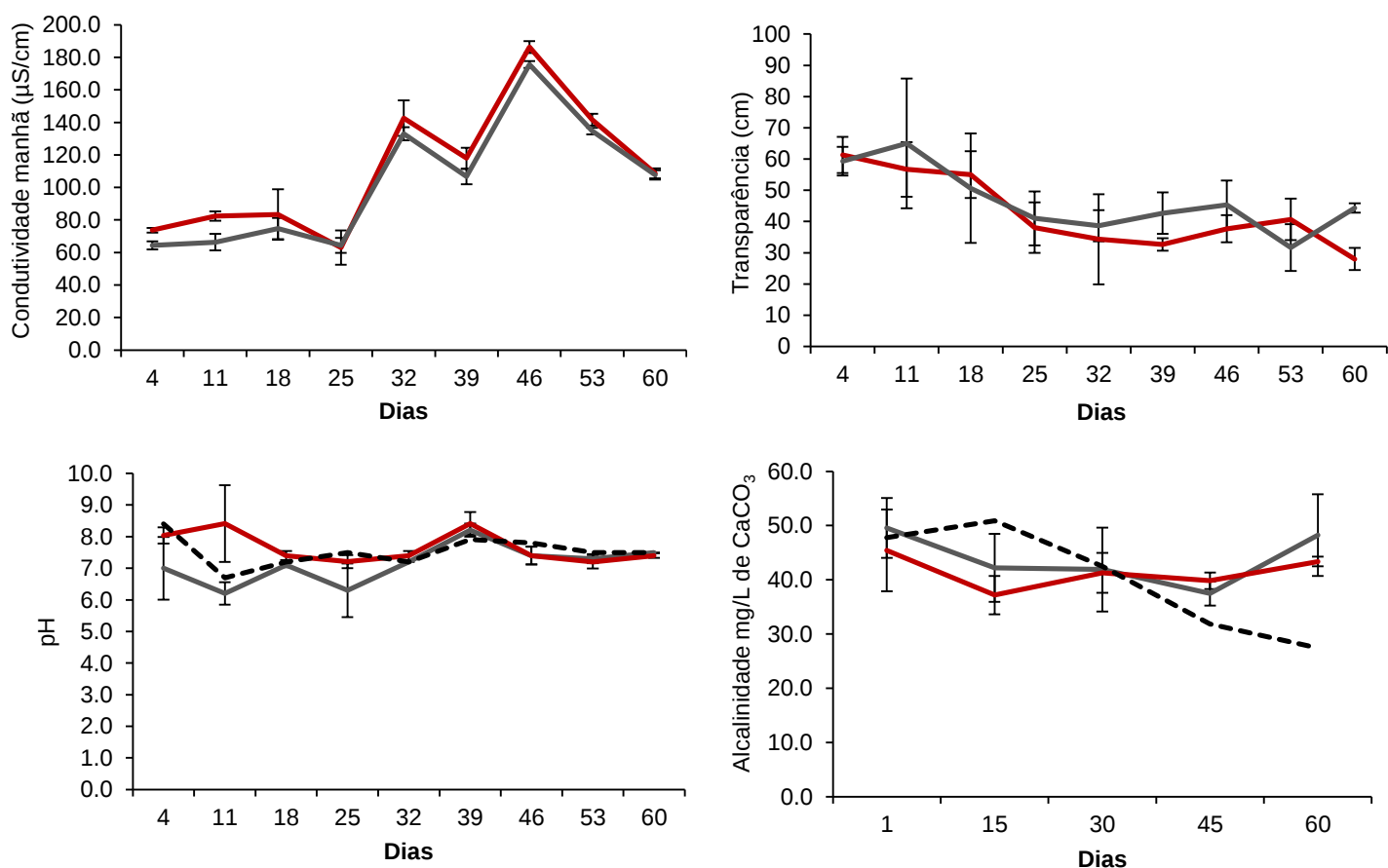


Figura 7. Média e desvio padrão das variáveis físico-químicas da água mensuradas semanalmente (Condutividade, Transparência e pH) durante o cultivo de juvenis de tilápia do Nilo em viveiros escavados. Alcalinidade valores obtidos em coletas quinzenais. Linha vermelha (Com Substrato); Linha cinza (Sem Substrato) e Linha preta pontilhada (água de abastecimento). $p > 0,05$ em todas as variáveis analisadas dentro de cada tempo.

Embora a temperatura tenha ficado abaixo do ideal, tanto no período da manhã quanto à tarde, pode-se pressupor que tais valores não influenciaram negativamente, pois a ingestão de alimentos, crescimento e peso mantiveram-se satisfatórios durante todo período experimental. Valores considerados abaixo ao melhor desenvolvimento dos peixes podem estar relacionados ao período em que foi conduzido o experimento (outono) em que ocorre diminuição da temperatura do ar (Tabela 1).

Tabela 1. Comparação de médias e desvio padrão das variáveis limnológicas de viveiros escavados de produção de juvenis de tilápias do Nilo com e sem a presença de substratos de bambu para produção de perífiton.

	Com Substrato	Sem Substrato	P
Temperatura Manhã (°C)	21,43 ± 1,32	21,49 ± 1,30	0,6375
Temperatura Tarde (°C)	24,51 ± 1,29	24,72 ± 1,28	0,1216
Oxigênio Dissolvido Manhã (mg/L)	2,36 ± 1,11 ^b	2,81 ± 1,32 ^a	p<0,05
Oxigênio Dissolvido Tarde (mg/L)	6,08 ± 1,91 ^b	7,48 ± 2,80 ^a	p<0,05
Saturação Manhã (%)	30,85 ± 14,97 ^b	39,33 ± 19,84 ^b	P<0,05
Saturação Tarde (%)	70,81 ± 20,23 ^a	84,98 ± 29,61 ^a	p<0,05
Condutividade elétrica (µS/cm)	111,0 ± 53,5	106,7 ± 40,30	0,7511
Transparência (cm)	48,50 ± 15,87	54,67 ± 17,84	0,1301
Amônia (NH₃) mg/L	0,112 ± 0,095	0,1064 ± 0,085	0,8
Nitrito (NO₂) mg/L	0,008 ± 0,004	0,007 ± 0,004	0,8244
Nitrato (NO₃) mg/L	0,005 ± 0,006	0,005 ± 0,004	0,6757
Fósforo total mg/L	0,186 ± 0,118	0,181 ± 0,129	0,0881
Alcalinidade	41,50 ± 7,87	43,64 ± 10,46	0,6120
pH	7,99 ± 0,71	8,01 ± 0,58	0,8945

A condutividade elétrica é a capacidade da transmissão da corrente elétrica através da água em função da presença de substâncias dissolvidas, como cátions e ânions (SÁ, 2002). Quanto maior for sua concentração, maior será sua capacidade eletrolítica, ou seja, maior a capacidade para conduzir corrente elétrica (BRASIL, 2014). Apesar de não ter havido diferença significativa entre os tratamentos, a condutividade foi constante nas primeiras semanas do experimento, com aumento no final (Figura 7). Pode-se relacionar este incremento ao aporte de íons advindo do arraçoamento, ou também, à elevada quantidade de matéria orgânica em decomposição vinda da água de abastecimento. A média da condutividade elétrica em ambos os tratamentos encontrou-se dentro do recomendado para o cultivo de peixes, inferior a 1000 µS cm⁻¹ (BOYD; TUCKER, 1998; SÁ, 2012).

Os valores médios do pH obtidos pela manhã em todos os viveiros, com e sem substrato, apresentaram redução ao final do experimento, mesmo assim sendo considerados dentro da faixa recomendada para o cultivo com valores entre 6,5 e 9,5 (SIPAÚBA-TAVARES, 2013; BOYD; TUCKER, 1998). De

acordo com Esteves (2011), intensos processos de decomposição e respiração tem como resultado a liberação de CO_2 para água e consequentemente, formação de ácido carbônico e íons H^+ , os quais resultam na acidificação da água e diminuição do pH. Assim, o aumento da taxa de arraçoamento correspondente a biomassa ao longo do experimento contribuiu para uma leve diminuição ao final, com aumento do pH no tratamento sem substrato e da água de abastecimento (Figura 7).

Embora tenha havido redução na alcalinidade da água de abastecimento, nos viveiros experimentais, os valores se mantiveram na faixa de 35 a 50 mg/L durante todo o período em ambos os tratamentos, indicando que a calagem realizada no preparo dos viveiros foi eficiente para a manutenção destes valores, considerados adequados para o desenvolvimento dos peixes por estarem acima de 20 mg/L de CaCO_3 (SIPAÚBA-TAVARES, 2013).

Tanto as concentrações médias de oxigênio dissolvido, quanto a saturação média nas mensurações do período matutino e vespertino apresentaram valores significativamente menores nos viveiros com a presença de substratos de bambu ($p < 0,05$) (Tabela 1). Em relação ao comportamento destas variáveis ao longo do experimento, tanto a concentração quanto a saturação do oxigênio no período da manhã apresentaram valores maiores nos viveiros sem perifíton durante o primeiro mês de experimento e no início do segundo mês ambos os tratamentos apresentaram as mesmas concentrações de oxigênio, retornando a mesma diferença inicial nos últimos dez dias de experimento (Figura 8).

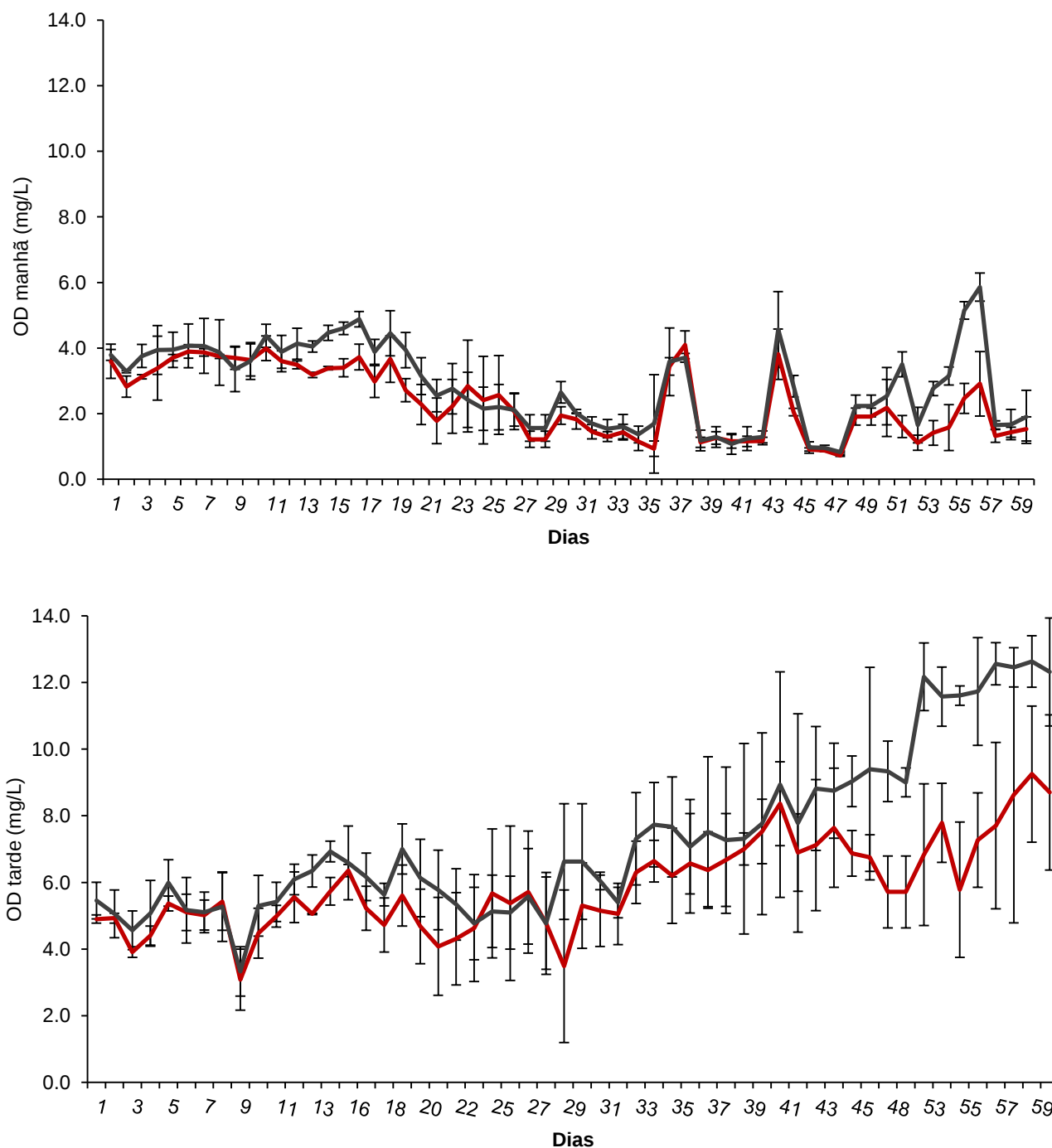


Figura 8. Média e desvio padrão do oxigênio dissolvido mensurado diariamente. Linha vermelha (Com substrato), Linha cinza (Sem substrato).

O oxigênio dissolvido é considerado a variável abiótica mais importante na aquicultura e, devido a sua baixa disponibilidade, torna-se um fator limitante aos animais nos ecossistemas aquáticos, sendo o oxigênio subproduto da fotossíntese realizada por seres clorofilados, entre eles algas, macrófitas e perífíton (SIPAÚBA, 2013).

Neste experimento, os valores de oxigênio dissolvido nas medições da manhã foram inferiores ao permitido (maior que 5 mL) pela resolução CONAMA N°357/2005 (Classe 2) em ambos os tratamentos e foram significativamente menores nos tratamentos com substrato, indicando um possível predomínio de processos heterotróficos no perifíton aderido (organismos que consomem oxigênio). Na maioria dos ecossistemas de águas superficiais, as comunidades perifíticas são misturas combinadas de algas autotróficas / cianobactérias e bactérias heterotróficas, vírus, fungos e protistas (MILSTEIN, 2005). Para um ótimo desenvolvimento da comunidade perifítica autotrófica, a relação C/N/P ideal é 119:17:1 (AZIM *et al.*, 2005). Durante o experimento a relação N/P se aproximou de 1:1 ao final do experimento, com base nos índices de amônia e nitrito, fato que pode ter contribuído para que o perifíton fosse predominantemente heterotrófico.

Com relação à amônia, houve incremento na concentração do efluente em relação à entrada de água desde o início do experimento, se acentuando a partir do primeiro mês (Figura 9). A amônia é o composto nitrogenado mais comum da excreção de peixes teleósteos e pode ser ainda liberada durante a decomposição de restos de ração não consumida e fezes dos organismos cultivados (EGNA; BOYD, 1997; BOYD, 2013). No início do experimento, quando a biomassa ainda era pequena, observou-se baixa concentração de amônia, que aumentou proporcionalmente com o aumento da quantidade de alimento fornecido aos peixes. Isto por que a quantidade de ração ofertada nos viveiros ocasionou maior aporte de compostos nitrogenados para água. A análise estatística não mostrou diferença na quantidade de amônia entre os tratamentos, indicando que no final do experimento, mesmo com biomassa de peixes 12% maior nos viveiros com substrato em relação aos sem (Figura 10) e maior aporte de nutrientes advindos da alimentação diária, o perifíton foi capaz de absorver o nitrogênio amoniacal mantendo a mesma concentração em ambos os tratamentos.

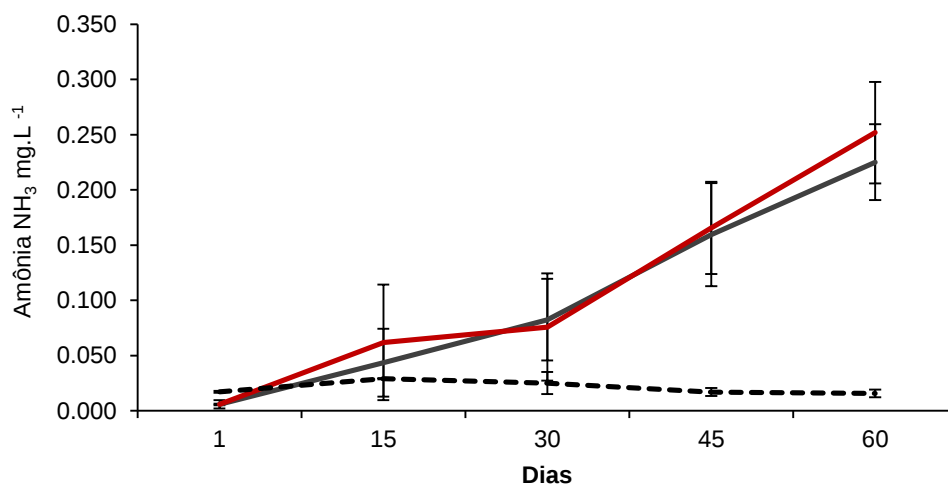


Figura 9. Média e desvio padrão de amônia mensurada durante o cultivo de juvenis de tilápia do Nilo (após o povoamento) em viveiros escavados. Linha vermelha (Com Substrato); Linha cinza (Sem Substrato) e Linha preta pontilhada (água de abastecimento).

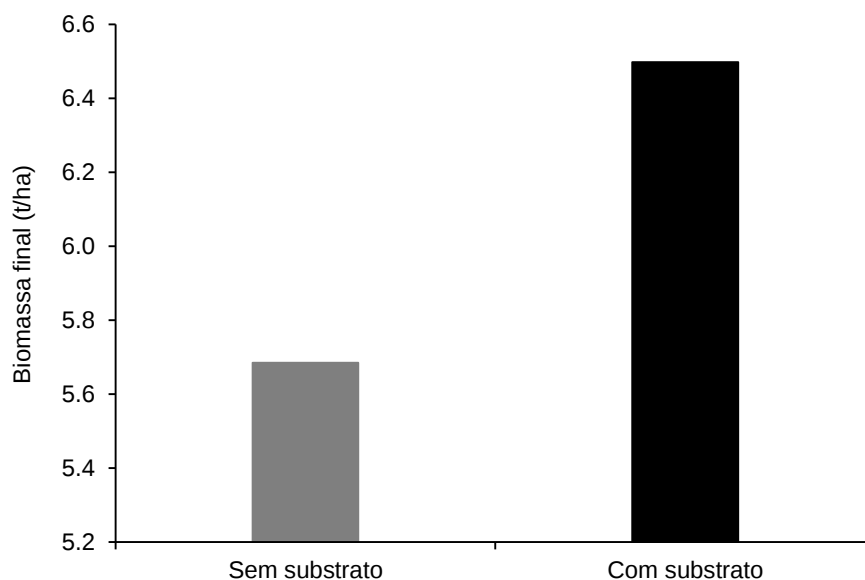


Figura 10. Média da biomassa final (t/ha) de juvenis de tilápia do Nilo em viveiros escavados.

As concentrações de nitrito na água de cultivo não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, sendo menor no início do experimento e com o decorrer do tempo, o processo de amonificação da matéria orgânica pelas bactérias heterotróficas aumentou, havendo maior liberação de amônia para o meio. Com isso, a atividade das bactérias *Nitrosomonas* se intensificou, havendo maior liberação de nitrito para a água.

A amônia e o nitrito (NO_2^-) são tóxicos para os organismos aquáticos; suas fontes são a oxidação da amônia em ambientes oxidantes e a redução do nitrato (NO_3^-) em ambientes redutores, sendo a primeira fonte mais comum nos sistemas aquícolas. Em sistemas fechados com elevadas densidades de estocagem, o NO_2^- pode atingir rapidamente níveis possivelmente letais, acima de 11,65 mg/L (YANBO *et al.*, 2006). Nos viveiros sem substratos, as concentrações de nitrato foram muito semelhantes às da água de entrada. A variação encontrada nos valores de nitrato para os viveiros com substrato durante o experimento pode estar relacionada à flutuação na população de bactérias nitrificantes por competirem com as bactérias presentes no substrato (Figura 11).

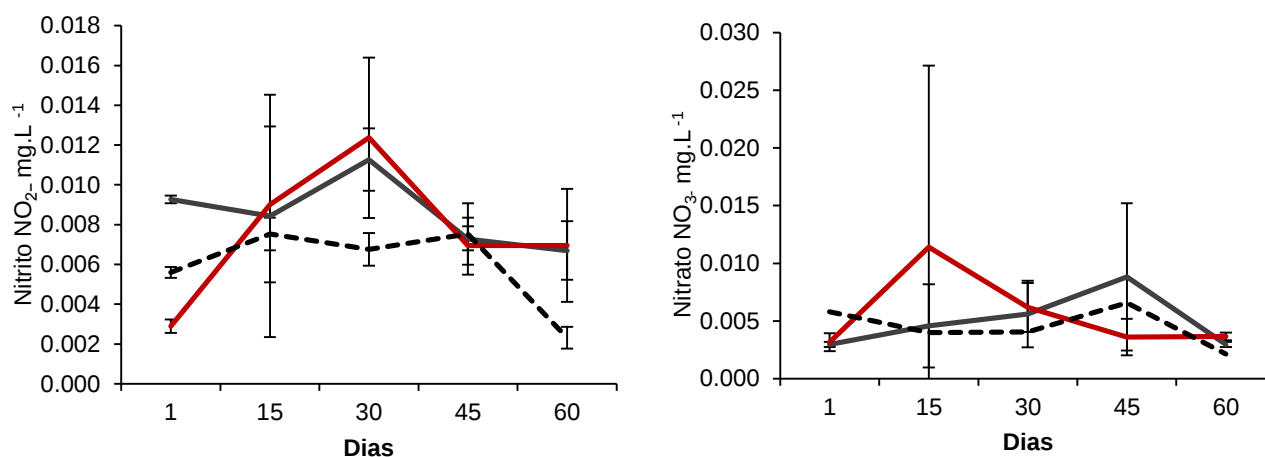


Figura 11. Médias e desvio padrão de Nitrito e Nitrato mensurados durante o cultivo de juvenis de tilápia do Nilo em viveiros escavados. Linha vermelha (Com Substrato); Linha cinza (Sem Substrato) e Linha preta pontilhada (água de abastecimento).

As concentrações médias dos compostos nitrogenados e do fósforo total não diferiram significativamente entre os tratamentos ($p > 0,05$), porém, os níveis de fósforo total desde o início (Figura 12), apresentaram valores acima (0,8864 mg/L) do estabelecido pela resolução CONAMA N°357/2005 recomendado para corpos d'água destinados à aquicultura (Classe 2), evidenciando intenso aporte de matéria orgânica no sistema causado provavelmente pelo aporte de nutrientes vindo da água de abastecimento, pela oferta de ração que acabou disponibilizando fósforo para o meio e pela baixa renovação da água. Segundo Boyd (1990), o que não é convertido em biomassa nos organismos cultivados é eliminado através das fezes, o que contribui para o aumento dos níveis de fósforo na água do viveiro. Entretanto, a

análise dos dados demonstrou que a quantidade de substrato inserida nos viveiros, foi suficiente para que o perifíton produzido mantivesse a mesma concentração de nutrientes em ambos os tratamentos.

A ciclagem de fósforo em sistemas aquáticos é atribuída a processos bióticos e abióticos (WOLFE III & LIND, 2010). Sabe-se que o perifíton pode desempenhar papel ativo na absorção de fósforo em muitos ecossistemas. O perifíton aumenta o fluxo de nutrientes em curto prazo na coluna d' água para os sedimentos em pequenos sistemas artificiais, como viveiros escavados (DODDS, 2003).

O fósforo é um importante macromineral utilizado na nutrição de peixes, atuando no crescimento, reprodução, metabolismo de lipídios e na mineralização óssea (QUINTERO-PINTO *et al.*, 2011). O alimento natural não é capaz de suprir as exigências nutricionais de fósforo nos peixes, pois a eficiência dessa absorção é baixa (NRC, 1993) surgindo, então, a necessidade de uma alimentação mais completa (SUGIURA *et al.*, 1998). Quando a ração utilizada é de origem vegetal, é necessária a suplementação de fósforo, fítico ou fitato, formas que não estão disponíveis aos peixes no ambiente (VIELMA; LALL, 1998). Em rações comerciais, Kibria *et al.*, (1996), relatam que, na maioria, das rações os níveis de fósforo estão acima das exigências nutricionais, ou estão em formas indisponíveis. Desta forma, o fósforo não absorvido pelo animal será excretado e perdido na água, que após decomposição pode eutrofizar o meio (WEISMANN *et al.*, 1988).

Tal impacto ambiental está diretamente relacionado com a quantidade e qualidade do fósforo presente na ração (ROY *et al.*, 2002, ODUM; BARRETT, 2007). Apesar da maior concentração de fósforo no sistema, o perifíton manteve a concentração de fósforo, mesmo com biomassa maior, no tratamento com substrato. Anand *et al.*, (2013) concluíram que o perifíton desenvolvido sobre o substrato submerso ajuda a manter os nutrientes da água de cultivo dentro de taxas ótimas. De acordo com Keshavanath *et al.*, (2002), os detritos presos na camada do perifíton são rapidamente decompostos, tornando-se mais acessíveis aos herbívoros, melhorando a ciclagem de nutrientes (THOMPSON *et al.*, 2002).

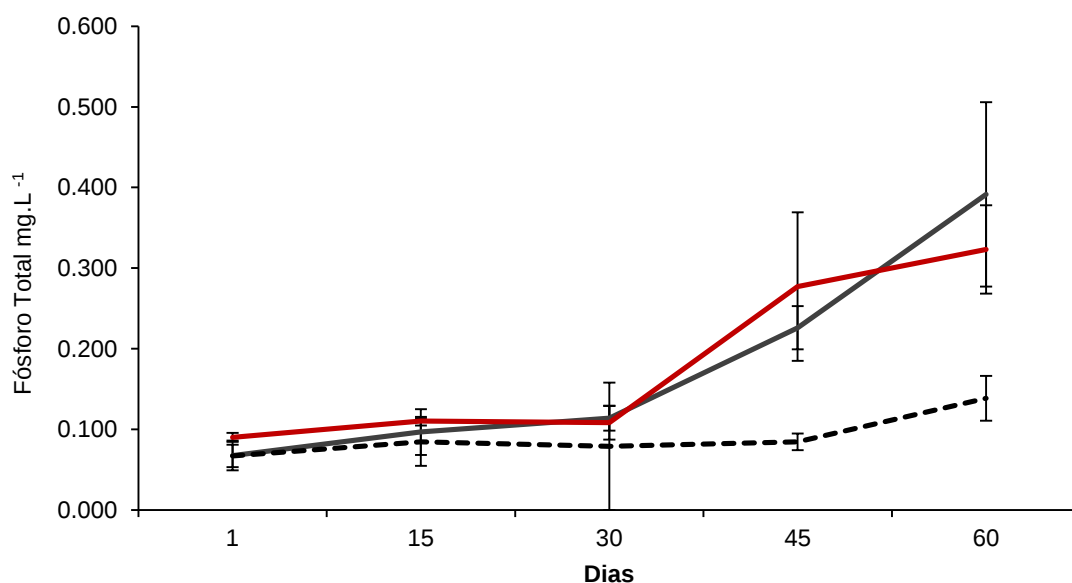


Figura 13. Média e desvio padrão dos níveis de fósforo mensurados durante o cultivo de juvenis de tilápia do Nilo em viveiros escavados. Linha preta (Com Substrato); Linha cinza (Sem Substrato) e Linha preta pontilhada (água de abastecimento).

A média da transparência foi $48,50 \pm 15,87$ para o tratamento com substrato e de $54,67 \pm 17,84$ para o tratamento sem substrato, valores considerados ideais para o desenvolvimento de alta densidade de peixes (VALENTI, 1998). Conforme a Figura 9, a transparência em ambos os tratamentos, com o passar das semanas diminuiu, o que pode estar relacionado à baixa penetração de luz pela presença de compostos orgânicos oriundos do arraçamento e desenvolvimento de fitoplâncton. Esteves (2011) afirma que o decréscimo da transparência pode estar relacionado com a quantidade de material inorgânico e orgânico em suspensão na coluna d'água favorecendo tal situação.

4. CONCLUSÃO

A comunidade perifítica presente nos substratos de bambu nas condições deste experimento foi classificada como heterotrófica durante todo o período experimental. A proporção na inserção de substratos de bambu em 50% da área de superfície da água dos viveiros foi suficiente para proporcionar a manutenção da qualidade da água nos viveiros escavados de produção intensiva de juvenis de tilapia do Nilo com baixa renovação da água. Embora o tratamento com substrato tenha tido uma biomassa final de peixes estocados

12% maior em relação ao tratamento sem substrato, o crescimento da biomassa perifítica, foi capaz de manter os níveis de concentração de nutrientes semelhante em ambos os tratamentos (com e sem substratos).

REFERÊNCIAS

APHA. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation. 21st ed., Washington, USA. 4358 pp. 2005.

ARANA, L. V. **Fundamentos de aquicultura**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 348 p. 2004.

AZIM, M.E., VERDEGEM, M.C.J., VAN DAM, A.A., Beveridge, M.C.M. *Periphyton: Ecology, Exploitation and Management*. **CABI Publishing**, Cambridge, UK (319 pp). 2005.

AZAZA, M.S.; DHRAÏEF, M.N.; KRAÏEM, M.M. Effects of water temperature on growth and sex ratio of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) reared in geothermal waters in Southern Tunisia. **Journal of Thermal Biology**, [s.l.], v. 33, n. 2, p.98-105, fev. 2008.

BOYD, C. E. Ammonia Toxicity Degrades Animal Health, Growth. **Global Aquaculture Advocate**. Alabama, v. 16, p.40-43, 2013.

BOYD, C. E. **Water Quality: Introduction**. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 330 p. 2000.

BOYD, C. E. **Water Quality in Ponds for Aquaculture**. Auburn University: Alabama Agricultural Experiment Station. 482 p. 1990.

BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. **Pond Aquaculture Water Quality Management**. Saint Louis: Springer: Keuwer Academic Publishers, 700 p. 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília: Funasa, 112 p. 2014.

CONAMA. **Conselho Nacional do Meio Ambiente**: Padrões da qualidade para os parâmetros monitorados na rede de monitoramento, segundo Resolução Conama 357/2005. 2005. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf>. Acesso em: 19 out. 2018.

EGNA, H. S.; BOYD, C. E. **Dynamics of Pond Aquaculture**. Usa: CRC Press. 136 p. 1997.

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

GANGADHAR, B.; KESHAVANATH, P. Growth performance of rohu, *Labeo rohita* (Ham.) in tanks provided with different levels of sugarcane bagasse as periphyton substrate. **Indian J. Fish.** v. 59, n. 3, p. 77- 82, 2012.

GARCIA, F.; ROMERA, D.M.; SOUSA, N.S.; PAIVA-RAMOS, I.; ONAKA, E.M. The potential of periphyton-based cage culture of Nile tilapia in hydroelectric reservoirs. **Aquaculture**. 2016.

GONZALEZ, J. J. G.; LONDOÑO, G. A. C.; PARDO-CARRASCO, S. C. Phytoplankton and periphyton in ponds with Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and bocachico (*Prochilodus magdalenae*). **Revista Colombiana de Ciências Pecuárias**, v.25, p.603-614, 2012.

KESHAVANATH, P. *et al.* Effects of bamboo substrate and supplemental feeding on growth and production of hybrid red tilapia fingerlings (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 235 n. 14, p. 303-314, 2004.

KESHAVANATH, P. *et al.* Evaluation of Four Biodegradable Substrates for Periphyton and Fish Production. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 24 n. 1, p. 60-68, 2012.

HICKLING, C.F. **Fish Cultures**. Faber and Faber, London, 296 pp. 1962.

KHATOON, H. *et al.* Formation of periphyton biofilm and subsequent biofouling on different substrates in nutrient enriched brackish water shrimp ponds. **Aquaculture**, Amsterdam, v.273, p.470-477, 2007.

KIBRIA, G.; NUGEGODA, D.; LAM, P. Aspects of phosphorus pollution from aquaculture. **Aquabyte Section**, Australia, p.20-24, 1996.

KUBITZA, Fernando. **Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões**. Jundiaí: Fernando Kubitza, 229 p. 2003.

LOVERDE-OLIVEIRA, S.; SILVA, V. P. Perifíton associado a *Eichhonia azurea* na Baía do Coqueiro, Pantanal mato-grossense: produtividade e densidade. **Uniciências**, v. 10, p.145-158, 2006.

KESHAVANATH, P., GANGADHAR, B., RAMESH, T.J., VAN ROOJI, J.M., BEVERIDGE, M.C.M., BAIRD, D.J., VERDAGEM, M.C.J., VAN DAM, A.A. Use

of artificial substrates to enhance production of herbivorous fish in pond culture. **Aquaculture Research**. 32, 139-197. 2001.

MACEDO, C. F.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H. EUTROFIZAÇÃO E QUALIDADE DA ÁGUA NA PISCICULTURA: CONSEQUÊNCIAS E RECOMENDAÇÕES. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 36, p.149-163, 2010.

MALLASEN, M. *et al.* QUALIDADE DA ÁGUA EM SISTEMA DE PISCICULTURA EM TANQUES-REDE NO RESERVATÓRIO DE ILHA SOLTEIRA, SP. **Boletim Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 38, p.15-30, 2012.

MIDRULA, R. M., MANISSERY, J.K., KESHAVANATH, P., SHANKAR, K.M., NANDEESHA, M.C., RAJESH, K.M. Water quality, biofilm production and growth of fringe-lipped carp (*Labeo fimbriatus*) in tanks provided with two solid substrates. **Bioresource Technology**. 87, 263-267.2003.

MILSTEIN A. Effect of periphyton on water quality. In: AZIM E, VERDEGEM M, VAN DAM A, BEVERIDGE M, editors. Periphyton: Ecology, Exploitation and Management. **CABI Publishing**, Cambridge, UK. p. 179-190. 2005.

NCR – National Research Council - Nutrient Requirements of Fish National. Washington: Academy Press, 124 p. 1993.

ODUM, E. P.; BARRET, G. W. **Fundamentos da Ecologia**. Thompson Pioneira, 612 p. 2007.

PEREIRA, J. S.; MERCANTE, C. T. J.; LOMBARDI, J. V.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M.; DO CARMO, C. F.; OSTI, J. A.S. Eutrophization process in a system used for rearing the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), São Paulo State, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 24, nº 4, p. 387-396, 2012.

POMPÊO, M.L.M.; MOSCHINI-CARLOS, V. Perífiton: estrutura, dinâmica e métodos de estudos. In: POMPÊO, M.L. M; MOSCHINI-CARLOS, V. **Macrófitas aquáticas e perifíton - Aspectos ecológicos e metodológicos**. São Carlos: Rima. p.63-85, 2003.

QUINTERO-PINTO, L. G.; PARDO-GAMBOA, B. S.; QUINTERO-PARDO, A. M. C. Exigências e disponibilidade de fontes de fósforo para tilápias. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 2, n. 5, p.30-43, 2011.

RAMESH, M.R.; SHAMKAR, K.M.; MOHAN, C.V., VARGHESE T.J. Comparasion of three plant substrates for enhancing carp growth throught bacterial biofilm. **Aquaculture Engineering**. 19, 119-131. 1999.

RODRIGUES, L.; BICUDO, D. C.; MOSCHINI-CARLOS V. O papel do perifíton em áreas alagáveis e nos diagnósticos ambientais. In: **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. S.M. Thomaz and L.M. Bini (eds.), Maringá, Eduem, p. 211- 229, 2003.

ROY, P.K. *et al.* Effects of dietary phosphorus on bone growth and mineralisation of vertebrae in haddock (*Melanogrammus aeglefinus* L.). **Fish Physiology And Biochemistry**. v. 27, n. 1-2, p.35-48, 2002.

SÁ, M. V. C.; FRACALOSSO, D. M. Exigência Protéica e Relação Energia/Proteína para Alevinos de Piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p.1-10, 2002.

SENHORINE, J.A. Desenvolvimento larval do pacu *Piaractus mesopotamicus* Holmberg 1887 (Pisces, Characidae) em viveiros. Botucatu, 1995. (Master's Thesis in Zoology) - **Instituto de Biociências**, Universidade Estadual Paulista.

SILVA, A. D. R. *et al.* Cultivo de tambaqui em canais de abastecimento sob diferentes densidades de peixes. **Acta Amazônica**, São Paulo, v. 43, n. 4, p.517-524, 2013.

SILVA, C. F.; BALLESTER, E.; MONSERRAT, J.; GERACITANO, L.; WASIELESKY JR, W.; ABREU, P. C. Contribution of microorganisms to the biofilm nutritional quality: protein and lipid contents. **Aquaculture Nutrition**, 14, 507-514, 2008.

SUGIURA, S. H. *et al.* Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonid feeds. **Aquaculture**, v. 159, p.177-202, 1998.

TAVARES, L. H. S. **Uso racional da água em aquicultura**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 189 p. 2013.

TAVARES, L. H. S. **Limnologia aplicada à aquicultura**. Jaboticabal: FUNEP, 72 p. 1995.

UMESH, N.R., SHANKAR, K.M., MOHAN, C.V. Enhancing growth of common carp, rohu and Mozambique tilapia through plant substrate: the role of bacterial biofilm. **Aquaculture International**. 7, 251-260. 1999.

VALENTI, W. C. Sistemas de produção na fase de crescimento final. In: Valenti, W. C. (Ed.). **Carcinicultura de água doce. Tecnologia para a produção de camarões**. IBAMA, Brasília, Brasil, p.165-177. 1998.

VIELMA, J.; LALL, S. P. Phosphorus utilization by Atlantic salmon (*Salmo Salar*) reared in freshwater is not influence by higher dietary calcium intake. **Aquaculture**, v. 160, p.117-128, 1998.

WETZEL, R. G., **Limnology: Lake and River Ecosystems**. 3° ed. San Diego: Elsevier. 2001.

WIESMANN, D.; SCHEID, H.; PFEFFER, E. Water pollution with phosphorus of dietary origin by intensively fed rainbow trout (*Salmo gairdneri* Rich.). **Aquaculture**, v. 69, p.263-270, 1988.

YANBO, W.; WENJU, Z.; WEIFEN, L. *et al.* Acute toxicity of nitrite on tilapia (*Oreochromis niloticus*) at different external chloride concentrations. **Fish Physiology and Biochemistry**. v.32, p.49-54, 2006.

CAPÍTULO III - ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE ALGAS PERIFÍTICAS EM SUBSTRATO DE BAMBU NO CULTIVO DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*): ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA

Resumo

O objetivo deste estudo foi verificar se no cultivo de juvenis de tilápias do Nilo, a substituição parcial do alimento comercial completo pelo perifíton garante maior eficiência no aproveitamento deste alimento natural em viveiros escavados e se esta substituição altera a comunidade perifítica em substratos de bambu. O delineamento experimental constou de quatro tratamentos e três repetições, sendo avaliados: substratos protegidos ou desprotegidos da presença dos peixes e peixes alimentados com a porção diária de ração comercial recomendada (100%) ou alimentados com 50% da porção diária recomendada (50%). Para o manejo alimentar foi utilizada ração comercial extrusada com 40% de proteína bruta, seguindo recomendações do fabricante, com o propósito de tornar o mais parecido possível do sistema comercial de produção, fornecendo de 12-6% do peso vivo durante o ciclo de produção. Os tratamentos não submetidos à restrição alimentar foram alimentados em cinco tratos diários e os tratamentos submetidos à restrição alimentar foram alimentados em três tratos diários, de modo a incentivar a busca do perifíton no decorrer do dia. Foram realizadas três amostragens do perifíton para as análises qualitativas e quantitativas, sendo a primeira aos 10 dias de experimento, a segunda com 35 dias e a terceira com 60 dias. Para a análise qualitativa e quantitativa dos organismos que compõem o perifíton, estes foram quantificados por contagem de sub amostras na câmara de Sedgewick-Rafter, sendo todas as contagens realizadas em triplicata. Para quantificar a matéria seca perifítica produzida nos substratos foram colhidas amostras de perifíton de ambos os ambientes, mensalmente, durante o experimento. Ficou evidente que a oferta diária de ração na proporção recomendada pelo fabricante supriu nutricionalmente as necessidades dos juvenis de tilápia do Nilo, fazendo com que eles deixassem de forragear o perifíton na mesma proporção que ocorreu com o grupo alimentado com 50% da ração recomendada. Este resultado indica a necessidade de substituir parcialmente o alimento comercial completo pelo perifíton para se obter maior eficiência no aproveitamento deste alimento natural.

Palavras-chave: Módulos de bambu, Perifíton, Ração comercial, Taxonomia, Tratamentos.

CHAPTER III - COMMUNITY STRUCTURE OF PERIPHYTIC ALGAE ON BAMBOO SUBSTRATE IN JUVENILE NILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) CULTIVATION: QUANTITATIVE AND QUALITATIVE ANALYSIS

Abstract

The aim of this study was to verify if the partial replacement of complete commercial food (feed) by the periphyton in Nile tilapia juvenile culture guarantees a greater efficiency in the use of this natural food in excavated ponds and whether this replacement alters the periphytic community on bamboo substrates. The experimental design consisted of four treatments and three replicates: protected or unprotected substrates of fish and fish fed with the recommended daily commercial feed (100%) or fed with 50% of the feed daily allowance (50%). For food handling, extruded commercial food with 40% crude protein was used, following recommendations of the manufacturer, in order to make it as close as possible to the commercial production system, providing 12-6% of the live weight during the production cycle. The treatments not submitted to food restriction were fed in five daily treatments and the treatments submitted to the food restriction were fed in three daily treatments, in order to encourage the search of the periphyton during the day. Three periphytic samples were performed for qualitative and quantitative analyzes, the first one at 10 days of experiment, the second with 35 days and the third with 60 days. For the qualitative and quantitative analysis of the organisms composing the periphyton, these were quantified (ind/cm^2) by counting sub-samples in the Sedgewick-Rafter chamber, all counts being made in triplicate. To quantify the periphyton dry matter produced in the substrates, periphyton samples from both environments (protected or not from fish) were collected monthly during the experiment. It was evident that the daily supply of feed in the proportion recommended by the manufacturer nutritionally supplied the needs of juveniles of Nile tilapia, causing them to stop foraging periphyton in the same proportion as the group fed with 50% of the recommended feed. This result indicates the need to partially replace the complete commercial food (feed) with the periphyton in order to obtain greater efficiency in the utilization of this natural food.

Key words: Bamboo modules, Commercial feed, Periphyton, Taxonomy, treatments.

1. INTRODUÇÃO

O perífíton compreende uma complexa comunidade de microorganismos que se desenvolvem em substratos inorgânicos ou orgânicos vivos ou mortos submersos na água, constituindo-se por algas, bactérias, fungos, invertebrados aquáticos, protozoários e detritos (WETZEL, 1983). Tem como característica a formação de um biofilme que pode variar de espessura, sendo visto como manchas verdes ou amarronzadas recobrimdo estruturas presentes no ambiente de cultivo (POMPÊO; MOSCHINI-CARLOS, 2003).

A comunidade perífítica constitui a base dos ecossistemas aquáticos lênticos, em que ocorrem simultaneamente processos internos autotróficos e heterotróficos, sendo extremamente ligadas e estruturadas, com frequente dominância de diatomáceas (Bacillariophyceae), algas verdes (Chlorophyceae), algas azuis (Cyanobacteria) e ocasionalmente representadas por algas vermelhas (Rhodophyceae), promovendo a troca entre os componentes químicos, físicos e biológicos na cadeia alimentar (LOWE & PAN, 1996).

Os primeiros organismos colonizadores são as bactérias, com a colonização podendo variar de algumas horas até alguns dias. Após o crescimento bacteriano, as algas passam a aderir o biofilme perífítico. A rica junção entre as camadas de bactérias e algas favorece o aparecimento de vários grupos de protozoários. O período estimado para estabilização da comunidade perífítica é em torno de quatro semanas (POMPÊO; MOSCHINI-CARLOS, 2003).

A riqueza e abundância do perífíton são influenciadas direta e indiretamente por uma ampla gama de fatores bióticos e abióticos e devido a sua posição na cadeia trófica, as interações entre os fatores podem ser bastante complexas (LOWE & PAN, 1996).

O perífíton contribui com cerca de 90% da produção primária total em ambientes lênticos, desempenhando reconhecido papel nos ciclos energéticos, consistindo na fonte principal ou dominante da síntese de matéria orgânica (VERCELLINO; BICUDO, 2006), além de permitir a transferência eficiente de nutrientes para os níveis tróficos superiores (GONZÁLEZ *et al.*, 2012), tais

como acumulação algal, decomposição (cadeia detritívora), herbivoria (cadeia dos consumidores) ou exportação de matéria orgânica (LAMBERTI, 1996).

Possui elevado valor nutritivo baseado nos teores de proteínas, vitaminas, minerais, fósforo, carboidratos solúveis, lipídeos, ácidos graxos poliinsaturados (PUFA), esteróis, aminoácidos e pigmentos (AZIM *et al.*, 2005), constituindo importante fonte complementar de alimento para as cadeias tróficas, especialmente cladóceros, copépodos, larvas de quironomídeos, oligochaetas e peixes, herbívoros e detritívoros, afetando seu crescimento, desenvolvimento, sobrevivência e reprodução (FERNANDES, 1993, 1997).

O forrageamento dos organismos aquáticos no perifíton aderido ao substrato também pode alterar a composição taxonômica e a diversidade do perifíton, como por exemplo, a maioria das tilápias é capaz de aproveitar fitoplâncton e perifíton como fonte de energia, pois apresentam adaptações morfológicas que permitem o aproveitamento desses organismos (SANDERSON *et al.*, 1996).

Os detritos presos na camada perifítica são rapidamente decompostos, sendo mais acessível aos organismos cultivados. Desta forma, o perifíton desempenha papel fundamental na ciclagem dos nutrientes, no balanço do pH, na remoção do gás carbônico, aumentando a produção de oxigênio e absorção dos compostos nitrogenados, principalmente a amônia e fósforo, minimizando assim a necessidade de trocas de água e aumentando a capacidade de carga do sistema de cultivo, podendo elevar a densidade de estocagem (KESHAVANATH *et al.*, 2002).

Adicionalmente, tornam-se crescentes as evidências sobre o perifíton na saúde dos peixes, proporcionando um ambiente mais estável, uma vez que serve como substrato acessório para comunidades bacterianas, diminuindo o desenvolvimento de bactérias patogênicas sobre os organismos cultivados. Estas atuam como probiótico e reduzem os riscos de doenças sobre os organismos cultivados por meio da exclusão competitiva de patógenos, melhorando os índices zootécnicos de sobrevivência e crescimento (THOMPSON *et al.*, 2002).

Diante do conhecimento dos fatores que interferem na comunidade perifítica, o objetivo deste estudo foi verificar se no cultivo de juvenis de tilápias do Nilo, a substituição parcial do alimento comercial completo (ração) pelo

perifíton garante maior eficiência no aproveitamento deste alimento natural em viveiros escavados e se esta substituição altera a comunidade perifítica em substratos de bambu.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Delineamento experimental

O experimento foi realizado em três viveiros escavados com 130 m² cada, localizados no IAC - Centro de Seringueira e Sistemas Agroflorestais em Votuporanga - SP. Cada unidade experimental foi representada por um viveiro escavado dividido ao meio longitudinalmente (Figura 2), sendo que em um dos lados, os peixes foram alimentados com 100% da ração recomendada diariamente e no outro lado, os peixes se alimentaram de 50% da ração recomendada diariamente. Em cada lado do viveiro, foram inseridos nove módulos de bambu para a produção de perifíton (Figura 2). O experimento foi iniciado com alevinos de tilápias do Nilo, *Oreochromis niloticus*, com peso médio de 2g e foi encerrado com 60 dias, quando os peixes atingiram o peso médio de 35g, totalizando uma produtividade aproximadamente de 7 t/ha⁻¹. A densidade de estocagem utilizada foi de 25 de peixes por m². A água de abastecimento foi proveniente de uma represa com fluxo contínuo e renovação da água equivalente a 6,2% dia⁻¹ do volume total do viveiro.

O delineamento experimental (DIC - Inteiramente Casualizado) constou de quatro tratamentos e três repetições, sendo avaliados: substratos protegidos (P) ou desprotegidos (D) da presença dos peixes e peixes alimentados com a porção diária de ração comercial recomendada (100%) ou alimentados com 50% da porção diária recomendada (50%).

A escolha do substrato de bambu foi realizada com base na disponibilidade deste substrato em propriedades rurais a custo zero e por este material proporcionar maior produtividade e melhor qualidade nutricional de perifíton (KESHAVANATH *et al.*, 2001)..

Nos tratamentos com inclusão de substrato, foram instalados dezoito módulos compostos por hastes de bambu com medida de 1m partidas

longitudinalmente, de modo a ocuparem 50% da área superficial do viveiro para a produção de perifíton. Em cada unidade experimental foi inserido, ainda, um módulo protegido com sombrite que constou de uma unidade amostral sem interferência do forrageamento pelos peixes (Figura 1). Os módulos foram colocados nos viveiros 25 dias antes do povoamento.



Figura 1. Substrato de bambu desprotegido e protegido com sombrite utilizado para o experimento.

Para o manejo alimentar foi utilizada ração comercial extrusada com 40% de proteína bruta, seguindo recomendações do fabricante, com o propósito de tornar o mais parecido possível do sistema comercial de produção, fornecendo de 12-6% do peso vivo durante o ciclo de produção. Os tratamentos não submetidos à restrição alimentar foram alimentados em cinco tratos diários e os tratamentos submetidos à restrição alimentar foram alimentados em três tratos diários, de modo a incentivar a busca do perifíton no decorrer do dia.



Figura 2. Esquema dos viveiros escavados utilizados para o experimento.

2.2 Avaliação qualitativa e quantitativa do perifíton

Foram realizadas três amostragens do perifíton para as análises qualitativas e quantitativas, sendo a primeira aos 10 dias de experimento, a segunda com 35 dias e a terceira com 60 dias. As amostras de perifíton foram obtidas através da raspagem total do material aderido de uma das hastes (uma haste do protegido e uma haste do desprotegido) de bambu que compõem o substrato de cada unidade experimental.

No momento da raspagem, foram tomadas as medidas de comprimento e largura das hastes para cálculo da área de substrato. Estas amostras foram acondicionadas em frascos e fixadas com formol 4%. Para a análise qualitativa e quantitativa dos organismos que compõem o perifíton, estes foram quantificados (ind/cm^2) por contagem de sub-amostras na câmara de Sedgewick-Rafter, sendo todas as contagens realizadas em triplicata.

Antes do preenchimento da câmara de contagem, as amostras eram vigorosamente homogeneizadas e aplicado 1mL na câmara em uma superfície plana, certificando-se de que não haviam bolhas de ar dentro da câmara após a vedação com a lâmina superior. A identificação foi realizada em nível de família, com a utilização de microscópio LEICA DM 750 / ICC50 e bibliografia específica: Bicudo & Menezes (2006); Belcher & Swale (1976); Sant'Anna *et al.*, (2012).

2.3 Matéria seca

Para quantificar a matéria seca perifítica produzida nos substratos foram colhidas amostras de ambos os ambientes (protegido ou não dos peixes; uma haste do protegido e uma haste do desprotegido), mensalmente, durante o experimento. O material coletado de uma das hastes do módulo de bambu e seco em estufa por 72 h a 60°C e após secagem a amostra foi pesada em balança analítica (0,0001 g), a fim de se obter a matéria seca (g) de cada unidade experimental por área conhecida.

2.4 Análise estatística

Inicialmente, verificou-se a normalidade dos dados conforme o teste de Shapiro Wilk a 5% de significância. Posteriormente, as comparações das variáveis foram realizadas com testes de inferência para comparação de médias com o Teste t, para amostras independentes, a 5% de significância quando as variáveis estão distribuídas conforme a normal e o teste de Mann Whitney a 5% de significância para variáveis que não seguem a distribuição de Gauss. Os dados foram analisados utilizando o software estatístico SPSS versão 25 de 2017 e Excel. O Teste t também foi aplicado para comparação das 3 réplicas de amostras obtidas na câmara de contagem para avaliação qualitativa do perifíton em todos os tratamentos e o teste comprovou homogeneidade das amostras ($p > 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto aos valores de matéria seca do perifíton, os substratos protegidos do forrageamento dos peixes apresentaram produtividade crescente (Tabela 1), indicando o desenvolvimento do perifíton, além de permitir a renovação e a colonização em sucessão dos organismos. O teor de 24 a 44 mg/cm⁻² de perifíton nos substratos desprotegidos pode ser considerado o valor residual que sobra após o forrageamento pelas tilápias. Khatoon *et al.*, (2007) afirmam que a rápida e contínua renovação do perifíton é uma fonte de

alimento natural importante, permitindo troca de nutrientes para níveis tróficos superiores (GONZÁLEZ *et al.*, 2012).

Tabela 1. Quantidade de matéria seca ($\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$) do perifíton colonizado no substrato de bambu, protegido e desprotegido em viveiros escavados de produção de juvenis de tilápias do Nilo.

Substratos	Matéria seca de perifíton ($\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$)		
	10º dia	35º dia	60º dia
Protegidos	53,44±28,34	94,34±71,47	174,93±154,50
Desprotegidos	23,62±17,65	30,68±7,66	44,30±17,47

Nas três avaliações (10, 35 e 60 dias) a densidade populacional de organismos do perifíton presentes nos substratos do grupo alimentado com 100% da porção diária de ração foi estatisticamente ($p<0,05$) superior à do grupo que recebeu 50% da porção diária de ração independentemente da presença ou ausência de proteção dos substratos ao acesso dos peixes.

Do total de 29 Famílias encontradas no perifíton, 12 Famílias (41,3%) apresentaram densidade populacional maior no grupo alimentado com 100% da ração em relação ao grupo alimentado com 50% de ração, independentemente do tempo de avaliação (10, 35 e 60 dias de cultivo dos peixes) ($p<0,05$). Dentre as 7 Famílias de organismos heterotróficos, 71,4% apresentaram maior densidade populacional no grupo alimentado com 100% da ração em relação ao grupo alimentado com 50% de ração, independentemente do tempo de avaliação ($p<0,05$), enquanto dentre as 22 Famílias de organismos autotróficos, 31,8% apresentaram densidade populacional maior no grupo alimentado com 100% da ração em relação ao grupo alimentado com 50% de ração, independentemente do tempo de avaliação ($p<0,05$) (Figura 3).

Estes resultados sugerem que juvenis de tilápia do Nilo sob-restrição alimentar de 50% da ração comercial recomendada consomem maior proporção de alimento natural proveniente do perifíton do que o grupo das que recebem 100% da ração diária recomendada. Dentre os organismos presentes no perifíton, o grupo de tilápias sob-restrição alimentar de ração comercial

demonstrou consumir preferencialmente 5 organismos heterotróficos (Brachionidae, Daphniidae, Nematóide, Parameciidae e Arceliidae) e 7 autotróficos (Desmidiaceae, Euglenaceae, Naviculaceae, Oocystaceae, Scenedesmaceae, Tabellariaceae e Zygnemaceae) (Figura 3).

A Família predominante no perifíton foi a Naviculaceae popularmente conhecidas como diatomáceas. As diatomáceas são consideradas um importante elo na cadeia alimentar nos ecossistemas aquáticos e, principalmente, como produtores primários (WETZEL, 1983). Estão presentes em ambientes diferenciados, podendo habitar o plâncton ou viver associados a algum tipo de substrato (ROUND, 1993), exercendo grande importância ecológica nos ciclos do carbono e da sílica (CHEPURNOV *et al.*, 2004), bem como na indicação de alterações ambientais. A maior predominância de Naviculaceae no perifíton pode estar relacionada às adaptações destes organismos para se fixarem ao substrato e, provavelmente, pelas suas amplas tolerâncias ecológicas, o que favorece uma adaptação rápida às condições locais (HOAGLAND *et al.*, 1982; LOBO *et al.*, 1985). Outro fator que pode influenciar na densidade das diatomáceas é a disponibilidade de compostos a base de sílica na coluna d'água, uma vez que esse é o principal constituinte de suas paredes celulares (ESTEVES, 2011).

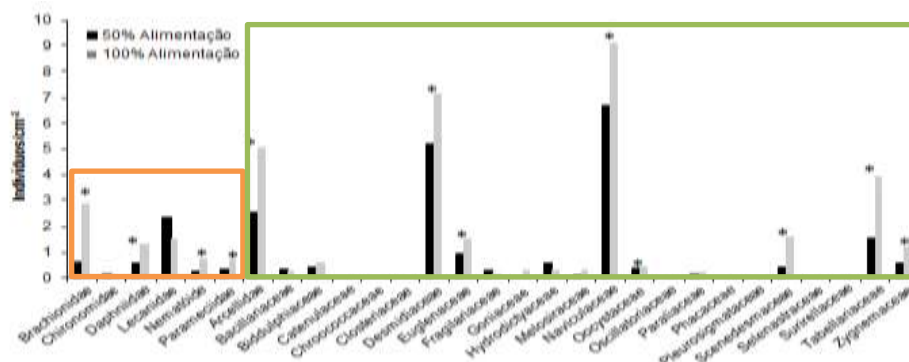


Figura 3. Média de organismos dos táxons de perifíton durante todo o período em substratos de bambu em cultivo de juvenis de tilápia do Nilo alimentadas com 50% e 100% da porção diária de ração comercial recomendada. (*) Organismos que apresentaram diferenças estatísticas ($p < 0,05$) apresentaram maior densidade populacional. Linha laranja: organismos heterotróficos; Linha verde: organismos autotróficos.

Com 10 dias de experimento, no tratamento alimentado com 50% da ração diária recomendada, o forrageamento dos peixes reduziu ($p < 0,05$) a densidade populacional de 11 organismos perifíticos, sendo 3 heterotróficos e 8 autotróficos (Figura 4A). No mesmo período de avaliação, o grupo alimentado

com 100% da ração comercial apresentou diferença estatística na densidade de 7 organismos perifíticos, com densidade populacional maior nos substratos desprotegidos em relação aos protegidos ($p < 0,05$) (Figura 4B).

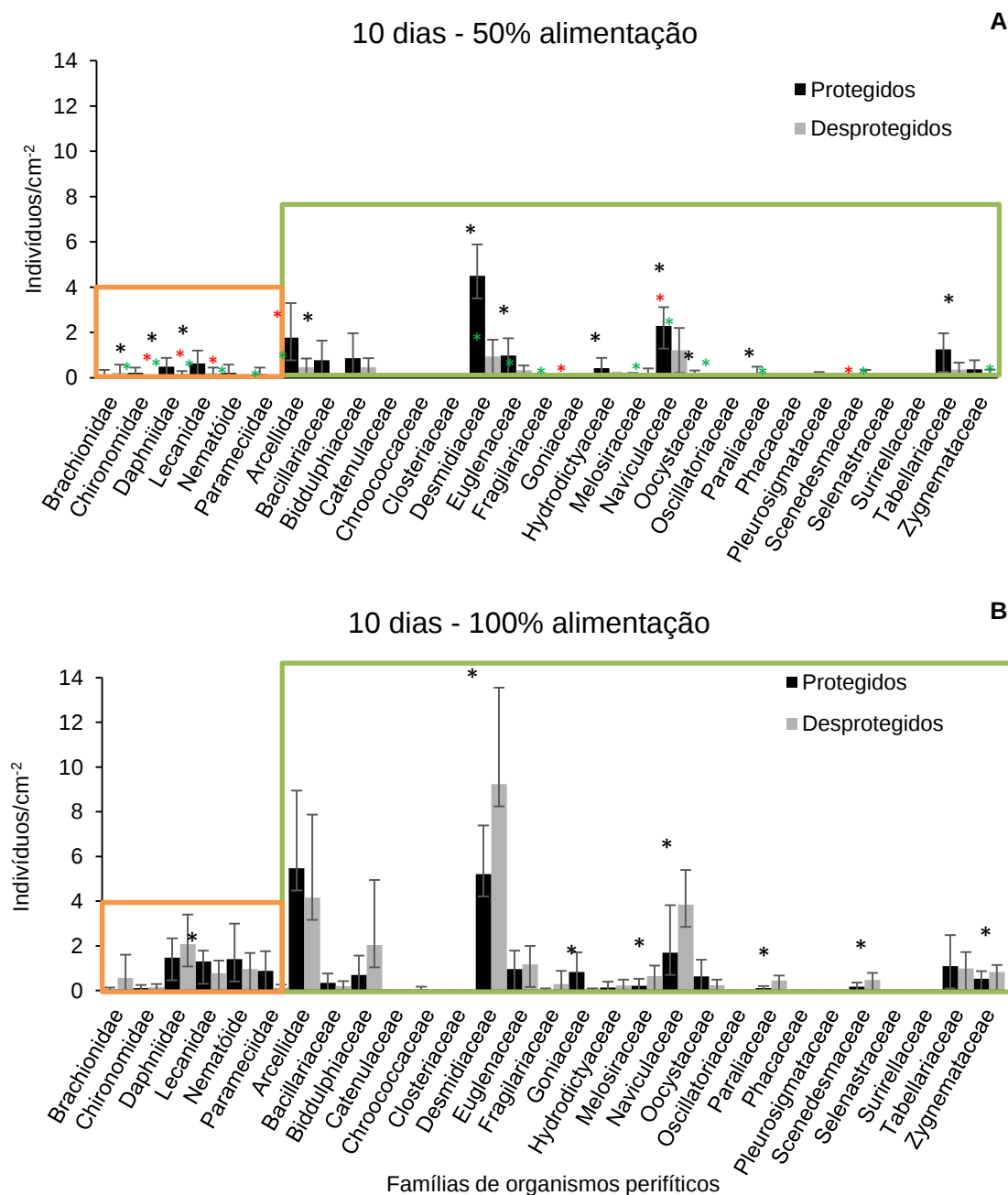


Figura 4. Média e desvio padrão de organismos perifíticos em substratos de bambu em viveiros protegidos ou desprotegidos do forrageamento por juvenis de tilápias aos 10 dias de cultivo. A - Tilápias alimentadas com 50% da porção diária de ração comercial recomendada. B - Tilápias alimentadas com 100% da porção diária de ração comercial recomendada. Linha laranja: organismos heterotróficos; Linha verde: organismos autotróficos. **Nota:** * - Diferença estatística ($p < 0,05$) entre os substratos protegidos e desprotegidos da ação dos peixes; (★) Diferença estatística ($p < 0,05$) nos substratos protegidos entre os grupos de peixes alimentados com 50% e 100% de ração comercial; (★) Diferença estatística ($p < 0,05$) nos substratos desprotegidos entre os grupos de peixes alimentados com 50% e 100% de ração comercial.

Nesta condição de alimentação completa oferecida pela ração comercial, os juvenis de tilápia demonstram dar preferência à ração comercial em relação ao perifíton. A maior densidade nos substratos desprotegidos indica, possivelmente, que o sombrite pode ter limitado parcialmente o desenvolvimento de alguns organismos autotróficos pela menor incidência de luminosidade ou por limitar o acesso aos nutrientes da coluna d'água.

Estudos comprovam, através de análise centesimal, que o perifíton é uma fonte nutricional muito importante para a tilápia, pois possui elevado valor nutritivo baseado nos teores de proteínas, vitaminas, minerais, fósforo, carboidratos solúveis, lipídeos, ácidos graxos poliinsaturados (PUFA), esteróis, aminoácidos, e pigmentos (AZIM *et al.*, 2005). Montgomery *et al.*, (1980) analisaram 16 algas perifíticas e encontraram teores de 8-10%, 2-5%, 52-60% e 25-38% para proteína, lipídios, carboidratos e cinzas, respectivamente, enquanto análises de Azim *et al.*, (2005) estimaram 23 a 32% de proteína bruta em perifíton aderidos ao bambu.

Nos demais tempos de avaliação, com 35 e 60 dias, este comportamento evidenciado aos 10 dias de cultivo se manteve, mas em menor intensidade, com redução de 5 organismos perifíticos no substrato desprotegido em relação ao protegido do grupo alimentado com 50% de ração aos 35 dias de alimentação (Figura 5A) e com maior densidade de 2 organismos nos substratos desprotegidos em relação aos protegidos no grupo alimentado com 100% de ração aos 35 dias (Figura 5B).

No 35º dia, o tratamento com 100% da ração com módulos desprotegidos, as famílias Desmidiaceae e Naviculaceae obtiveram maiores densidades ($p < 0,05$), ou seja, com maior disponibilidade de alimento ofertado aos peixes, não houve tanta necessidade de se buscar alimento natural nos substratos, o que contribuiu no aumento da densidade destas famílias.

A família Desmidiaceae é abundante em lagos e rios oligotróficos e mesotróficos (SOUZA; MELO, 2011), sendo mais encontrada em ambientes ácidos, com pH variando entre 4 e 7. (RAMOS *et al.*, 2010). Distribui-se de forma cosmopolita e destaca-se por sua natureza específica (FELISBERTO & RODRIGUES, 2002), podendo estar associada à comunidade perifítica, no metafíton e no plâncton (MARGALEF, 1983). Dentro desta família, existe uma classe chamada Zygnematophyceae ROUND (1971), bastante comum no

perifíton. Tal classe é caracterizada por ter reprodução sexuada conjugada e por não possuir flagelos nas células vegetativas e reprodutivas.

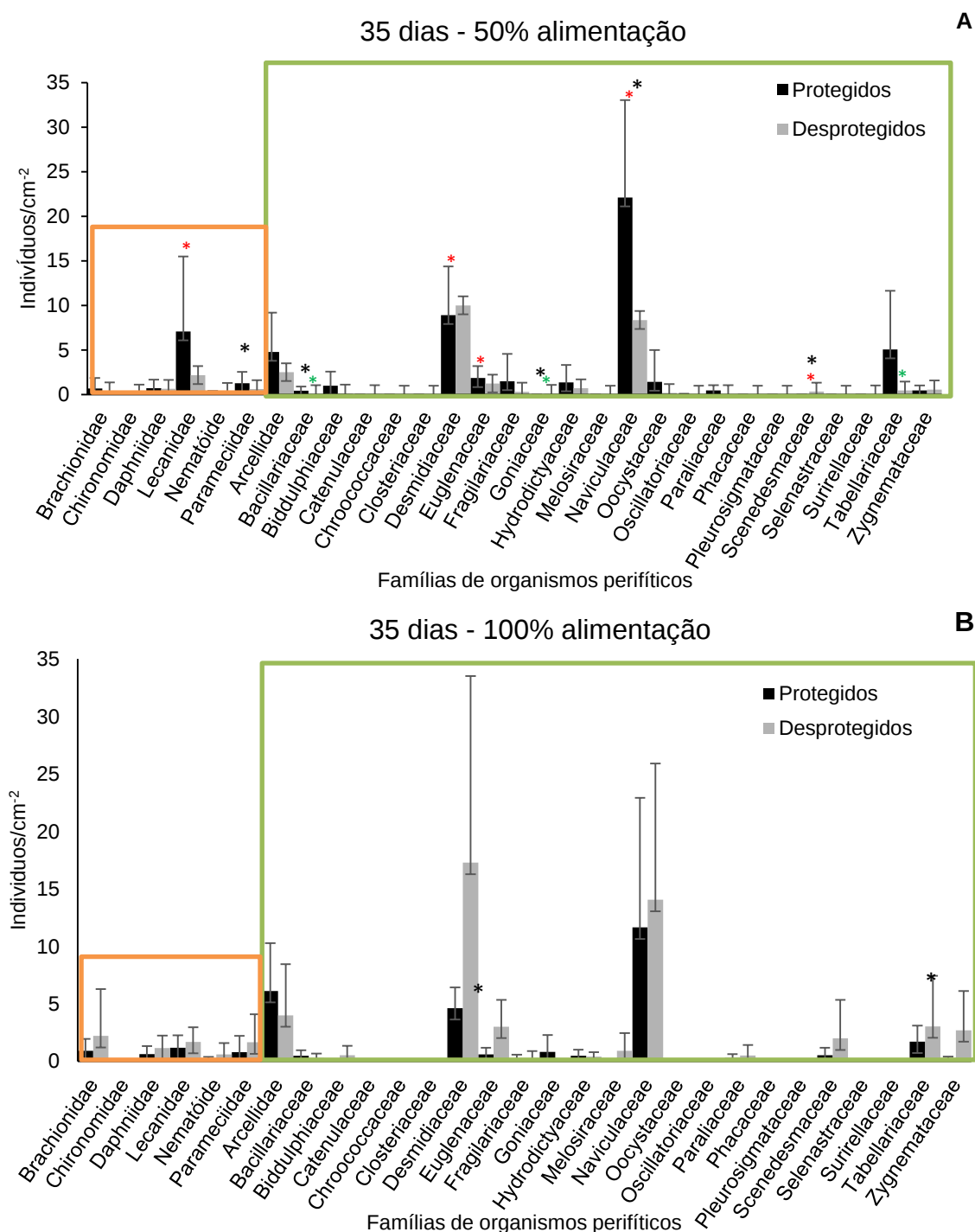


Figura 5. Média e desvio padrão de organismos perifítonicos em substratos de bambu em viveiros protegidos ou desprotegidos do forrageamento por juvenis de tilápias aos 35 dias de cultivo. A - Tilápias alimentadas com 50% da porção diária de ração comercial recomendada. B - Tilápias alimentadas com 100% da porção diária de ração comercial recomendada. Linha laranja: organismos heterotróficos; Linha verde: organismos autotróficos.

Nota: * - Diferença estatística ($p < 0,05$) entre os substratos protegidos e desprotegidos da ação dos peixes; (*) Diferença estatística ($p < 0,05$) nos substratos protegidos entre os grupos de peixes alimentados com 50% e 100% de ração comercial; (x) Diferença estatística ($p < 0,05$) nos substratos desprotegidos entre os grupos de peixes alimentados com 50% e 100% de ração comercial.

Ao final do cultivo, com 60 dias de experimento (Figura 6), houve menor densidade de 9 organismos nos substratos protegidos do grupo alimentado com 50% da ração em relação ao alimentado com 100% da ração ($p < 0,05$). Nos substratos desprotegidos, 4 organismos apresentaram esta menor densidade no grupo alimentado com 50% de ração em relação ao alimentado com 100% de ração ($p < 0,05$). Neste momento de avaliação, o grupo alimentado com 100% de ração apresentou menor densidade de Arcellidae e Tabellariaceae nos substratos desprotegidos em relação aos protegidos, indicando possível forrageamento pelas tilápias desses dois organismos.

Embora a avaliação qualitativa e quantitativa do perifíton tenha demonstrado a predominância de organismos autotróficos em relação aos heterotróficos, tanto em densidade populacional quanto em diversidade de Famílias, durante todo o experimento, o perifíton presente nos substratos foi caracterizado como heterotrófico por reduzir a concentração de oxigênio dissolvido nos tratamentos que continham substrato em relação aos sem a presença de substrato (RODRIGUES *et al.*, 2019 - Cap. 2). Estes resultados sugerem que a presença de bactérias heterotróficas nos substratos ocorreu em grande proporção reduzindo os valores de oxigênio dissolvido da água pelo processo de respiração. Os benefícios que o biofilme traz aos sistemas de produção aquática incluem a otimização do fluxo de nutrientes e energia (AZIM *et al.*, 2001), com consequente aumento da capacidade de carga do sistema.

A utilização de substratos em aquicultura proporciona, entre outras vantagens, a promoção do desenvolvimento da comunidade microbiana autóctone com ação probiótica sobre os organismos cultivados (AZAD *et al.*, 1997 *apud* AZIM *et al.*, 2001) diminuindo do risco de doenças através da exclusão competitiva de patógenos (ABREU *et al.*, 1998).

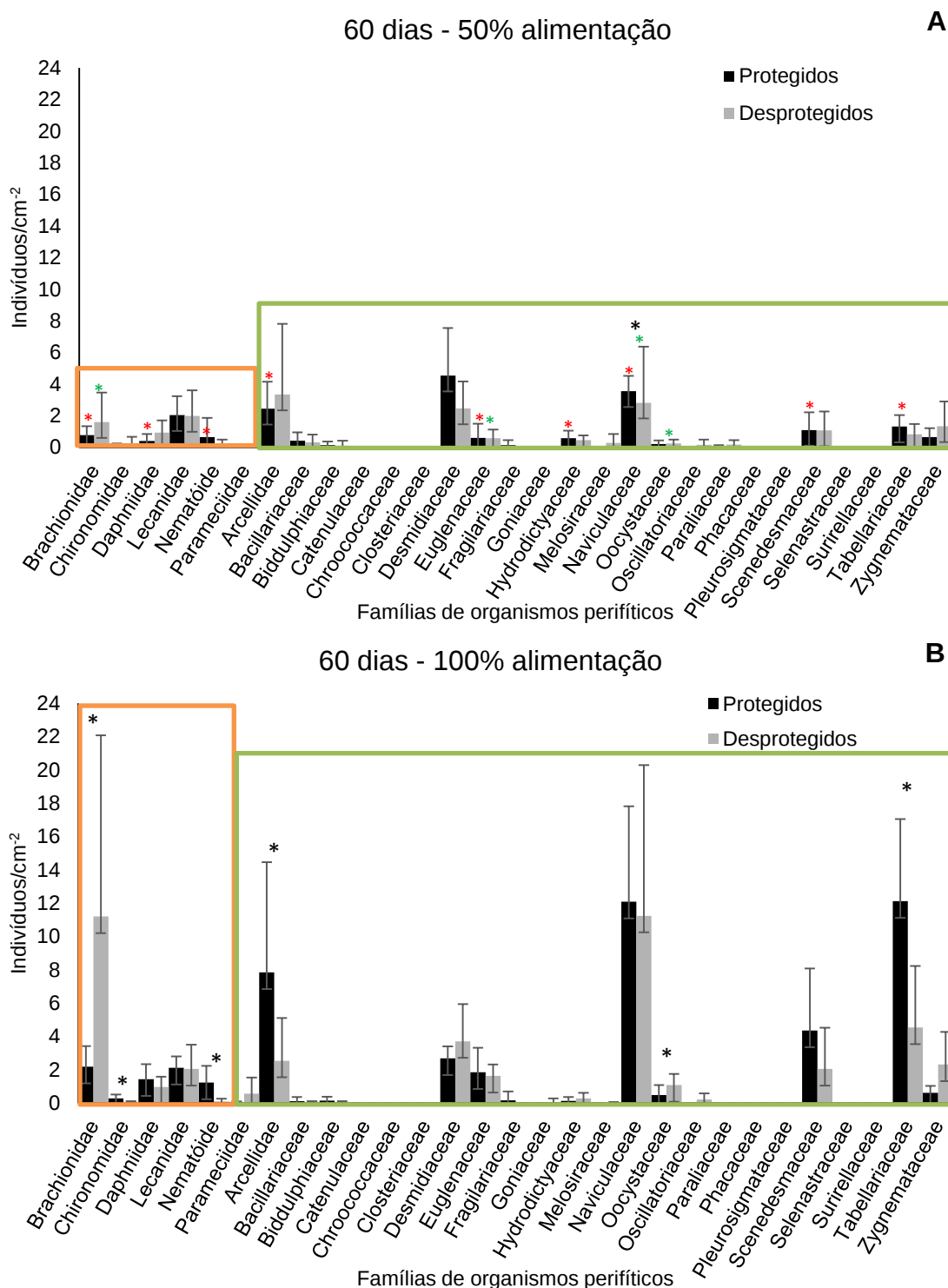


Figura 6. Média e desvio padrão de organismos perifíticos em substratos de bambu em viveiros protegidos ou desprotegidos do forrageamento por juvenis de tilápias aos 60 dias de cultivo. A - Tilápias alimentadas com 50% da porção diária de ração comercial recomendada. B - Tilápias alimentadas com 100% da porção diária de ração comercial recomendada. Linha laranja: organismos heterotróficos; Linha verde: organismos autotróficos.

Nota: * - Diferença estatística ($p < 0,05$) entre os substratos protegidos e desprotegidos da ação dos peixes; (*) Diferença estatística ($p < 0,05$) nos substratos protegidos entre os grupos de peixes alimentados com 50% e 100% de ração comercial; (*) Diferença estatística ($p < 0,05$) nos substratos desprotegidos entre os grupos de peixes alimentados com 50% e 100% de ração comercial.

O incremento na densidade populacional de organismos presentes no perifíton no grupo alimentado com 100% da ração recomendada pode ter ocorrido pela maior concentração de nutrientes oriundos de sobras de ração e fezes dos peixes em relação ao tratamento que recebeu 50% da porção diária. Nos tratamentos sem restrição alimentar, os substratos protegidos apresentaram menor densidade populacional da maioria das microalgas encontradas em relação aos substratos desprotegidos, indicando que o material utilizado para a proteção (sombrite) pode ter prejudicado o desenvolvimento desses organismos pela restrição na luminosidade ou acesso aos nutrientes. Lowe & Pan (1996) afirmam que a abundância do perifíton em ecossistemas aquáticos continentais lênticos é influenciada direta e indiretamente por uma ampla gama de fatores bióticos e abióticos, dentre eles a luminosidade, a turbidez da água, as características físicas e químicas da água e a abundância de seus consumidores (peixes, invertebrados aquáticos).

4. CONCLUSÃO

Ficou evidente que a oferta diária de ração na proporção recomendada pelo fabricante supriu nutricionalmente as necessidades dos juvenis de tilápia do Nilo, fazendo com que eles deixassem de forragear o perifíton na mesma proporção que ocorreu com o grupo alimentado com 50% da ração recomendada. Este resultado indica a necessidade de substituir parcialmente o alimento comercial completo (ração) pelo perifíton para se obter maior eficiência no aproveitamento deste alimento natural.

REFERÊNCIAS

ABREU, P.C.; THOMPSON, F.L.; WASIELESKY, W.JR.; CAVALLI, R.O. **New perspectives in the use of microorganisms in shrimp culture: Food source, water quality and diseases control**. Anais do I Congresso Sul-Americano de Aquicultura, v.2: 703-712. 1998.

AZAD, 1997 *apud* AZIM, M.; VERDEGEM, M.; WAHAB, M.; VAN DAM, A.; BEVERIDGE, M. Periphyton boosts production in pond aquaculture systems. **World Aquaculture**, 32(4) 57-61. 2001.

AZIM, M.E.; BEVERIDGE, M.C.M.; DAM, A.A. VAN; VERDEGEM, M.C.J. Periphyton and aquatic production: an introduction. In: **Periphyton: ecology, exploitation and management**. AZIM, M.E.; VERDEGEM, M.C.J.; VAN DAM, A.A.; BEVERIDGE, M.C.M. (Eds.), CABI Publishing, Cambridge, p. 1-13. 2005.

AZIM, M.E.; WAHAB, M.A.; VAN DAM, A.A.; BEVERIDGE, M.C.M.; HUISMAN, E.A.; VERDEGEM, M.C.J. Optimization of stocking ratios of two Indian major carps, rohu *Labeo rohita* Ham. and catla *Catla catla* Ham. in a periphyton-based aquaculture system. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 203, p. 33-49. 2001.

BELCHER, H.; SWALE, E. **A beginner's guide to freshwater algae**. London: H.M. Stationery Office, 47 p. 1976.

BICUDO, Carlos E. de M.; MENEZES, M. (Org.). **Gêneros de Algas de Águas Continentais do Brasil: Chave para Identificação e Descrições**. 2. ed. São Carlos: Rima Editora, 502 p. 2006.

CHEPURNOV, V. A. *et al.* Experimental Studies on Sexual Reproduction in Diatoms. **International Review Of Cytology**, [s.l.], p.91-154, 2004.

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

FELISBERTO, S.A. & RODRIGUES, L. **Desmidiáles (exceto o gênero Cosmarium) perifíticas no reservatório de Corumbá, Goiás, Brasil**. Iheringia, Série Botânica, 57: 75–97. 2002.

FERNANDES, V. O. **Variação temporal da estrutura e dinâmica da comunidade perifítica, em dois tipos de substrato, na lagoa Imboassica, Macaé (RJ)**. Tese (Doutorado) - UFSCar, 198p. São Carlos, 1997.

FERNANDES, V. O. **Estudos limnológicos na lagoa de Jacarepaguá (RJ): Variáveis abióticas e mudanças na estrutura e dinâmica da comunidade perifítica em *Typha dominguensis pers.*** Dissertação (Mestrado) - UFSCar, 131p. São Carlos, 1993.

GONZALEZ, J. J. G.; LONDOÑO, G. A. C.; PARDO-CARRASCO, S. C. Phytoplankton and periphyton in ponds with Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and bocachico (*Prochilodus magdalenae*). **Revista Colombiana de Ciências Pecuárias**, v.25, p.603-614, 2012.

HOAGLAND, K. D.; ROEMER, S. C.; ROSOWSKI, J. R. Colonization and community structure of two periphyton assemblages, with emphasis on the diatoms (Bacillariophyceae). **American Journal Of Botany**, [s.l.], v. 69, n. 2, p.188-213, fev. 1982.

KESHAVANATH, P. *et al.* The effect of periphyton and supplemental feeding on the production of the indigenous carps *Tor khudree* and *Labeo fimbriatus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 213, n. 1-4, p.207-218, out. 2002.

KHATOON, H. *et al.* Formation of periphyton biofilm and subsequent biofouling on different substrates in nutrient enriched brackishwater shrimp ponds. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 273, n. 4, p.470-477, dez. 2007.

LAMBERTI, G. A.. The Role of Periphyton in Benthic Food Webs. **Algal Ecology**, [s.l.], p.533-572, Elsevier. 1996.

LOBO, E.; BUSELATO-TONIOILLI, T.C. **Tempo de exposição de um substrato artificial para o estabelecimento da comunidade de perifiton no curso inferior do Rio Caí, Rio Grande do Sul, Brasil**. Rickia, São Paulo, v. 12, p.35-51, 1985.

LOWE, R. L.; PAN Y. Benthic algal communities and biological monitors. In Stevenson, R. J., M. Bothwell & R. L. Lowe (eds), **Algal ecology: Freshwater benthic ecosystems**. Academic Press, San Diego: p.57-76. 1996.

MARGALEF, R. **Limnologia**. Barcelona: Omega S.A. 1010 p. 1983.

MONTGOMERY, W. L.; GERKING, S. D. Marine macroalgae as foods for fishes: An evaluation of potential food quality. **Environmental Biology of Fishes**, [s.l.], v. 5, n. 2, p.143-153, abr. 1980.

POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. **Macrófitas aquáticas e perifiton: Aspectos ecológicos e metodológicos**. Rima Editora, São Carlos: 136 p. 2003.

RAMOS, G. J. P.; OLIVEIRA, I. B.; MOURA, C. W. N. Desmídias de ambiente fitotelmata bromelícola da Serra da Jiboia, Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p.103-113, dez. 2010.

RODRIGUES, R. A.; CAMPOS, D. W. J. ; DAVID, L.H.C.; ROMERA, D. M.; GARCIA, F. **Caracterização físico-química da água em cultivo de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com o uso de substrato**. Cap. 2. Dissertação (Mestrado) - Curso de Aquicultura, CAUNESP, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Jaboticabal, 2019.

ROUND, F.E. **A review and methods for the use of epilithic diatoms for detecting and monitoring changes in river water quality: methods for the examination of waters and associated materials**. H. M. Stationary Office, London. 65 p. 1993.

ROUND, F.E.. The taxonomy of the Chlorophyta. II. **British Phycological Journal**, [s.l.], v. 6, n. 2, p.235-264, out. 1971.

SANDERSON, S.L., STEBAR, M.C., ACKERMAN, K.L., JONES, S.H., BATJAKAS, I.E., KAUFMAN, L. Mucus entrapment of particles by suspension-feeding tilapia (Pisces: Cichlidae). **J. Exp. Biol.** 199, 1743-1756. 1996.

SANT'ANNA, C.L.; TUCCI, A.; AZEVEDO, M.T.P.; MELCHER, S.S.; WERNER, V.R.; MALONE, C.F.S.; ROSSINI, E.F.; JACINAVICIUS, F.R.; HENTSCHEKE, G.S.; OSTI, J.A.S.; SANTOS, K.R.S.; GAMA-JÚNIOR, W.A.; ROSAL, C. & ADAME, G. **Atlas de cianobactérias e microalgas de águas continentais brasileiras**. Instituto de Botânica, Núcleo de Pesquisa em Ficologia. São Paulo. 175 p. 2012.

SOUZA, K. F.; MELO, S. Levantamento taxonômico de desmídias (Chlorophyta) do lago Novo (Amapá, Brasil): gêneros *Staurastrum*, *Staurodesmus* e *Xanthidium*. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 41, n. 3, 2011.

THOMPSON, F. L.; ABREU, P. C.; WASIELESKY, W. Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 203, n. 3-4, p.263-278, jan. 2002.

VERCELLINO, I. S.; BICUDO, D. C. Sucessão da comunidade de algas perifíticas em reservatório oligotrófico tropical (São Paulo, Brasil): comparação entre período seco e chuvoso. **Revista Brasileira de Botânica**, [s.l.], v. 29, n.3, p.363-377, set. 2006.

WETZEL R.G. **Periphyton of Freshwater Ecosystems. Developments in Hydrobiology**, vol 17. Netherlands: Springer, 1983.