

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA

**Impacto do manejo de viveiros na qualidade da
água e dos efluentes durante a recria de
tambaqui, *Colossoma macropomum***

Ana Maria Dias da Silva

**Dissertação apresentado ao Programa de Pós-graduação em Biologia
Tropical e Recursos Naturais do convênio INPA/UFAM, como parte dos
requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas,
área de concentração em Biologia de Água Doce e Pesca Interior.**

**Manaus – AM
2005**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA

**Impacto do manejo de viveiros na qualidade da
água e dos efluentes durante a recria de
tambaqui, *Colossoma macropomum***

Ana Maria Dias da Silva

Orientador: Dr. Rodrigo Roubach
Co-Orientador: Dr. Levy de Carvalho Gomes

**Dissertação apresentado ao Programa de Pós-graduação em Biologia
Tropical e Recursos Naturais do convênio INPA/UFAM, como parte dos
requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas,
área de concentração em Biologia de Água Doce e Pesca Interior.**

Financiamento: International Foundation for Science/Fapeam/Embrapa

Manaus – AM
2005

*Ao meu pai Antônio, à minha mãe Antônia
e a minha tia Noemita (in memoriam).
Obrigada pela força.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tornar realidade todos os fatos e momentos que achamos impossíveis que ocorram em nossas vidas.

Ao Dr. Rodrigo Roubach pela orientação e plena confiança durante a elaboração deste trabalho.

Ao Dr. Levy de Carvalho Gomes pela orientação, ensinamentos, paciência e amizade que foram fundamentais para minha formação.

Aos meus pais Antônio, Antônia, aos meus irmãos Mariana, Maria Ivone, Maria José, José Maria, Raimundo e Mário Jorge, e a todos os outros da família por terem guiado e facilitado minha formação pessoal e profissional.

À minha tia Noemita (in memoriam), espero que esteja vendo ai de cima que não esqueci seus ensinamentos.

A Dra. Andréa Viviana Wachimam por ter possibilitado algumas análises.

As amigas Maeda e Rafaela, que nossa amizade ultrapasse a distância e o tempo.

Ao Zezinho e a todos da secretaria do CPBA pelo apoio durante o curso.

A Carminha, pela amizade e tudo que se refere ao BADPI.

A Dra. Ângela Varella.

A todos meus colegas da turma de 2003, por todo companheirismo e ajuda prestativa, que fizeram desse período uma ótima lembrança de convívio Aprígio, Ana Cristina, Alzira, Gilberto, Grace, Karén, Leocy, Marcelo, Renato, Rafael, Suelen, Vivien. E colegas da turma de 2004, em especial ao Renildo, a Janaína e o Gelson.

Aos amigos do Laboratório de Piscicultura da Embrapa Franmir, André e Diva. Em especial agradeço a técnica de laboratório Márcia Pessoa e ao Marcus Brito (Pingo), pelo auxílio imprescindível na análise do material.

Aos professores do BADPI, pela construção e reconstrução de conhecimentos e experiências vivenciadas neste período, que foram determinantes para minha formação pessoal e profissional.

A Fapeam pela concessão da bolsa.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia- INPA

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa

A Sepror/Sepa/AM pela infraestrutura cedida.

A todos os funcionários da Estação de Piscicultura de Balbina, em especial ao Senhor Evandro.

Aos estagiários Lizandra (Teia), Karina, Alessandro e Elandre, pela ajuda e companhia durante o experimento.

E para todas as pessoas, que sempre me motivaram, e que da alguma forma ajudaram nesse trabalho.

Agradeço também, a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para elaboração deste trabalho.

597.5 Silva, Ana Maria Dias
S586i

Impacto do manejo de viveiros na qualidade da água e dos efluentes durante a recria de tambaqui, *Colossoma macropomum*. Ana Maria Dias da Silva.— Manaus. **50f.**

Dissertação (Mestrado) INPA/UFAM, 2005.

1. Aqüicultura 2. Tambaqui 3. Piscicultura 4. Qualidade de água 5. Efluentes 6. Juvenil 7. *Colossoma macropomum* 8. Manejo 9. Limnologia 10. Impactos

Sinopse

Foi realizado um estudo sobre a qualidade da água e dos efluentes originários da piscicultura de juvenis de tambaqui *Colossoma macropomum* em viveiros escavados com diferentes formas de manejo, para avaliar a qualidade da água e dos efluentes gerados pela piscicultura na região. Foram avaliados também o crescimento e produtividade durante esta fase de vida dos tambaquis.

Palavras-chave: Tambaqui, Piscicultura, Aqüicultura, *Colossoma macropomum*, Qualidade de água, Efluentes, Manejo, Limnologia, Impactos.

RESUMO

O tambaqui é a principal espécie de peixe criada no Amazonas. Porém, ainda não se sabe o potencial poluidor da atividade, desta forma o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da água e dos efluentes durante a recria de tambaqui em viveiros manejados de diferentes formas. Os peixes ($0,41 \pm 0,25g$ e $2,81 \pm 0,52cm$), foram confinados aleatoriamente em 9 viveiros (escavados) de $600m^2$ em uma densidade de 8 peixes/ m^2 por um período de 60 dias, onde foram submetidos a três tratamentos: 1) viveiro fertilizado e calado, 2) viveiro calado e 3) sem manejo. Foi oferecida ração comercial com 34% de proteína bruta, sendo a frequência alimentar de 3x/dia. Não houve diferenças significativas nos parâmetros de crescimento e produtividade para os tratamentos estudados. Foram encontrados três principais itens alimentares no estômago do tambaqui, inseto, zôo/fitoplâncton e ração, não havendo diferenças significativas entre os tratamentos, quanto a proporção na ingestão destes itens. O consumo de inseto e fito/zooplâncton diminuiu, enquanto o consumo de ração aumentou ao longo do experimento ($p=0,017$). Quanto as variáveis limnológicas analisadas dentro dos viveiros: alcalinidade ($p=0,00036$), dureza ($p=0,00008$) e CO_2 ($p=0,0054$) apresentaram diferenças entre os tratamentos. Enquanto que a clorofila ($p=0,359$), transparência (0,228), amônia ($p=0,301$), nitrito ($p=0,1128$), temperatura ($p=0,86$) e oxigênio dissolvido ($p=0,45$), não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos. Na análise dos efluentes as variáveis demanda bioquímica de oxigênio ($p=0,359$), material sedimentável ($p=0,573$) e sólidos em suspensão ($p=0,06$) não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos; enquanto que para a demanda química de oxigênio ($p=0,0067$), fósforo total ($p=0,0012$), ortofosfato ($p=0,0017$), amônia ($p=0,018$) e nitrito ($p=0,0213$) apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos. A fertilização com fonte de fósforo deve ser evitada, pois os efluentes são potencialmente impactantes. Foi observado que a fertilização e a calagem nos viveiros não são manejos indispensáveis para a recria de tambaqui, uma vez que o crescimento e a produtividade foram semelhantes entre os três tipos de manejos de viveiros testados.

ABSTRACT

Tambaqui is the main specie raised in the Amazon state. However there is no information regarding the potential pollution for this activity, therefore this work objective was to evaluate water quality and effluents during tambaqui second growth phase in differently managed ponds. Fish ($0.41 \pm 0.25\text{g}$ and $2.81 \pm 0.52\text{cm}$) were confined at random in 9 excavated 600m^2 ponds at a density of 8 fish/m^2 for a period of 60 days, where they were submitted to three treatments: 1) fertilized and limed pond, 2) limed pond, 3) no management. A commercial feed with 34% crude protein was offered at a frequency of 3x/day. There were no significant differences for growth and productivity parameters studied. Three main items were found in tambaqui stomach, insect, zoo/phytoplankton and commercial feed, without a significant difference among treatments regarding the ingestion proportionality of these items. Insect and zoo/phytoplankton consumption decreased, while commercial feed consumption increased along the experiment ($p=0.017$). As for the limnological variables analyzed in the ponds: alkalinity ($p=0.00036$), hardness ($p=0.00008$) and CO_2 (0.0054) presented differences among treatments. At the same time chlorophyll ($p=0.359$), transparency (0.228), ammonia ($p=0.301$), nitrite ($p=0.1128$), temperature ($p=0.86$) and dissolved oxygen ($p=0.45$), did not presented significant statistical differences among treatments. In the effluents analysis, the variables biochemical oxygen demand ($p=0.0067$), total phosphorus ($p=0.0012$), orthophosphate ($p=0.0017$), ammonia ($p=0.018$) and nitrite ($p=0.0213$) presented significantly differences among treatments. Fertilization with a phosphorus source should be avoided, since the effluents are potentially impacting. It was observed that pond fertilization and liming are not indispensable management for tambaqui second growth phase, since growth and productivity were similar among the three pond management tested.

SUMÁRIO

I.	Introdução.....	01
II.	Objetivos	07
III.	Material e métodos.....	08
	III.1. Animais experimentais	09
	III.2. Delineamento experimental.....	10
	III.3. Preparo dos viveiros.....	10
	III.4. Procedimento experimental.....	10
	III.5. Aproveitamento da alimentação	11
	III.6. Qualidade da água	12
	III.7. Efluentes	13
	III.8. Análises estatísticas	14
IV.	Resultados.....	15
IV.1.	Crescimento	15
IV.2.	Produtividade.....	16
IV.3.	Alimentação	16
IV.4.	Variáveis limnológicas dos viveiros analisadas no período da criação.....	18
IV.5	Efluentes analisados nos viveiros.....	21
IV.6.	Glicose sanguínea.....	25
V.	Discussão.....	25
VI.	Conclusões.....	39
VII.	Referências Bibliográficas	40

Tabela 1.	Crescimento de juvenis de tabaqui durante a recria em viveiros com diferentes tratamentos. Os resultados são médias \pm erro-padrão de três repetições de cada tratamento.	15
Tabela 2.	Produtividade de juvenis de tabaqui durante a recria em viveiros, após 60 dias de criação. Os resultados são média \pm erro-padrão de três repetições de cada tratamento.	16
Tabela 3.	Variáveis limnológicas analisadas, durante a recria de juvenis de tabaqui, com três diferentes tipos de manejos.....	19
Tabela 4.	Variáveis dos efluentes analisados durante a recria de juvenis de tabaqui, com três diferentes tipos de manejos.....	23

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Centro de Aqüicultura de Balbina	08
Figura 2.	Exemplar de tambaqui <i>Colossoma macropomum</i>	09
Figura 3.	Freqüência porcentual relativa dos itens alimentares de juvenis de tambaqui no período de 6 (A), 21 (B), 36 (C) e 51 (D) dias de criação	17
Figura 4	Variáveis limnológicas analisadas semanalmente dentro dos viveiros durante a recria de juvenis de tambaqui com três diferentes tipos de manejo.....	19
Figura 5	Variáveis analisadas diariamente em dois períodos (manhã e tarde) dentro dos viveiros de recria de tambaqui com três diferentes tipos de manejos.....	21
Figura 6	Variáveis analisadas nos efluentes semanalmente durante a recria de tambaqui com três diferentes tipos de manejos.....	24
Figura 7	Glicose sanguínea dos peixes em viveiros com três diferentes tipos de manejo.....	25

I. Introdução

A aqüicultura é uma alternativa para a produção de alimentos, fornecendo cerca de 30% da produção mundial de peixe (Anonymous, 2001). É o sistema de produção de alimentos que mais cresce no mundo, o que implica no desenvolvimento de novas tecnologias de produção e de industrialização, no entanto, deve-se levar em consideração sua sustentabilidade ambiental, social e econômica (Boyd, 2003). Uma das causas desse crescimento é o aumento da demanda por proteína de origem animal, associado à redução dos estoques pesqueiros. A aqüicultura é também uma atividade estratégica na geração de desenvolvimento econômico e social (Rosa, 1985).

A aqüicultura é considerada mundialmente como o setor agropecuário que mais cresceu na última década (FAO, 2000; Ozório, 2001). A produção anual total da aqüicultura brasileira vem apresentando uma média de crescimento de 30%, índice superior à média mundial, que gira em torno de 10% (FAO, 2000; Roubach *et al.*, 2003). A rápida e recente expansão da aqüicultura no Brasil reflete o aumento da demanda por parte da população envolvendo a oferta de alimentos (Nascimento, 1997). Este significativo crescimento tem colocado para o setor algumas questões associadas a sustentabilidade e competitividade. Em decorrência dessa expansão, a poluição das águas causada pelo acúmulo de substâncias contidas nos efluentes da aqüicultura, é tida como um dos principais problemas ambientais encontrados nos ecossistemas aquáticos (Wainberg & Câmara, 1998).

Na Amazônia a aqüicultura é a atividade zootécnica que mais cresce, e a principal espécie criada é o tambaqui, *Colossoma macropomum*, havendo um

sistema de criação em viveiros disponibilizados para a espécie (Melo *et al.*, 2001).

Criação do *Colossoma macropomum* na Amazônia

Na Amazônia Central os estoques de tambaqui (Figura 2) encontram-se sobre-explorados (Bayley & Petrere, 1989; Falabela, 1994; Isaac & Rufino, 1996), estando na lista de espécies protegidas pelo IBAMA, possuindo período de defeso para ajudar na recuperação dos estoques. Suas características nos ambientes de criação são muito boas, pois se adapta facilmente ao cativeiro, aceita bem rações, grãos e sub-produtos agro-industriais. Apresenta boa conversão alimentar, facilidade de manejo para reprodução induzida, com uma conseqüente disponibilidade de juvenis, rápido crescimento e fácil manejo (Kramer *et al.*, 1978; Castagnolli, 1992), além da resistência a doenças, tolera baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água (Val, 1993; Almeida-Val *et al.*, 1993; Val & Honckzaryk, 1995), sendo bem adaptado a temperaturas entre 26° e 35°C (Saint-Paul, 1986).

A criação de tambaqui na região Amazônica utiliza viveiros e barragens que são preparados anualmente para receber os peixes. O modo de preparo leva em consideração a limpeza, a calagem para correção da acidez do solo, o abastecimento e a fertilização dos viveiros. Experimentos em cativeiro utilizando viveiros/barragens mostraram que se a criação for realizada obedecendo aos critérios estipulados de densidade (3.250 peixes/ha), alimentação (ração com 28% de proteína bruta, oferecida duas vezes ao dia) e mantendo a qualidade da água dentro da zona de conforto para peixes, esta espécie pode atingir 3,1kg de peso em 1 ano e uma produção de até 10ton/ha/ano (Melo *et al.*, 2001).

O manejo de viveiros utilizados para a recria e engorda de tambaqui no sistema de criação estabelecido por Melo *et al.* (2001) é adaptado de um sistema utilizado para carpas, o qual consiste na adubação periódica dos viveiros. A adubação nesta fase de criação do tambaqui é recomendada para a manutenção de fito e zooplâncton que servirão de alimento. Porém a adubação e consequente produção de plâncton podem causar efeitos negativos: na qualidade da água, com grandes oscilações nas concentrações de oxigênio dissolvido, dióxido de carbono e amônia; e nos efluentes, que são potencialmente nocivos ao ambiente;

Estudos recentes com larvicultura de tambaqui mostram que a partir do momento que os peixes aceitam ração esta passa a ser a principal fonte de alimento, chegando a 100% do conteúdo estomacal (Zaniboni-Filho, 1992), porém este estudo ainda não foi realizado durante as fases de recria e engorda. Caso seja confirmado que o tambaqui não utiliza mais o plâncton durante o crescimento, a adubação dos viveiros pode ser uma prática dispensável.

Impacto Ambiental

A aqüicultura, como qualquer outra atividade de produção, não escapa daquilo que se conhece como impacto ambiental (Arana,1999). E tem sido duramente criticada por alguns setores governamentais e não governamentais. Segundo Pillay (1992) os principais impactos ambientais causados pela aqüicultura são os conflitos com o uso dos corpos d'água, a sedimentação e a obstrução dos fluxos da água; a hipernutrição e eutrofização; a descarga dos efluentes de viveiros de cultivo e a poluição por resíduos químicos empregados nas diferentes fases da criação. A expansão da aqüicultura,

especialmente com o uso de técnicas semi-intensivas e intensivas de criação, envolvendo a oferta de alimentos, pode levar a uma sobrecarga do ecossistema e causar alterações em sua estrutura e funcionamento (Chua, 1992; Currie, 1994; Wu, 1995; Nascimento, 1997).

Como toda e qualquer atividade produtiva a piscicultura moderna deve estar embasada em três pilares: a produção lucrativa, a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento social. Os três componentes são essenciais e indissociáveis para que se possa ter uma atividade perene e esta depende, fundamentalmente dos ecossistemas nos quais está inserida, sendo necessário estarem conservados para possibilitarem a manutenção da atividade (Valenti *et al.*, 2000).

Os aqüicultores devem ter noções suficientes sobre qualidade de água de abastecimento e de descarga, para que sejam capazes de selecionar corretamente os lugares onde serão realizados os futuros empreendimentos. Igualmente, pelo atual estado de deterioração ambiental que se enfrenta, é imperativo que o aqüicultor aprenda a não converter uma estação de criação em mais um agente de poluição (Arana, 1999).

O estudo de impactos ambientais sobre viveiros impõe necessariamente a exigência de minuciosos estudos sobre a qualidade da água. A qualidade dos efluentes se modifica ao longo do período de criação e pode ser crítica na última fase da criação e durante a despesca, quando parte do sedimento é ressuspensionado. A descarga de efluentes com alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO) pode causar redução no oxigênio nas águas receptoras; da mesma forma, a descarga de efluentes ricos em nutrientes pode acarretar hipernutrição e eutrofização; e a descarga de efluentes ricos em matéria

orgânica pode causar mudanças na produtividade e estrutura da comunidade bentônica adjacente (Macintosh & Phillips, 1992; Boyd & Musig, 1992; Primavera, 1993; FAO/NACA, 1995; Teichert-Coddington, 1995).

O manejo e preparo de viveiros é uma prática comumente utilizada na aquicultura, que tem efeito direto na qualidade dos efluentes (Boyd & Tucker, 1998). O manejo é realizado por diversas finalidades como por exemplo: aeração do solo por meio da secagem de viveiros (Boyd & Teichert-Coddington, 1994), manter a dureza e alcalinidade da água em concentrações adequadas para a produção de peixes por meio da calagem (Egna & Boyd, 1997; Gomes *et al.*, 2000) e aumentar a produção de plâncton por meio do uso periódico de adubos (Boyd & Tucker, 1998).

Existem sistemas de produção estabelecidos que tem o manejo de viveiro como etapa fundamental, como por exemplo para as carpas (Horvarth *et al.*, 2002) e para o tambaqui (Melo *et al.*, 2001), porém estes sistemas de criação levam em consideração o aumento de produtividade sem dar importância ao impacto ambiental que este manejo pode ter com efluentes altamente poluidores. Seo & Boyd (2001a) estudaram diversos tipos de manejo de viveiros durante a produção de “channel catfish”, *Ictalurus punctatus*, e verificaram que a produção é igual em viveiros manejados e em viveiros não manejados. Este resultado mostra que a produção de peixes pode ser mantida mesmo que seja direcionada para uma produção menos poluidora e não apenas para alcançar produtividade máxima.

Boas Práticas de Manejo

A aquicultura desempenha um papel importante para alcançar o desenvolvimento sustentável. Porém, para que seja sustentável é preciso

identificar os fatores internos que contribuem para sua sustentabilidade, determinar os efeitos econômicos da aquicultura nos ambientes externos e discernir acerca das políticas que contribuam para uma aquicultura sustentável (Bardach, 1995; Tisdell, 1995). A aquicultura pode interagir com o meio ambiente de forma neutra, positiva ou negativa. No entanto, as interações negativas são as mais visíveis.

Recentemente uma linha de pesquisa vem aumentando em importância, que é o estabelecimento das Boas Práticas de Manejo (BPM) (Boyd & Queiroz, 1997; Boyd *et al.*, 2000). O princípio do estabelecimento das BPM's é a produção sustentável da piscicultura com preocupação com o ambiente. O estabelecimento das BPM's para as principais espécies criadas no mundo será uma obrigatoriedade em poucos anos, principalmente porque a água é um recurso que está diminuindo devido seu uso indiscriminado (Boyd, 2003).

As BPM's são regras a serem seguidas para melhoria do ambiente e devem ser relacionadas ao desempenho econômico da criação. Por exemplo, suponha que as BPM indiquem que se devem baixar as taxas de estoques e usar melhor a alimentação. As taxas de estoque mais baixas e as menores entradas da alimentação resultarão na melhor qualidade de água, no menor estresse, um crescimento mais rápido, em melhores conversões da alimentação e em menos desperdício produzido, aumentando assim a eficiência e os lucros (Boyd, 2003). Um exemplo clássico das BPM's é a utilização de biofiltros (Sipaúba-Tavares *et al.*, 2003). As BPM's são consideradas como um dos melhores meios disponíveis e práticos de impedir o impacto ambiental particular ou ainda permitir que a produção seja conduzida de maneira economicamente eficiente (Boyd, 2003). As BPM's são bases para

os códigos de conduta que já estão sendo aplicados em alguns países da Europa, nos Estados Unidos da América em alguns países tropicais, algumas organizações, e associações ligadas a aqüicultura mundial.

Neste trabalho foi estudada a influência do manejo dos viveiros sobre a qualidade da água e o impacto causado pelos efluentes durante um período de 60 dias (fase de recria do tambaqui), bem como estudado os parâmetros de crescimento, produção e alimentação do tambaqui durante esta fase, ampliando assim os conhecimentos sobre os potenciais impactos ambientais causados pela piscicultura.

II. Objetivo

Geral:

Aperfeiçoar o sistema de produção de recria de tambaqui *Colossoma macropomum* em viveiros existentes e possibilitando a diminuição da possível capacidade poluidora.

Específicos:

- 1) Comparar a produção de juvenis de tambaqui em viveiros com e sem fertilizantes durante a recria.
- 2) Identificar a qualidade dos efluentes nos diferentes tratamentos a que serão submetidos os viveiros com relação à presença e ausência de fertilizantes.
- 3) Sugerir um sistema de produção com baixo impacto ambiental.

Hipóteses

1- A fertilização dos viveiros não favorece o crescimento do tambaqui durante a recria.

2- Viveiros fertilizados promovem mais flutuações nas variáveis de qualidade de água e os efluentes são mais impactantes do que os viveiros não fertilizados.

III. Material e métodos

O experimento foi conduzido na estação de Piscicultura de Balbina, município de Presidente Figueiredo, Amazonas (Figura 1).

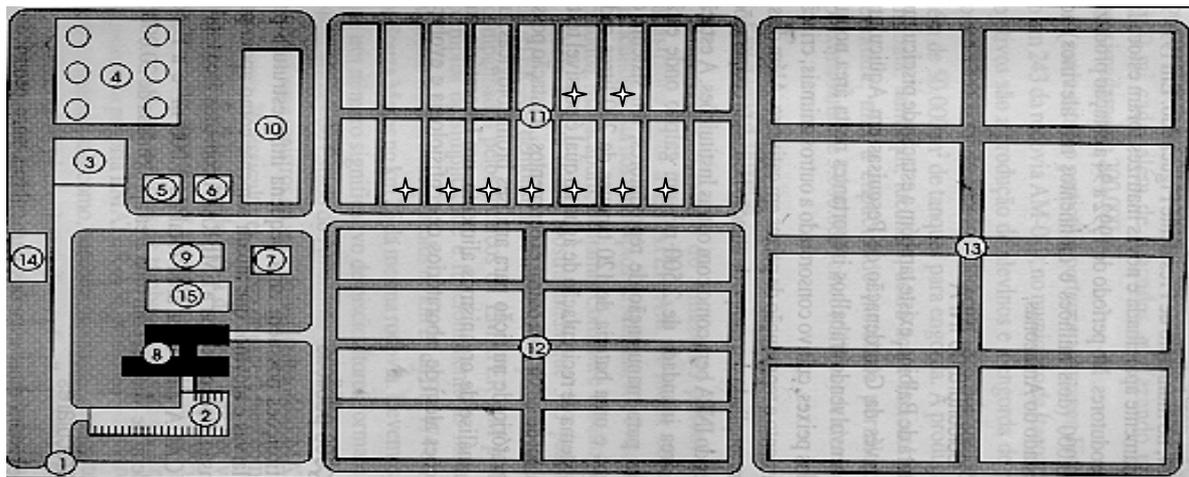


Figura 1 – Estação de Piscicultura de Balbina com destaque para os viveiros de 600m² que foram utilizados nos experimentos (Val & Honczaryk, 1995).

✦ Viveiros utilizados no experimento.

III.1. Animais experimentais

Neste experimento foram utilizados peixes da espécie *Colossoma macropomum* (figura 2) ($2,81 \pm 0,52$ cm e $0,41 \pm 0,25$ g) oriundos do período de larvicultura, adquiridos na Estação de Piscicultura Santo Antônio, localizada em Rio Preto da Eva-AM, os animais foram transportados até a estação de Piscicultura de Balbina – município de Presidente Figueiredo-AM, onde foram aclimatados e estocados em nove viveiros de 600m² cada (15 m largura, 40 m comprimento, 1 m de profundidade média). Os viveiros são abastecidos com água oriunda de uma represa a montante e distribuída por canaleta de

alvenaria, a saída de água do viveiro e pela superfície drenando em um monge de alvenaria. Os peixes foram estocados na densidade de 8 peixes/m² (4800 peixes/viveiro). Os peixes foram contados utilizando o método de medição por puçá, onde foram contados cinco a sete puçás, calculado o valor médio por puçá, e este valor foi extrapolado para a quantidade necessária para povoar um viveiro.



Figura 2: Exemplar de tambaqui, *Colossoma macropomum*.

III.2. Delineamento Experimental

Foi realizado um delineamento experimental inteiramente casualizado com três tratamentos e três repetições cada.

Tratamentos:

1) Viveiros inicialmente calados com calcário agrícola (240kg/viveiro) e fertilizados (uréia 1,2 kg/viveiro e superfosfato triplo 3,6kg/viveiro) de acordo com as recomendações do sistema de criação estabelecido para o tambaqui (Melo *et al.*, 2001).

- 2) Viveiros calados com calcário agrícola (240kg/viveiro).
- 3) Viveiros naturais (limpos) sem a adição de nenhum composto.

III.3. Preparo dos viveiros

O preparo do viveiro iniciou-se três semanas antes do experimento e foi realizado da seguinte forma: exposição dos viveiros vazios ao sol por 1 semana. Após este período os viveiros dos tratamentos 1 e 2 foram calados e abastecidos com água de uma represa a montante. No tratamento 1 foi realizado também a adubação após os viveiros terem sido abastecidos com água. No tratamento 3 os viveiros foram apenas abastecidos com água. Os peixes de todos tratamentos foram estocados nos viveiros 7 dias após a aplicação de fertilizantes dos viveiros do tratamento 1.

III.4. Procedimento experimental

O experimento teve duração de 60 dias (duração do período de recria) e a cada 30 dias foram coletados 70 peixes de cada viveiro, que foram anestesiados com benzocaína (100 mg/L) (Gomes *et al.*, 2001), pesados e medidos. Com os resultados da biometria foram calculados o crescimento em comprimento e peso, o coeficiente de variação do comprimento [$CV=(\text{desvio padrão do comprimento}/\text{comprimento médio})\times 100$] e a taxa de crescimento específico (TCE = $[(\ln \text{ peso tempo final} - \ln \text{ peso tempo inicial})/\text{tempo}] \times 100$). Ao final do experimento foram avaliados os parâmetros de produtividade final: sobrevivência (%), conversão alimentar (CAA = consumo de ração/ganho de peso), produção por área (peixes/m²), ganho de peso (GP = peso final – peso inicial) e coleta de sangue para análise da glicose.

Nos viveiros os peixes foram alimentados 3 vezes ao dia (Melo *et al.* 2001) em uma taxa de 10% da biomassa diariamente com ração comercial extrusada e posteriormente triturada contendo 34% de proteína bruta. Houve uma troca de água nos viveiros na ordem de 2-5%/dia.

Durante a avaliação de crescimento na despesca foi retirado sangue por punção caudal de 10 peixes de cada viveiro para avaliar o estado fisiológico dos animais, por meio da medida de glicose com um leitor digital (Advantage™).

III.5. Aproveitamento da alimentação

A cada 15 dias foram coletados 10 peixes de cada viveiro após a alimentação da manhã, onde foi avaliado o conteúdo estomacal para verificar a presença de zooplâncton. Como houve a presença de zooplâncton no conteúdo estomacal, foi verificada a porcentagem com que este item alimentar contribuiu para a alimentação. Para preservação do conteúdo estomacal os peixes foram imersos em formalina 4% logo após a captura, para análise posterior.

Nesta análise foi utilizado o método de frequência de ocorrência (F.O.), que assinala a presença e ausência de espécies ou itens encontrados nos estômagos, permitindo informações qualitativas sobre a dieta da espécie (Zavala-Camin, 1996). A frequência de ocorrência foi calculada de acordo com a fórmula (Hyslop, 1980):

$F.O. = \sum i \times 100 / n$, Onde:

F.O. = frequência de ocorrência;

i = número de estômago em que cada item alimentar foi identificado;

n = número de estômago analisado.

De acordo com uma análise preliminar da frequência de ocorrência de cada item alimentar, foram estabelecidas 3 categorias: ração, insetos e fitoplâncton/zooplâncton. Foi feita uma análise visual sob estereomicroscópio da porcentagem desses em relação à massa de alimentos e a seguir, iniciada a quantificação dos itens discretos.

III.6. Qualidade da água

A qualidade da água foi monitorada as 07:00 e as 17:00 h, e a frequência foi diária para o oxigênio dissolvido (mg/L) e temperatura (°C) com um oxímetro digital. A cada 7 dias para o pH com potenciômetro digital, dureza e alcalinidade por titulação de acordo com Boyd (1980), transparência com disco de Secchi, amônia pela técnica do endofenol e nitrito por colorimetria de acordo com APHA (1992). O CO₂ foi analisado por titulação (APHA, 1992). A água foi coletada em um ponto no meio do viveiro, a uma profundidade de 80 cm (Boyd, 1982). As análises de pH, oxigênio dissolvido, transparência e temperatura foram realizadas *in situ*. Para análise de amônia, nitrito, alcalinidade e dureza foram coletadas amostras de água em recipientes plásticos com capacidade para 1 (um) litro. Para CO₂ a coleta de água foi realizada em frasco de Winckler. Todas as coletas foram realizadas às 7:30h.

Após a coleta os frascos foram conservados em gelo durante o transporte até o laboratório de piscicultura da Embrapa Amazônia Ocidental, onde as amostras foram processadas e analisadas.

III.7. Efluentes

Os efluentes foram analisados a cada 7 dias com a coleta da água da canaleta de abastecimento e da saída dos viveiros, no monge. As variáveis avaliadas foram: demanda bioquímica de oxigênio pelo método de incubação por 5 dias a 20⁰C (DBO₅) (APHA, 1992). Demanda química de oxigênio (DQO) pelo método de oxidação da matéria orgânica (APHA, 1992), e amônia total como já descrito. Fósforo solúvel e total por colorimetria de acordo com APHA (1992). Sólidos totais dissolvidos por filtração de acordo com APHA (1992), clorofila A pelo método de extração por acetona e leitura em espectrofotometria (Boyd, 1979).

Além das coletas a cada 7 dias também foram avaliados ao final do experimento e no momento da drenagem dos viveiros, amostras de água com o viveiro ao redor de 50% de água, verificando os resíduos contidos no viveiro.

Para análise de amônia, nitrito, sólidos totais, DBO, matéria sedimentável, foram coletadas amostras de água em recipientes plásticos com capacidade para 1 (um) litro. Para as análises de fósforo e ortofosfato foram utilizados frasco âmbar que foram lavados com iodo após cada coleta. Para DQO a coleta foi realizada em frascos de vidro sendo adicionada uma gota de ácido sulfúrico concentrada visando à manutenção das características originais da água. A clorofila foi coletada em frascos escuros de capacidade 0,5 L. Todas as coletas foram realizadas às 7:30h.

Após a coleta os frascos foram conservados em gelo durante o transporte até o laboratório de piscicultura da Embrapa Amazônia Ocidental, onde as amostras foram processadas e analisadas.

III.8. Análise Estatística

Os dados foram testados para distribuição normal e homogeneidade de variância. Posteriormente foi aplicada uma análise de variância com medidas repetidas no tempo, para comparação das médias. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados da análise de glicose obtidos foram comparados entre os tratamentos por uma análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade (Zar, 1999).

IV. Resultados

IV.1. Crescimento

Os peixes apresentaram crescimento homogêneo, não havendo diferenças significativas no coeficiente de variação ($p=0,459$), taxa de crescimento específico ($p=0,52$), comprimento ($p=0,527$) e peso ($p=0,46$) entre os tratamentos testados (Tabela 1).

Tabela 1- Crescimento de juvenis de tambaqui durante a recia com diferentes métodos de preparo dos viveiros. Os resultados são médias \pm erro-padrão de três repetições de cada tratamento. CV é o coeficiente de variação do comprimento e TCE a taxa de crescimento específico.

Parâmetro	30 dias	60 dias
Comprimento (cm)		
Tratamento 1	8,77 \pm 0,76	14,27 \pm 1,04
Tratamento 2	8,57 \pm 0,78	13,61 \pm 0,88
Tratamento 3	9,19 \pm 0,64	13,52 \pm 0,95
Peso (g)		
Tratamento 1	11,94 \pm 3,14	46,47 \pm 1,40
Tratamento 2	10,97 \pm 2,43	39,97 \pm 0,88
Tratamento 3	11,07 \pm 2,5	41,76 \pm 0,95
CV comprimento (%)		
Tratamento 1	8,64 \pm 1,4	7,26 \pm 0,21
Tratamento 2	9,13 \pm 0,48	6,47 \pm 0,16
Tratamento 3	6,96 \pm 0,31	7,03 \pm 0,16
TCE (%)		
Tratamento 1	11,19 \pm 0,49	7,86 \pm 0,84
Tratamento 2	10,91 \pm 0,44	7,61 \pm 0,21
Tratamento 3	10,94 \pm 0,97	7,69 \pm 0,21

IV.2. Produtividade

Não houve diferença estatística na sobrevivência ($p=0,92$); ganho de peso ($p=0,55$); conversão alimentar aparente ($p=0,69$) e produção ($p=0,92$) entre os tratamentos para essa fase de vida dos peixes. Os resultados obtidos estão sumarizados na Tabela 2.

Tabela 2 – Produtividade de juvenis de tambaqui durante a recria, com diferentes métodos de preparo dos viveiros, os resultados são média±erro-padrão de três repetições de cada tratamento. CAA – conversão alimentar aparente.

Parâmetro	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3
Sobrevivência (%)	47,58 ± 3,13	49,06 ± 1,69	48,53 ± 7,03
Ganho de Peso (g/m ²)	46,06 ± 0,45	39,55 ± 0,45	41,35 ± 1,62
CAA	1,20 ± 0,06	1,07 ± 0,45	1,30 ± 0,18
Produção (peixe/m ²)	3,81 ± 0,25	3,93 ± 0,14	3,88 ± 0,56

IV.3. Alimentação

A Figura 3 mostra a variação média relativa dos diferentes itens alimentares encontrados nos estômagos dos juvenis de tambaqui, ao longo do período de recria nos três tratamentos.

Analisando a abundância dos itens alimentares durante a recria, observa-se que o fitoplâncton/zooplâncton e insetos foram consumidos durante todo o período, com maior intensidade nos primeiros dias. O consumo de ração passa a ser mais intenso a partir de 36 dias de criação.

A análise estatística para cada item alimentar foi realizada no período de 60 dias, as coletas foram feitas quinzenalmente, onde foram analisados três itens alimentares: ração ($p=0,017$) e insetos ($p=0,016$) apresentaram diferenças significativas entre os períodos da coleta; enquanto que o fito/zooplâncton ($p=0,146$) não foi significativa. Os valores encontrados para os itens alimentares foram idênticos e não houve diferenças entre os tratamentos e nem entre as interações (tratamentos x tempo) para esta fase da criação do tambaqui.

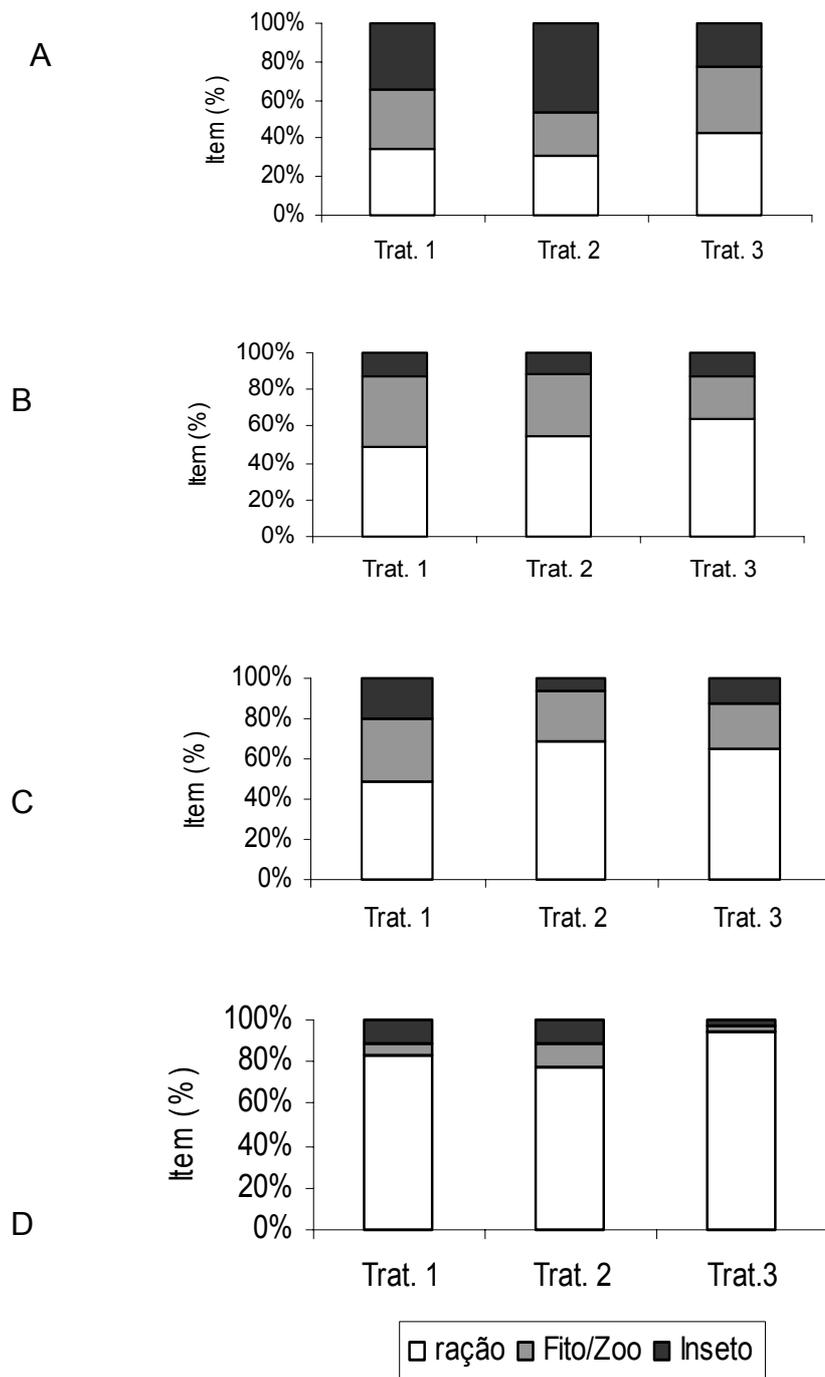


Figura 3 – Frequência porcentual relativa dos itens alimentares de juvenis de tambaqui durante a recria em viveiros no período de 6 (A), 21 (B), 36 (C) e 51 (D) dias de criação. Tratamento 1- viveiro fertilizado e calado, Tratamento 2- viveiro calado e Tratamento 3- viveiro natural.

IV.4. Variáveis limnológicas dos viveiros analisados no período da criação

Foram analisadas as variáveis limnológicas da água dos viveiros durante o período da pesquisa, para cada tempo de coleta e entre os tipos de tratamentos.

De acordo com a Figura 4, pode-se perceber a oscilação das variáveis da qualidade da água dentro dos viveiros. O dióxido de carbono foi significativamente mais elevado no T3 ($p < 0,05$) que no T1 e T2, os quais não diferiram significativamente entre si, o pH ($p < 0,05$) apresentou comportamento similar (Figura 4); a transparência ($p = 0,23$), amônia ($p = 0,30$) e nitrito ($p = 0,11$) não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, à transparência decresceu com o tempo, enquanto a amônia e nitrito mantiveram-se flutuando durante todo o período do experimento (Figura 4). A alcalinidade ($p = 0,0003$) e dureza ($p = 0,000$) apresentaram diferenças significativa entre todos os tratamentos. O oxigênio dissolvido ($p = 0,45$) e a temperatura ($p = 0,86$) não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, no entanto houve grandes variações durante o período da criação. O oxigênio dissolvido analisado no período da manhã decresceu com o decorrer do tempo, enquanto o oxigênio dissolvido analisado no período da tarde e a temperatura se mantiveram praticamente constantes (Figura 5).

Tabela 3 - Variáveis limnológicas analisadas, durante a recria de juvenis de tambaqui, com diferentes tipos de manejo de viveiro ⁽¹⁾.

Variáveis	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3	Canaleta
CO ₂ (mg/L)	2,17 ± 0,94 a	1,94 ± 0,70 a	2,79 ± 0,93 b	1,79 ± 0,23
Transp. (cm)	53,44 ± 19,87 a	75,56 ± 20,5 a	79,81 ± 19,6 a	--
Amônia (mg N/L)	0,36 ± 0,17 a	0,26 ± 0,18 a	0,27 ± 0,23 a	0,24 ± 0,18
Nitrito (mg/L)	0,01 ± 0,003 a	0,01 ± 0,003 a	0,01 ± 0,003 a	0,005 ± 0,003
Alcalinidade (mg/L)	26,91 ± 3,76 a	22,15 ± 5,26 b	17,12 ± 4,78 c	8,31 ± 2,75
Dureza (mg/L)	23,56 ± 3,54 a	19,09 ± 5,98 b	13,11 ± 24,46 c	9,01 ± 7,08
pH	7,35 ± 0,36 a	7,33 ± 0,33 a	6,58 ± 0,23 b	6,52 ± 0,27
OD (mg/L)	5,22 ± 1,25 a	5,38 ± 0,76 a	4,95 ± 0,94 a	4,86 ± 0,55
Temp. (°C)	29,87 ± 1,22 a	30,13 ± 0,56 a	30,22 ± 0,73 a	29,95 ± 0,4

⁽¹⁾Médias ± desvio-padrão seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

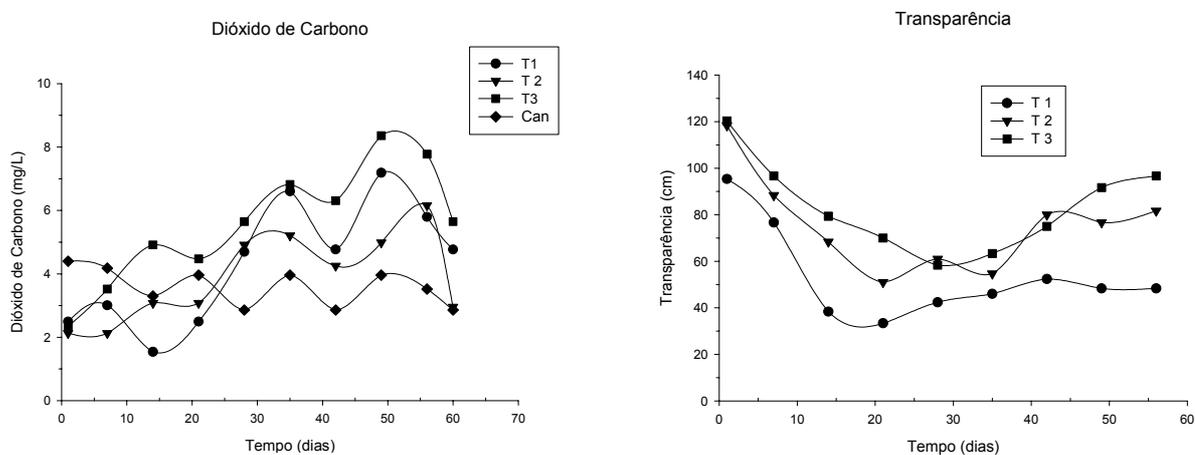


Figura 4. Variáveis limnológicas analisadas semanalmente dentro dos viveiros durante a recria juvenis de tambaqui com três diferentes tipos de manejo.

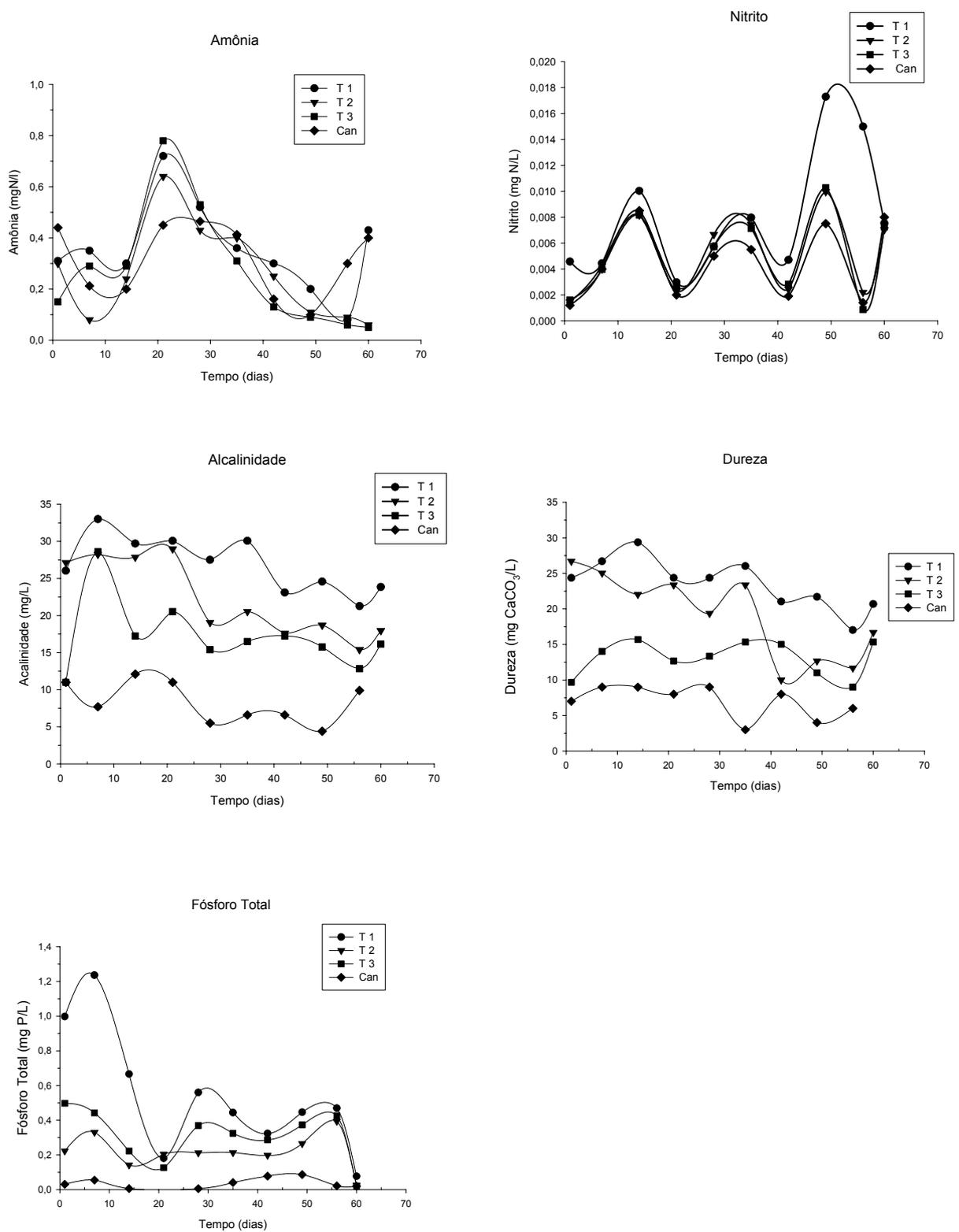


Figura 4. Variáveis limnológicas analisadas semanalmente dentro dos viveiros durante a recria juvenis de tambaqui com três diferentes tipos de manejo.

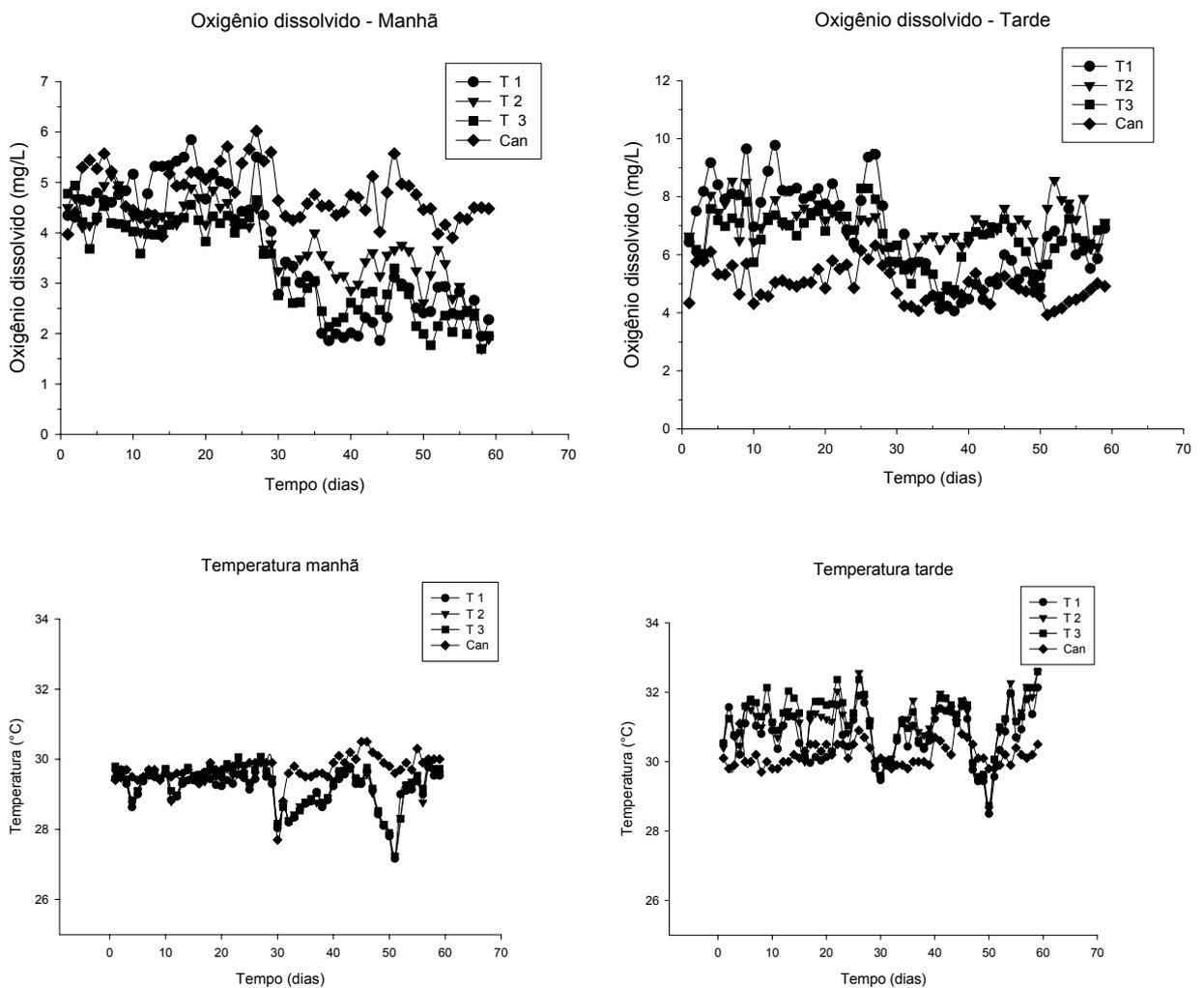


Figura 5. Variáveis analisadas diariamente em dois períodos (manhã e tarde) dentro dos viveiros de recria de juvenis de tambaqui com três diferentes tipos de manejo.

IV.5. Variáveis dos efluentes analisados no período da criação

Foram analisadas as variáveis dos efluentes durante o período da pesquisa a cada 7 dias.

A figura 5 apresenta as oscilações das variáveis dos efluentes. A demanda química de oxigênio ($p=0,006$) apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, sendo os tratamentos T2 e T3 iguais e diferentes do T1,

os valores flutuaram de forma crescente até 30º dia, decrescendo após, de forma constante e homogênea entre os tratamentos até o final do estudo (Figura 6). A demanda bioquímica de oxigênio ($p=0,35$) não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, apresentando valores crescentes nos primeiros dias e manteve oscilações constantes durante todo o período. O fósforo total ($p=0,001$); ortofosfato ($p=0,001$), amônia ($p=0,01$) e nitrito ($p=0,02$) apresentaram diferenças significativas, sendo os tratamentos T2 e T3 iguais e diferentes de T1. O fósforo e o ortofosfato apresentaram seus maiores valores no início do experimento, devido à fertilização dos viveiros. Os valores começaram a diminuir a partir do 20º dia, esses valores devem ter sido influenciados pela troca de água dos viveiros (Figura 6). Material sedimentável ($p=0,57$) e sólido total ($p=0,06$) não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, e apresentaram oscilações maiores nos primeiros dias, mantendo-se constantes até o final do experimento (Figura 6). A clorofila ($p=0,36$) não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, alcançando o seu maior valor com 30 dias e a média foi de $19,22\mu\text{g/L}$, houve flutuações constantes entre os tratamentos durante todo o período do estudo (Figura 6).

Tabela 4. Variáveis dos efluentes analisados Tabela 5 - Variáveis analisadas nos efluentes durante a recia de juvenis de tambaqui, com três diferentes tipos de manejos de viveiros ⁽¹⁾ a média ± desvios padrão a média ± desvios padrão

Variáveis	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3	Canaleta
DQO (mg/L)	12,0 ± 4,59 a	7,77 ± 1,92 b	8,84 ± 3,58 b	5,08 ± 1,85
DBO (mg/L)	5,61 ± 1,33 a	4,28 ± 0,88 a	4,59 ± 2,14 a	3,87 ± 1,87
Fósforo (mg/L)	0,54 ± 0,35 a	0,22 ± 0,09 b	0,31 ± 0,15 b	0,03 ± 0,04
Ortofosfato (mg/L)	0,47 ± 0,25 a	0,15 ± 0,04 b	0,23 ± 0,07 b	0,01 ± 0,005
Amônia (mg/L)	0,40 ± 0,22 a	0,30 ± 0,22 b	0,25 ± 0,21 b	0,24 ± 0,18
Nitrito (mg/L)	0,009 ± 0,0040 a	0,005 ± 0,0051 b	0,005 ± 0,0049 b	0,005 ± 0,005
Mat. Sed. (mg/L)	0,02 ± 0,03 a	0,02 ± 0,03 a	0,01 ± 0,01 a	0,01 ± 0,01
Sol. Totais (mg/L)	1,76 ± 2,89 a	2,93 ± 5,09 a	8,69 ± 9,76 b	12,54 ± 17,82
Clorofila a (µg/L)	23,08 ± 12,0 a	15,11 ± 11,1 a	19,48 ± 9,95 a	6,57 ± 3,16

⁽¹⁾Média ± desvio padrão seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

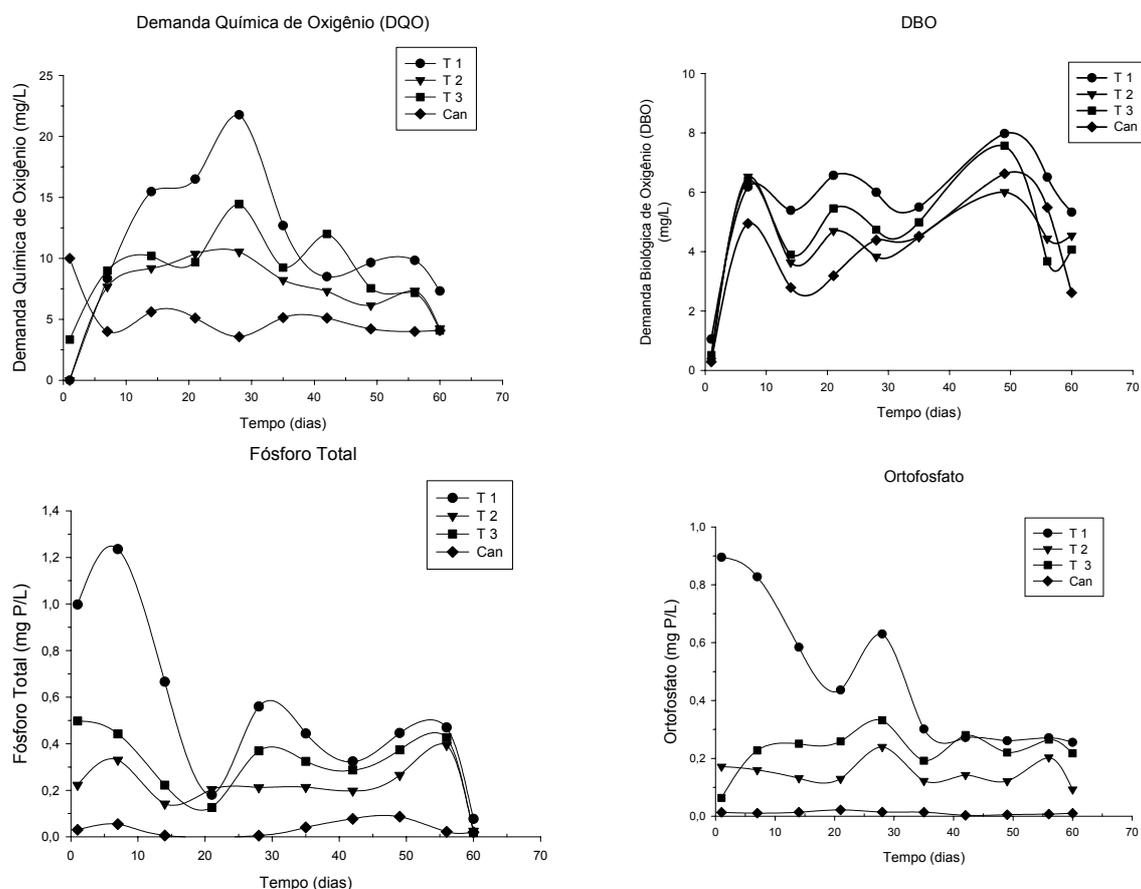


Figura 6. Variáveis analisadas semanalmente nos efluentes durante a recia de juvenis de tambaqui com três diferentes tipos de manejos.

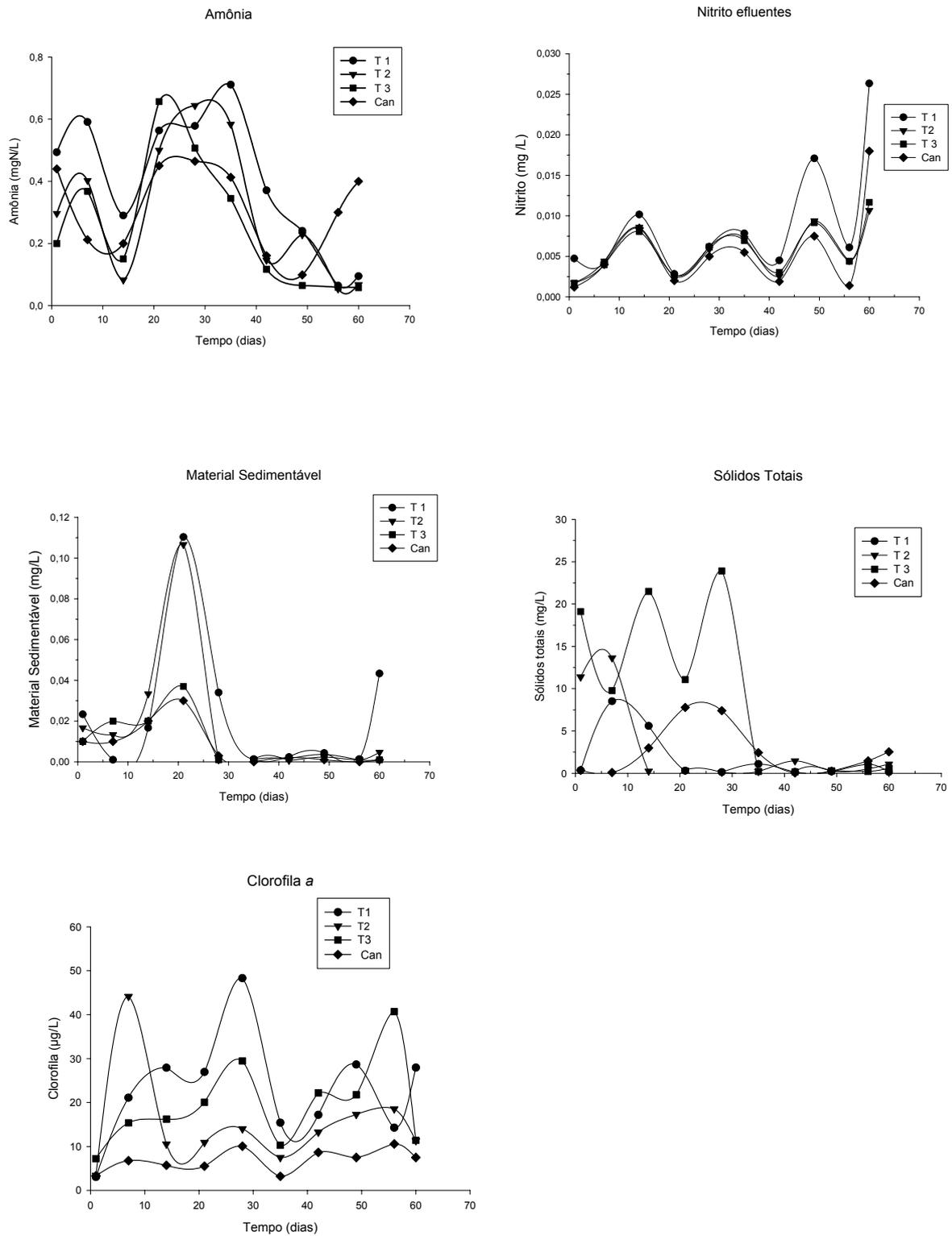


Figura 6. Variáveis analisadas semanalmente nos efluentes durante a recria de juvenis de tambaqui com três diferentes tipos de manejos.

IV.6. Glicose sanguínea

Os valores de glicose sanguínea não diferiram entre os tratamentos. Os valores médios obtidos ficaram entre 71,5 e 76,9 mg/dL (Figura 7).

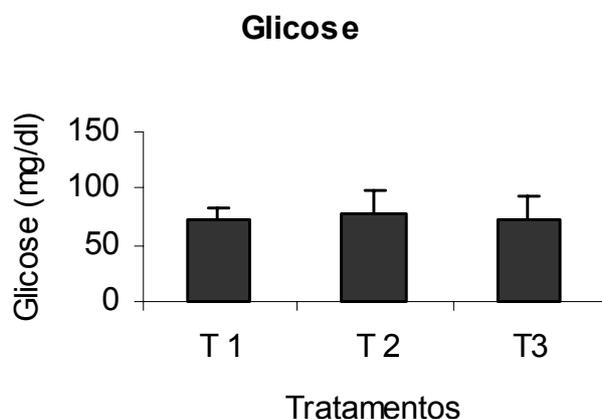


Figura 7. Glicose sanguínea dos peixes com 60 dias, em viveiros com três diferentes tipos de manejo.

V. Discussão

Alimentação

Em uma piscicultura, o manejo alimentar é um dos fatores mais importante (Oliveira, 2003), e responsável pela otimização da produção. O crescimento dos juvenis é influenciado pela quantidade de alimento disponível (Wottfart, 1977; Jobling, 1985). Nesta fase de criação, a alimentação natural (fitoplâncton, larvas de insetos e zooplâncton) é de fundamental importância para um ótimo crescimento e sobrevivência dos organismos (Senhorini, 1995).

Corroborando com Zaniboni-Filho (1992) os itens zooplâncton e ração, perfazem mais da metade da massa alimentar dos juvenis de tambaqui, revelando a importância e a consistência desses itens durante a criação.

O fito/zooplâncton foi consumido pelos diferentes tamanhos de juvenis. Segundo Zaniboni-Filho (1992) indivíduos de tambaquis com mais de 2cm de comprimento total, chegam a ocupar 60% do volume alimentar com ração. Araújo-Lima & Goulding (1998) trabalhando com juvenis de tambaqui coletados nos lagos da bacia amazônica no período de águas altas encontraram uma taxa de mais de 96% de todo o alimento ingerido, sendo composta por zooplâncton e sementes.

Observa-se que o item ração passa a ser mais abundante com o período de criação, ocupando mais de 80% da massa alimentar dos juvenis de tambaqui no final do período de recria. Enquanto fitoplâncton/zooplâncton e insetos contribuem com apenas 15%.

Neste estudo, pode-se afirmar que os juvenis de tambaqui passaram a ter a ração como alimento principal, três semanas após ter sido transferido para os viveiros de recria, mesmo tendo alimentação natural alternativa. Verificou-se também que a fertilização não teve efeito na ingestão do alimento, pois o consumo de fito/zooplâncton foi semelhante entre os tratamentos.

Crescimento

Numa criação de peixes, é imprescindível que se colem informações básicas para a avaliação da produtividade final dos viveiros (Fijan, 1984). Os principais aspectos que devem ser considerados para avaliação do desempenho entre diferentes sistemas e intensidade de criação são: crescimento em peso e comprimento, taxa de sobrevivência, biomassa final e crescimento específico. Neste estudo, os juvenis apresentaram um crescimento idêntico, independente dos tratamentos a que foram submetidos.

O índice de crescimento específico pode ser utilizado para comparar o desempenho entre diferentes sistemas e intensidade de criação (Ferraz de Lima, 1988; Carvalho, 1992). Neste estudo, o índice de crescimento específico foi semelhante para todos os tratamentos, durante esta fase de criação. Gomes *et al.*, (2004) obtiveram índice de crescimento de 5,60% para recria de tambaqui em tanque rede. Neste experimento obtivemos índices de crescimento variando de 7,61 a 7,86%, demonstrando que o tambaqui nesta fase de criação, apresenta melhor potencial de crescimento em viveiro do que em tanque-rede.

Jobling (1994) cita que um CV menor que 10% amostra uma grande homogeneidade dos peixes criados. O CV foi semelhante em todos os tratamentos, isto mostra que os peixes cresceram de forma homogênea. Gomes *et al.* (2004) e Brandão *et al.* (2004) encontraram valores semelhantes com médias entre 9,5 a 14,7% e 9,5 a 14,1%, respectivamente para esta fase da criação. Oliveira (2003) obteve valores variando de 3,4 a 4,1% essa variação deve ter sido influenciada pelo manejo alimentar no qual a ração era lançada em todas as partes dos viveiros.

A CAA foi semelhante entre os tratamentos. Os resultados de CAA obtidos neste estudo foram semelhantes aos encontrados por Brandão *et al.* (2004) para criação em tanque rede que obteve média de 0,9 a 1,27. Gomes *et al.* (2004) também com criação em tanque-rede encontraram valores entre 0,7 a 1,27, durante o período de recria. Oliveira (2003) encontrou valores médios entre 2,7 a 4,5 testando frequência alimentar com juvenis de tambaqui. Melo *et al.* (2001) encontraram valor médio de CAA de 1,5 durante a engorda de tambaqui.

A produção por área e a sobrevivência foram semelhantes entre os tratamentos. A produção por área foi menor que a encontrada por Melo *et al.* (2001), essa diferença está relacionada com a estocagem mais alta e também pela maior sobrevivência reportada por estes autores. A produção por área também é menor que a obtida por Brandão *et al.* (2004) no sistema de tanque-rede, a principal razão é o sistema de criação e a densidade de estocagem, uma vez que em tanque-rede a densidade é de 400 peixes/m³, enquanto neste trabalho foi de apenas 8 peixes/m². A sobrevivência média obtida neste estudo ($\pm 48,39\%$) foi inferior a obtida por Gomes *et al.* (2004) para criação de tambaqui em tanque-rede (65%) e inferior a obtida para o tambaqui nos sistemas de recria em viveiro (75%) por Melo *et al.* (2001). Esse baixo valor na sobrevivência pode ter sido influenciado pela predação por pássaros e morcegos na área do experimento, o que era intenso durante todo período da criação.

A produtividade de juvenis de tambaqui foi semelhante em todos os tratamentos. Desta forma, não há evidência que a fertilização e calagem sejam procedimentos necessários para a recria do tambaqui em viveiros com troca de água. O criador pode optar pelo preparo do viveiro de acordo com suas condições e necessidades sem preocupação com o desempenho zootécnico dos peixes criados.

A glicose é um eficiente indicador de distúrbio fisiológico, por ser a principal fonte de energia utilizada pelos peixes para suportar situações desfavoráveis (Morgan & Iwama, 1997). Em se tratando de sistemas semi-intensivos e intensivos, é fundamental o conhecimento dos processos fisiológicos dos peixes para atender suas demandas biológicas, pois nestes

sistemas os peixes enfrentam situações impostas em função da densidade, alterações químicas da água, interações biológicas e práticas de manejo em geral (Urbinati, 2004). Neste estudo não houve diferenças significativas na glicose sanguínea dos peixes entre os tratamentos no período da criação, o que mostra que nenhum dos manejos testados é fisiologicamente extremo para o tambaqui. Os valores de glicose obtidos (71,5 - 76,8 mg/dl) são semelhantes aos valores basais da espécie obtidos por Gomes *et al.* (2001) e Chagas *et al.* (2003).

Variáveis limnológicas da água dos viveiros

Em ambientes apropriados para larvicultura e recria de peixes, as variáveis físico-químicas da água devem não só estar nos padrões ideais para um bom crescimento dos juvenis, como também se apresentar dentro de uma faixa ótima para a produção de alimento natural (Senhorini, 1995).

Os peixes dependem diretamente da concentração de oxigênio dissolvido no meio, da temperatura e do potencial hidrogeniônico, que são reguladores de suas atividades metabólicas, da mesma forma, os nutrientes em solução e as comunidades que representam os seus itens alimentares. Existe uma interligação entre todos estes fatores bióticos e abióticos (Nuñez, 1991).

Neste trabalho a temperatura e o oxigênio dissolvido foram monitorados diariamente em todos os viveiros nos horários de 07:00 e 17:00h, o oxigênio dissolvido médio entre os tratamentos foi de 4,86 a 5,38 mg/l, e alguns viveiros apresentaram valores baixos pela manhã (2mg/l), no entanto mantiveram-se dentro do intervalo normalmente esperado e estiveram dentro das oscilações aceitáveis para a piscicultura (Vinatea, 1997). O oxigênio não apresentou

diferenças entre os tratamentos, desta forma pode-se afirmar que a fertilização dos viveiros não influenciou esta variável. Seo *et al.* (2001) obtiveram valores médios de 5,4 a 5,2 mg/l e Boyd *et al.* (1994) encontraram valores entre 2,7 a 14,4 mg/l para criação de catfish, *Ictalurus punctatus*. Segundo Saint-Paul (1986), os peixes da família Characidae são adequados para aquicultura tropical, necessitando de água com temperatura acima de 20°C. Neste trabalho, a temperatura média da água de todos os viveiros variou de 29,87 a 30,22°C, faixa recomendada para criação de espécies tropicais (Weatherley & Rogers, 1978) e, principalmente, para as espécies da família Characidae (Saint-Paul, 1986).

As condições biológicas são muito melhores em uma água com pH sensivelmente constante do que com variações consideráveis. A melhor água piscícola tem uma reação neutra ou ligeiramente alcalina (pH entre 7,0 e 8,0). Quanto menor a reserva alcalina, menor é a variação do pH (Boyd, 1981). No tratamento T3, o pH apresentou valor médio de 6,78, e nos tratamentos T1 e T2 o valor médio foi de 7,34. Isso demonstra que a calagem utilizada no início da preparação do viveiro, com o intuito de elevar o pH da água foi eficiente. Boyd *et al.* (1994) encontraram valores médios de 7,7 a 8,2 e Seo *et al.* (2001) de 7,45 a 7,74 ambos para criação de channel catfish.

A alcalinidade é definida como a concentração de íons de carbonato (CO_3^{2-}), bicarbonato (HCO_3^-) e hidróxidos (OH^-), e funciona como um tampão regulador do pH da água dos viveiros. Quando a alcalinidade está baixa, menor que 20mg/l, geralmente pode determinar altas oscilações no índice do pH, o que dificulta um bom desempenho na produção dos peixes, devido a

necessidades de constantes adaptações, através da troca osmótica com o meio (Boyd, 1981).

A concentração de cátions divalentes, principalmente de cálcio e magnésio, expressa em mg/l de carbono de cálcio por litro é denominada dureza da água. Os valores de alcalinidade e dureza normalmente são semelhantes em grandeza. As águas mais produtivas para a criação de peixes apresentam valores de alcalinidade e dureza na mesma ordem de grandeza (Colares de Melo, 1990). Neste estudo somente os tratamentos T1 e T2 apresentaram níveis de alcalinidade e dureza médios acima de 20mg/L, e na mesma faixa de grandeza, isto é dentro dos padrões ideais para a criação. O tratamento T3 apresentou valores inferiores, a 20mg/l, esse resultado foi influenciado pela calagem que foi realizada nos viveiros dos tratamentos T1 e T2. Seo *et al.* (2001) encontraram valores médios para alcalinidade total de 55,8 a 82,3mg/L e Boyd *et al.* (1994) encontraram valores para dureza total entre 6,8 a 40 mg/L em estudos com channel catfish criado em viveiros calados.

Queiroz *et al.* (2004) mostraram a eficácia da calagem para aumentar a alcalinidade e dureza da água dos viveiros, pois além de corrigir o pH da água, beneficia a produção de peixes. Porém neste estudo encontramos resultado contrário, onde a calagem não proporcionou maior produção de peixes criados.

A transparência da água pode servir de indicador provisório e comparativo para a produtividade do plâncton. Uma transparência alta indica pequena produção em plâncton; transparência baixa pode ser causada tanto pelo plâncton, quanto por colorações inorgânicas, não indicando necessariamente uma boa produção desses organismos (Colares de Melo, 1983). Uma das

formas de avaliar o efeito da fertilização dos viveiros é através do disco de Secchi. Quando a visibilidade do disco está acima de 60cm, deve-se fertilizar o viveiro. Caso esteja abaixo de 30cm, o meio está demasiadamente fértil, o que pode resultar em uma baixa concentração de oxigênio dissolvido à noite, causada pelo excesso de fitoplâncton. Neste estudo, a transparência média do tratamento T1 foi de 53,44cm, para o T2 75,6cm e para o T3 79,8cm. Boyd *et al.* (1994) encontraram valores médios de 48 a 75 cm e Seo *et al.* (2001) obtiveram valores entre 17 a 27 cm, ambos com criação de channel catfish. Neste estudo foi observada flutuação durante todo o período, mesmo não tendo apresentado diferenças significativas, os tratamentos T2 e T3 apresentaram transparência maior, esses valores podem estar relacionados ao manejo, pois os mesmos não receberam fertilização e apresentarem alta produtividade de plantas aquáticas.

A amônia (NH_3) é um metabólito proveniente da excreção nitrogenada dos peixes, bem como da decomposição microbiana de resíduos orgânicos (resto de alimentos, fezes e adubos orgânicos). A aplicação de fertilizantes nitrogenados amoniacais, como sulfato de amônio, o nitrato de amônio, a uréia e os fosfatos também contribuem para o aumento da concentração de amônia na água. A aplicação da uréia ajuda a estimular um rápido desenvolvimento do fitoplâncton (Kubitza, 2003). Segundo Boyd (1992) a concentração de amônia na água dos viveiros não deve ultrapassar 1mg/L, pois pode prejudicar consideravelmente o crescimento dos peixes. Sipaúba-Tavares *et al.* (1999) encontraram valores de amônia variando de 0,0682 a 0,180 mg/L em experimentos com pacu, *Piaractus mesopotamicus*. Seok *et al.* (1995) encontraram valores de amônia entre 0,47 a 1,11 mg/L e Seo *et al.* (2001)

obtiveram valores de 0,84 a 2,14mg/L em experimentos com channel catfish. Neste trabalho encontramos os valores médios de amônia total foram de 0,24 a 0,36mg/L (Figura 4), valores esses dentro da zona de conforto para os peixes. O nitrito (NO_2^-) é um metabólito intermediário do processo de nitrificação, durante o qual a amônia é oxidada a nitrato (NO_3^-) através da ação de bactérias. Condições de baixo oxigênio dissolvido prejudicam o desempenho da bactéria do gênero *Nitrobacter*, favorecendo o acúmulo de nitrito na água (Kubitza, 2003). Altas concentrações de nitrito (0,3 a 0,5mg/L) podem causar redução no crescimento e na resistência dos peixes a doenças (Kubitza, 2003). Neste estudo os valores encontrados ficaram em média 0,01mg/L. Seok *et al.* (1995) encontraram valores médios de 0,01 a 0,17mg/L e Seo *et al.* (2001) encontraram valores entre 0,046 a 0,082 mg/L com criação de channel catfish.

Sipaúba-Tavares *et al.* (1999) obtiveram valores médios de 0,0033 a 0,0177 mg/l em estudos com criação de pacu. Portanto os valores encontrados neste estudo estão dentro dos padrões estipulados para aquicultura por Boyd (1982), não prejudicando o crescimento e sanidade dos peixes.

A respiração das algas, das macrófitas, dos peixes e do zooplâncton, bem como os processos microbiológicos em decomposição da matéria orgânica são importantes fontes de CO_2 nos viveiros. Ao longo da criação, a respiração pode exceder a atividade fotossintética, aumentando consideravelmente a concentração de CO_2 (Kubitza, 2003). Altas concentrações de CO_2 , isto é, valores acima de 25 mg/L podem afetar sensivelmente o desempenho produtivo, e até causar asfixia nos peixes. Sendo os valores ideais de concentrações abaixo de 5 mg/L. No presente estudo verificou-se uma média

de 2,3 mg/L entre os tratamentos, mostrando que a quantidade de CO₂ está dentro dos valores ideais para este tipo de criação.

Efluentes

O desenvolvimento da aqüicultura vem gerando benefícios e renda, mas a falta de planejamento adequado de manejo e de uma regulamentação apropriada da atividade acarreta uma série de riscos e impactos, como poluição, modificação da paisagem e da drenagem, e possíveis danos ou mudanças na biodiversidade. Tem sido observado maior impacto em sistemas de criações intensivos (Tovar, 1999), embora, também tenha se verificado que a criação de channel catfish nos EUA é praticada de forma intensiva e causa menos impactos ambientais do que a produção extensiva e semi-intensiva de peixes integrada à avicultura e à suinocultura praticada em muitos locais (Boyd, 1999).

Apesar do Estado do Amazonas usufruir de invejável situação em termos de recursos hídricos, a preservação da água tornou-se uma das maiores preocupações ambientais e, por isso mesmo, a questão deve ser enfrentada com a máxima seriedade. Tal preocupação aumenta com o crescimento exagerado do consumo, com a destruição gradual dos mananciais, modificação de cursos de igarapés, sedimentação, destruição da vegetação ciliar, e com a poluição decorrente da contaminação agrícola, industrial e principalmente doméstica (Lopes, 2003).

A piscicultura interior em tanque causa mais efeito à hidrologia local que outros tipos de piscicultura, como a barragem, porque a água é retirada de corpos naturais para encher os tanques e manter o nível da água (Boyd, 2000).

O nível de permissibilidade das concentrações de efluentes gerados pelas atividades produtivas no Brasil é estabelecido no artigo 21 da resolução CONAMA 20/86, sendo que as concentrações permitidas para certos parâmetros não se aplicam para as águas da Amazônia, dada as particularidades físico-químicas das águas locais, dificultando a classificação dos efluentes gerados pela piscicultura local.

Lopes (2003) encontrou valores médios de demanda bioquímica de oxigênio de 1,74 mgO₂/l para águas de barragem, esse valor está dentro dos padrões estabelecidos para Classe I. Seok *et al.* (1995) encontraram valores médios de DBO variando de 30,0 a 54,4mg/L com estudos com channel catfish. Bodary *et al.* (2004) em viveiros de baitfish, *Notemigonus crysoleucas*, encontraram valores médios de DBO de 9,0 mg/L. A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) neste estudo apresentou médias de 5,61, 4,28 e 4,59mgO₂/L para os tratamentos T1, T2 e T3 respectivamente. Estes valores estão dentro dos padrões estabelecidos para águas de Classe II. Portanto, pode-se concluir que os valores de DBO durante a recria de tambaqui é menor que o da criação de channel catfish.

O fósforo total apresentou concentrações médias nos tratamentos: T1, T2 e T3 de 0,54mgP/L, 0,22mgP/L e 0,31mgP/L, respectivamente apresentando diferenças significativas entre os tratamentos. Lopes (2003) com estudos em viveiros de barragem na região amazônica encontrou valores médios de 0,028 mgP/L. Seok *et al.* (1995) encontraram um valor médio de 1,21 mg/L, e Seo *et al.* (2001) encontraram valores médios de 0,34 a 0,55mg/L para criação de channel catfish e Bodary *et al.* (2004) encontraram valores médios de 0,5 mgP/L para baitfish. Quando comparamos com a resolução CONAMA as

concentrações dos viveiros deste estudo, assim como os outros se encontram acima do permitido que é 0,025mgP/L para os corpos d'água. A maior quantidade de fósforo total, foi obtida no tratamento 1, porém o que justifica a maior quantidade deste nutriente neste tratamento foi a fertilização com superfosfato triplo no início da criação.

De acordo com as concentrações encontradas de fósforo total, os padrões estabelecidos poderão ser cumpridos apenas com águas sem introdução antrópica de matéria orgânica, no entanto o valor estabelecido não adequa-se a certas águas da Amazônia, que possuem um teor de nutrientes mais elevado, como o rio Solimões que apresenta valores médios entre 0,084 a 0,165mgP/L (Sioli, 1984; Darwich, 1995), estes valores são influenciados pela sazonalidade do rio. Este resultado sugere que o ambiente aquático necessita de pouca ou quase nenhuma introdução de fonte de fósforo para promover a produção primária, alertando também, que os piscicultores devem ter cuidados para não eutrofizar a água dos viveiros.

A demanda química de oxigênio (DQO) de águas de viveiros pode ser usada como um índice da concentração da matéria orgânica e também estimar taxas do consumo do oxigênio por comunidades de plânctons (Boyd, 1973; Boyd *et al.*, 1979). No presente estudo encontramos valores médios de 9,3mg/L. Sendo que nos viveiros do tratamento T1 houve um maior consumo de oxigênio, devido à produção ter sido influenciada pela fertilização do viveiro.

As concentrações de amônia total são padronizadas na resolução do CONAMA somente como efluentes com o valor máximo de 5mg/L. No presente trabalho os valores estão bem abaixo. Os valores máximos encontrados foram de 0,40 mgN/L para o tratamento T1, 0,30 mgN/L para o T2 e 0,25 mgN/L para

T3. Seok *et al.* (1995) encontraram valores médios de amônia 1,77 mg/L e Seo *et al.* (2001) encontraram valores de 0,84 a 2,14 mg/L em trabalhos com channel catfish. Neste estudo podemos afirmar que recria de tambaqui produz uma quantidade de amônia inferior à criação de channel catfish.

As médias de nitrito dos tratamentos não apresentaram diferenças significativas, sendo de 0,01mg/L. Seok *et al.* (1995) encontraram valores de nitrito entre 0,007 a 0,17 mg/L e Seo *et al.* (2001) encontraram valores médios de 0,046 a 0,082 mg/L para criação de channel catfish. As concentrações de nitrito se encontram dentro dos padrões estabelecidos pelo CONAMA que é de 1,0 mg/L.

Uma compreensão melhor do ciclo de N pode conduzir às maneiras práticas para melhorar o crescimento dos peixes, a qualidade de água do viveiro e a qualidade dos efluentes. A fonte de quase 90% de nitrogênio dos viveiros de channel catfish é através da alimentação (Gross *et al.*, 2000). A primeira fonte de nutrientes em pisciculturas é a ração e depois são os fertilizantes e a matéria orgânica que se origina da fotossíntese do fitoplâncton. Altas taxas de alimentação deterioram a qualidade da água, tornando-as eutrofizadas, aumentando a probabilidade de depleção do oxigênio dissolvido. As concentrações de fósforo totais e sólidos totais em suspensão são potencialmente mais problemáticos para a poluição da água, verificando-se ainda que as concentrações tendem a ser mais elevada no verão (Boyd *et al.*, 2000).

A quantidade dos sólidos totais foi em média de 1,73; 2,93 e 8,69 mg/L para os tratamentos T1, T2 e T3 respectivamente. Estes valores enquadram os efluentes desta pesquisa em águas do tipo classe I, segundo a resolução

CONAMA. Seok *et al.* (1995) encontraram valores médios de 540 mg/L e Seo *et al.* (1994) encontraram valores médios entre 56,9 a 105,06mg/L para criação de channel catfish. As médias encontradas para material sedimentável variaram de 0,01 a 0,02ml/L entre os tratamentos, ficando também enquadrados como águas de classe I, segundo a resolução CONAMA.

A clorofila é um dos principais responsáveis pela fotossíntese, e o conhecimento de sua concentração dá indicações da biomassa do fitoplâncton. Nos últimos anos, tem se tornado cada vez mais freqüente a utilização da concentração de clorofila para expressar a biomassa fitoplanctônica (Esteves, 1988). Para Boyd (1997) a concentração mínima ideal para piscicultura seria acima de 50µg/L. Seok *et al.* (1995) encontraram valores médios de 65 a 188µg/L e Seo *et al.* (2001) obtiveram valores médios de 144,8 a 230,9µg/L em experimentos com channel catfish, enquanto Sipaúba-Tavares *et al.* (1999) encontraram valores médios de 5,1 a 8,7µg/L de clorofila em estudos com pacu.

Neste estudo encontramos valores médios de clorofila de 19µg/L para todos os tratamentos. Houve um aumento da concentração da clorofila, e conseqüentemente do fitoplâncton que se deu principalmente do aporte de matéria orgânica presente nos resíduos de ração e nas excretas dos peixes. No entanto a concentração de clorofila ficou abaixo dos valores recomendados para piscicultura. A fertilização realizada no tratamento 1, ao contrário do esperado, não causou incremento da clorofila, oscilando durante todo o período e não apresentando diferenças entre os tipos de manejos aplicados para esta fase da criação de tambaqui.

Boyd *et al.* (2000) mediram as concentrações de diversas variáveis de qualidade de água drenada da criação de channel catfish, sendo que os valores para a maioria das variáveis não tiveram grandes alterações, apenas as concentrações de fósforo total e sólidos totais e em suspensão indicam ser potencialmente mais problemáticos na poluição dos corpos de água receptoras. Neste estudo percebemos que apenas o fósforo apresenta valores mais alto que o permitido pela resolução CONAMA. Este problema é gerado quando este nutriente é adicionado por meio de fertilização. Portanto, a adição de fósforo por meio de fertilização deve ser evitada.

VI. Conclusão

As hipóteses foram confirmadas, portanto:

A calagem e fertilização dos viveiros não favorecem o crescimento, sobrevivência e produtividade do tambaqui durante a recria.

Os efluentes de viveiros fertilizados são mais impactantes do que os viveiros não fertilizados.

A variedade e proporção do alimento ingerido não são influenciadas pelo manejo do viveiro e sim pelo tempo de criação.

Perspectivas

Os resultados desta dissertação ajudarão a sugerir um manual sobre Boas Práticas de Manejo (BPM) para prevenir os possíveis impactos ambientais da atividade, como a utilização de biofiltros. Este manual servirá como base para o Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas – IPAAM (órgão estadual responsável) na elaboração de Códigos de Conduta para produção responsável da aquicultura no Amazonas.

VII. Referências Bibliográficas

- APHA (American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation). 1992. *Standard Methods for the Examination of Water and wastewater*, 18th edition. American Public Health Association, New York, USA. 1550p.
- Almeida-Val, V.M.F.; Val, A.L.; Hochachka, P.W. 1993. Hypoxia tolerance in amazonian fishes: status of an under-explorer biological “goldmine”. In: Hochachka, P.W.; Lutz, P.L.; Sick, T.; Roshenthal, M.; Van den Thilart, G. (Eds). *Surviving hypoxia: mechanisms of control and adaptation*. CRC Press, Boca Raton. p.438-445.
- Anonymus, 2001. Status of world aquaculture 2000. *Aquaculture Magazine Buyer's Guide* (30): 6-38.
- Arana, L.V., 1999. *Aqüicultura e desenvolvimento sustentável: subsídios para a formulação de políticas de desenvolvimento da aqüicultura brasileira*. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 310p.
- Araújo-Lima, C.A.; Goulding, M. 1998. *Os frutos do tambaqui: ecologia, conservação e cultivo na Amazônia*. Sociedade Civil de Mamirauá, Tefé, Amazonas, Brasil. 186p.
- Bayley, P.B.; Petreire Jr, M. 1989. Amazon fisheries: assessment methods current status and management options. *Can. Spec. Publi. Aquat.*, 106: 385-398.
- Bardach, F.J. 1995. Keynote address: Aquaculture in sustainable development. In: Pacific congress on marine science and technology, Proceedings Sustainable Aquaculture 95. Hawaii. p. 1-7.

- Bodary, M.J.; Stone, N.; Lochmann, S.E.; Frimpong, E. 2004. Characteristics of effluents from central Arkansas baitfish ponds. *Journal of The World Aquaculture Society*. v.35, n.4.
- Boyd, C.E. 1979. Aluminum sulfate (alum) for precipitating clay turbidity from fish ponds. *Transactions of the American Fisheries Society*, 108: 307-313.
- Boyd, C.E. 1982. Water quality management for pond fish culture. *Elsevier Science*. Amsterdam. 317p.
- Boyd, C.E. 1992. Water quality and pond soil analysis for aquaculture. *Alabama Agricultural Experimental Station*. Auburn University, AL. 183p.
- Boyd, C.E., 1999. Aquaculture sustainability and environmental issues. In: *World Aquaculture*. Alabama, USA, p. 10-13.
- Boyd, C.E. 2003. Guidelines for aquaculture effluents management at the farm-level. *Aquaculture* 226: 101-112.
- Boyd, C.E.; Hernandez, E.; Williams, J.C.; Romaine, R.P. 1994. Effects of sampling technique on precision estimates for water quality variables in fish culture ponds. *Journal of Applied Aquaculture*, 4: 1-18.
- Boyd, C.E.; Musig, Y. 1992. Shrimp pond effluents: observations of the nature of the problem on commercial farms. Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming. *The World Aquaculture Society*. 185-197.
- Boyd, C.E.; Theichert-Coddington, D. 1993. Relationship between wind speed and reaeration in small aquaculture ponds. *Aquacultural Engineering*, 11: 121-131.
- Boyd, C.E.; Queiroz, J.F. 1997. Aquaculture pond effluent management. *Aquaculture*, 2: 43-46.

- Boyd, C.E.; Queiroz, J.F.; Lee, J.Y.; Rowan, M.; Whitis, G.N.; Gross, A. 2000. Environmental assessment of channel catfish *Ictalurus punctatus* farming in Alabama. *Journal of the World Aquaculture Society*, 31: 511 - 544.
- Boyd, C.E.; Teichert-Coddington, D. 1994. Pond bottom soil respiration during fallow and culture periods in heavily-fertilized tropical fish ponds. *Journal of the World Aquaculture Society*, 25: 417-423.
- Boyd, C.E.; Tucker, C.S. 1998. *Pond aquaculture water quality management*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 700 p.
- Brandão, R.F.; Gomes, L.C.; Chagas, E.C.; Araújo, L.D. 2004. Densidade de estocagem de juvenis de tambaqui durante a recria em tanque-rede. *Pesq. Agropec. Bras.*, 39(4): 357-362.
- Carvalho, E.D. 1982. Linhagens triplóides de pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887), (*Colossoma mitrei*, Berg, 1985) e de tambaqui *Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818: Estudo da sua indução artificial por choques térmicos e de pressão hidrostática. Da sobrevivência e do desempenho em condições de tanques de cultivo. São Carlos, UFSCar, 211p. *Tese de doutorado*.
- Castagnolli, N. 1992. *Piscicultura de água doce*. FUNESP. Jaboticabal, 189p.
- Chagas, E.C.; Lourenço, J.N.P.; Val, A.L. 2003. Desempenho e estado de saúde de tambaquis cultivados em tanques-rede sob diferentes densidades de estocagem. *In: Simpósio Brasileiro de aquicultura, 12.*, Goiânia. *Anais*. Jaboticabal: Aquabio, 2003. p.83-93.
- Chua, T.E. 1992. Coastal aquaculture development and the environment. *Marine pollution*, 25 (1-4): 98-103.

- Colares de Melo, J.S. 1983. Limnologia. In: SUDEPE/PDP. Curso de piscicultura em várzeas irrigadas. Neópolis, SUDEPE/PDP. 33p. (*Apostila*).
- Colares de Melo, J.S. 1990. Alimentação natural em viveiros. Pirassununga, CEPTA. 10p. (*Apostila*).
- Currie, D.J. 1994. Sustainable aquaculture in developing countries. *World Aquaculture*, 25(4): 20-25.
- Darwich, A.J. 1995. Processos de decomposição de *Echinochloa polystachya* (H.B.K.) Hitchcock (Gramineae poaceae), capim semi-aquático da várzea Amazônica. Manaus. INPA/UFAM. *Tese de doutorado*.
- Egna, H.S.; Boyd, C.E. 1997. *Dynamics of pond aquaculture*. Boca Raton: CRC Press, 437 p.
- Esteves, F.A. 1988. Fundamentos de limnologia. Interciência/FINEP, Rio de Janeiro. 571p.
- Falabela, P.G.R. 1994. *A pesca no estado do Amazonas: problemas e soluções*. Imprensa oficial do estado. Manaus, Amazonas, Brasil. 180p.
- FAO/NACA. 1995. *Code of Conduct for responsible Fisheries*. FAO, Rome. 41p.
- FAO. 2000. Food and Agriculture Organization. World review of fisheries and aquaculture, Part I. Fisheries Resources: trends in production, utilization and trade. FAO, Rome, Italy.
- FAO. 2000. Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. El estado mundial de la pesca y la acuicultura, 2000. Viale delle Roma, Italia.
- Ferraz de Lima, J.A. 1988. Aspectos práticos da criação de pacu guaçu bioecologia e importância sócio-econômica do pacu (*Piaractus*

- mesopotamicus*, Holmberg 1887) no pantanal matogrossense. São Paulo. ABRACOA - Associação Brasileira dos Criadores de Organismos Aquáticos. 11p.
- Fijan, N. 1984. Curso intensivo sobre cultivo de carpas. Brasília, PDP/SUDEPE 38p. (Apostila).
- Gomes, L.C.; Baldisserotto, B.; Senhorine, J.A. 2000. Effect of stocking density on water quality, survival and growth of larvae of the matrinxã, *Brycon cephalus* (Characidae) in ponds. *Aquaculture*, 183: 73-81.
- Gomes, L.C.; Chippari-Gomes, A.R.; Lopes, N.P.; Roubach, R.; Araújo-Lima, C. 2001. Efficacy of benzocaine as an anesthetic in juvenile tambaqui, *Colossoma macropomum*. *Journal of The World Aquaculture Society* 32: 426-431.
- Gomes, L.C.; Brandão, F.R.; Chagas, E.C.; Ferreira, M.F.B.; Lourenço, J.N.P. 2004. Efeito do tanque-rede na produtividade de tambaqui (*Colossoma macropomum*) durante a recria. *Acta Amazônica*, 34(1): 111-113.
- Gross, A.; Boyd, C.E.; Wood, C.W. 2000. Nitrogen transformations and balance in channel catfish ponds. *Aquacultural engineering*, 24: 1-14.
- Horvarth, L.; Tamas, G.; Seagrave, C. 2002. *Carp & fishpond culture*. Iowa State University Press, 208p.
- Hyslop, E.J. 1980. Stomach contents analysis a review of methods and their application. *J. Fish Biol.*, 17: 411-429.
- Isaac, V.J.; Ruffino, M.L. 1996. Population dynamics of tambaqui *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818, in Lower Amazon, Brasil. *Fisheries Management and Ecology*, 3: 315-333.

- Jobling, M. 1994. Fish bioenergetics. Chapman & Hall, London. 294pp.
- Kramer, D.L.; Linsey, C.C.; Moodie, G.E.E.; Stevens, E.D. 1978. The fishes and the aquatic environment of the Amazon basin, with particular reference to respiratory patterns. *Can. J. Zoo.* 56: 717-729.
- Kubtiza, F. 2003. *Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões*. Jundiaí. 229p.
- Lopes, R.N.M. 2003. Identificação de Impactos ambientais causados por piscicultores em viveiros de barragem no município de Manaus: subsídios para gestão. Manaus: CCA/UA. (*Dissertação de Mestrado*) 87p.
- Macintosh D.J.; Phillips, M.J. 1992. Environmental considerations in shrimp farming. *Infofish International* 6: 38-42.
- Melo, L.A.S.; Izel, A.C.U.; Rodrigues, F.M. 2001. *Criação de tambaqui (Colossoma macropomum) em viveiros de argila/barragens no estado do Amazonas*. Série Documentos 18. Embrapa Amazônia Ocidental, 30p.
- Morgan, J.D.; Iwama, G.K. 1997. Measurements of stressed states in the field. *In: Iwama, G.K.; Pickering, A. D.; Sumpter, J.P.; Schreck, C.B. (Ed.) Fish stress health in aquaculture*. Cambridge: Cambridge University Press.. Society for Experimental Biology Seminar Series, 62: 247-270.
- Nascimento, I.A. 1997. *Aqüicultura marinha e manejo integrado da zona costeira: visão da Agenda 21*. TECBAHIA-CEPED. Camaçari/BA, 12(101): 113-126.
- Nuñez, A.P.D. 1991. *Estudo interativo entre variáveis ambientais e o desenvolvimento do curimatá, Prochilodus scrofa (Steindachner, 1818), em ambiente confinado*. São Carlos: UFSCar. 183p.

- Oliveira, N.G.F. 2003. Efeito da frequência alimentar sobre o desempenho de juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum*, em sistema de tanque-rede. Manaus. INPA/UFAM. (*Dissertação de mestrado*). 46p.
- Ostrensky, A.; Boeger, W. 1998. *Piscicultura: Fundamentos e Técnicas de manejo*. RS. 211p.
- Ozório, R.O.A. 2001. Dietary L-carnitine and energy and lipid metabolism in African catfish (*Clarias gariepinus*) juveniles. ISBN 90-5808-493-0, Wageningen University. *Tese de doutorado*, 136p.
- Pillay, Z.T.V.R. 1992. *Aquaculture and the environment*. Wiley & Sons, Inc. New York. 189p.
- Primavera, J.H. 1993. A critical review of shrimp pond culture in the Philippines. *Reviews in Fishirries Science*, 1(2): 151-201.
- Queiroz, J.F.; Nicolella, G.; Word, C.W.; Boyd, C.E. 2004. Lime application methods, water and bottom soil acidity in fresh water fish ponds. *Sci. Agric.* (Piracicaba, Braz.), 61(5): 469-475.
- Rosa, M. 1985. *Geografia de Pelotas*. Editora da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.
- Roubach, R.; Correa, E.S.; Zaiden, S.; Martino, R.C.; Cavalli, R.O. 2003. Aquaculture in Brazil. *World Aquaculture*, Baton Rouge, Louisiana, 34(1):28-34.
- Saint-Paul, U. 1986. Potential for aquaculture of South America freshwater fish: A review. *Aquacult.*, 54: 205-240.
- Senhorini, J.A. 1995. Desenvolvimento larval do pacu *Piaractus mesopotamicus* (HOLMBERG, 1887) (PISCES, Characidae) em viveiros.

- Instituto de Biociências – Campus de Botucatu – UNESP. (Dissertação de mestrado). 112p.*
- Seo, J.; Boyd, C.E. 2001a. Dry-tilling of pond bottoms and calcium sulfate treatment for water quality improvement. *Journal of the World Aquaculture Society*, 32: 257-268.
- Seo, J.; Boyd, C.E. 2001b. Effects of bottom soil management practices on water quality improvement in channel catfish *Ictalurus punctatus* ponds. *Aquacultural Engineering*, 25: 83-97.
- Seok, K.S. 1995. Water quality in annually drained and undrained channel catfish ponds over a three-year period. USA. *Progressive Fish-Culturist* .57: 52-58.
- Setti, A.A. 1996. *A necessidade do uso sustentável dos recursos hídricos*. Brasília: IBAMA, 344p.
- Souza, R.A.L.; Melo, J.S.C.; Pereira, J.A.; Peret, A.C. 1998. Determinação da densidade de estocagem de alevinos de tambaqui *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818 (Pisces, Characidae) no estado do Pará – Brasil. *Boletim Técnico do CEPTA*, 1988, Pirassunga, SP: CEPTA, 1988. 1(1).
- Sioli, H. 1984. Water chemistry of the Amazon basin: the distribution of chemical elements among freshwater. K. Furch. In: Sioli, H. (Ed.) *The amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht. 763p.
- Sipaúba -Tavares, L.H.; Moraes, M.A.G.; Braga, F.M.S. 1999. Dynamics of some limnological characteristics in pacu (*Piaractus mesopotamicus*) culture tanks as function of handling. *Rev. Brasil. Biol.*, 59(4):543-551.

- Sipaúba – Tavares, L. H.; Barros, A. F.; Braga, F. M. S. 2003. Effect of floating macrophyte cover on the water quality in fishpond. *Acta Scientiarum*, 25 (1): 101-106.
- Teichert-Coddington, D. 1995. Characterization of shrimp farm effluents in Honduras and chemical budget of selected nutrients. *In: Simposio Centroamericano Sobre Camarón Cultivado*. “Desarrollo en Armonia Con el Medio Ambiente”, III Tegucigalpa, p.130-146.
- Tisdell, 1995. Economics, the environment and sustainable aquaculture. *In: Pacific congress on Marine science and technology, Proceedings Sustainable Aquaculture 95 Hawaii*. P. 384-393.
- Tovar. A. 1999. Environmental impacts of intensive aquaculture in marine water. *Wat. Res.*, Puerto Real, Spain, 34(1): 334-342.
- Urbinati, E.C.; Carneiro, P.C.F. 2004. Práticas de manejo e estresse dos peixes em piscicultura. *In: Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva*. Editado por José Eurico Possebon Cyrino - São Paulo: tecArt. 533p.
- Val, A.L. 1993. Adaptations of fishes to extreme conditions in freshwater. *In: Bicudo, J.E. (Ed). The vertebrate gas transport cascade: adaptation to environment and mode of life*. CRC Press, Boca Raton, 43-53.
- Val, A.L.; Honckzaryk, A. 1995. *Criando peixes na Amazônia*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, Brasil. 149p.
- Valenti, W.C. 2000. *Aqüicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável*. Brasília: CNPq/ministério da Ciência e Tecnologia, 399p.
- Vinatea, A.L. 1997. *Princípios químicos de qualidade da água em aqüicultura*. Florianópolis/BR. ED da UFSC. 166p.

- Wainberg A.; Camara, M.R. 1998. Carcinicultura no litoral oriental do Estado do Rio Grande do Norte, Brasil: interações ambientais e alternativas mitigadora. *Congresso Aqüicultura Brasil'98 Anais*, 2: 527-544.
- Wotffart, G.W. 1977. Shoot carp. *Bamidgeh*, 29(2): 35-40.
- Wu, R.S.S. 1995. The environmental impact of marine fish culture: towards a sustainable future. *Marine Pollution*, 31(4-12):159-166.
- Zaniboni-Filho, E. 1999. O impacto ambiental de efluentes da piscicultura. *Anais do III Simpósio sobre manejo e nutrição de peixes*. Campinas, SP. p.1-14.
- Zaniboni-Filho, E. 1997. O desenvolvimento da piscicultura brasileira sem deterioração das qualidades de água, Ver. Brasil. Biol., 57(1): 3-9.
- Zaniboni-Filho, E.; Barbosa, N.D.C.; Gonçalves, S.M.R. 1997. Caracterização e tratamento do efluente das estações de piscicultura. *Unimar*, 19(2): 537-548.
- Zaniboni-Filho, E. 1992. Incubação, larvicultura e alevinagem do tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier 1818). São Carlos, UFSCar. 202p. Tese de doutorado.
- Zar, J.H. 1996. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA.
- Zavala-Camin, L.A. 1996. *Introdução ao estudo sobre alimentação natural em peixes*. Maringá: EDUEM, 129p.