



## **QUALIDADE DA AGUA E PERSPECTIVAS PARA GERENCIAMENTO AMBIENTAL DOS CULTIVOS DE TAMBAQUI NO MUNICÍPIO DE RIO PRETO DA EVA, AM<sup>1</sup>**

Rafael Santana de Freitas<sup>2</sup>, Cheila de Lima Boijink<sup>3</sup>, Aleksander Westphal Muniz<sup>3</sup>, Jony Koiji Dairiki<sup>3</sup> e Luis Antonio Kioshi Aoki Inoue<sup>3\*</sup>

**Submetido 08/01/2014 – Aceito 10/02/2014 – Publicado on-line 03/04/2014**

### **Resumo**

O presente trabalho avaliou parâmetros físicos e químicos da qualidade da água de tanques escavados do Município de Rio Preto da Eva, AM, utilizados para a criação de tambaqui, em diferentes épocas pluviométricas. Os objetivos foram avaliar as condições ambientais em que a atividade está sendo desenvolvida e apontar possíveis melhorias no gerenciamento ambiental da piscicultura na região. Os resultados indicam que o regime de chuvas influenciou os parâmetros de qualidade da água avaliados e que houve coeficientes de correlação significativos entre eles. Nos meses de maiores índices pluviométricos, muitos dos parâmetros avaliados estiveram em conformidade com a Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), com exceção do fósforo total ( $P_t$ ), da turbidez e dos sólidos totais em suspensão nos tanques de cultivo (TC). Os valores mais críticos de  $P_t$  foram observados em setembro, mês típico de seca na região. A adoção sistemática de Boas Práticas de Manejo (BPMs), inclusive com certificação internacional, pode melhorar a qualidade ambiental dos cultivos, para maior sustentabilidade da piscicultura na região.

**Palavras-Chave:** *Colossoma macropomum*, manejo, recursos hídricos.

### **Abstract**

We evaluated water quality parameters of fish ponds from the Western Amazon. These ponds are used for tambaqui farming, and samples were collected during different rainy seasons. The objective was to contribute to the local knowledge of environmental parameters and suggest possible improvements in the environmental management. The results showed the effects of the rains and tambaqui farming in the evaluated water quality parameters, and significant correlations coefficients were detected. In the rainy months, most of the evaluated water quality parameters were in accordance with the national environmental rules (357 Conama), except total phosphorus, turbidity and total dissolved solids. The highest total phosphorus values in the ponds were observed in the typical local driest month (September). The adoption of Best Management Practices can improve the environmental quality of tambaqui farming for the local rural sustainable development.

**KEY-words:** *Colossoma macropomum*, management, hydric resources.

<sup>1</sup> Parte do trabalho de dissertação do primeiro autor no Programa de Pós-Graduação em Ciências Pesqueiras nos Trópicos da Universidade Federal do Amazonas.

<sup>2</sup> Engenheiro de Pesca da Agência de Fomento do Estado do Amazonas, AFEAM. Av. Constantino Nery, 5733. 69058-795, Manaus, AM.

<sup>3</sup> Pesquisadores da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Amazônia Ocidental. Rod. AM 10, Km 29, Zona Rural, 69010-970, Manaus, AM. \* autor para correspondências: [luis.inoue@embrapa.br](mailto:luis.inoue@embrapa.br)



## 1. Introdução

A piscicultura na Amazônia Ocidental era uma atividade agropecuária pouco atrativa até início da década de 1990. Isso ocorria devido à abundância natural de peixes nos rios e lagos da região. No entanto, o pescado oriundo da pesca extrativista se tornou insuficiente para abastecer os mercados de grandes centros urbanos, como Manaus. A partir desse fato, a piscicultura passou a ser uma atividade economicamente rentável. Dentre as espécies o tambaqui destaca-se por ter grande aceitação do consumidor e características zootécnicas desejáveis ao cultivo comercial, como crescimento relativamente rápido e rusticidade em condições de baixa qualidade de água (SAINT-PAUL, 1986).

Infelizmente, a aquicultura é acompanhada por problemas de impacto ambiental. Essas preocupações vieram à tona com os danos causados em diversos os

corpos d'água (THIA ENG et al., 1989; BOYD, 2003; FIGUEIREDO et al., 2006; BUSCHMANN et al., 2009; SAEED, 2013). O objetivo deste trabalho foi levantar dados da qualidade da água dos cultivos de tambaqui no Município de Rio Preto da Eva, maior polo de piscicultura do Estado do Amazonas, cuja área alagada é estimada em 700 ha.

## 2. Material e Método

O levantamento de dados foi feito em criações de tambaqui em tanques escavados em propriedades localizados às margens da Rodovia AM-010, que interliga os municípios de Manaus, Rio Preto da Eva e Itacoatiara. Cinco propriedades com tanques construídos em platôs de solo argiloso foram selecionadas para este trabalho. a montante dos abastecimentos de água, que ocorrem por bombeamento de pequenas barragens, construídas em igarapés da terra firme (Tabela 1).

Tabela 1. Características gerais de propriedades rurais da região de Rio Preto da Eva, AM, dedicadas ao cultivo de tambaqui em tanques escavados

Propriedade	AA (ha)	Tanque		População de peixes	Meses/ Cultivo	NC	Ração (kg)/mês
		Nº	Idade (anos)				
1	6	32	16	27.000	4	3	7000
2	16	28	2	124.000	7	3	8300
3	9,5	14	7	46.000	8-12	n.i.	15000
4	n.i.	10	15	n.i.	6	1	15000
5	5	11	4	25.000	12	3	11250

AA=Área alagada, NC=Número de cultivos sucessivos sem drenagem total do tanque, n.i. – não informado.

Os suprimentos de águas nas unidades de produção são feitos apenas para reposições de perdas por infiltração e evaporação. As despescas são realizadas com o mínimo de liberação de água dos tanques, sendo, assim, as mesmas cargas de água utilizadas em cultivos sucessivos. Em cada propriedade foram escolhidos dois pontos de amostragem de água: (1) abastecimento – próximo ao sistema de bombeamento; (2) TC – escolhido ao acaso dentre os tanques que não sofreriam drenagem total durante os meses de coleta de dados deste trabalho. As coletas de água

foram realizadas nos meses de maio, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro. Cada coleta foi feita com três garrafas de poliestireno por ponto de coleta. As garrafas de 800 mL foram submersas próximo às margens, conforme recomendado por APHA (1980). Simultaneamente foram mensuradas: temperatura da água ( $T_a$ ), oxigênio dissolvido (OD), pH, turbidez, condutividade elétrica (S) e sólidos totais dissolvidos (STD). Essas leituras foram feitas em sonda multiparâmetros (Horiba U50). Foram mensurados, ainda, os valores

de transparência por visualização do disco de Secchi. Após as coletas, as amostras foram mantidas em caixas térmicas de isopor com gelo até a chegada ao laboratório, onde foram determinados alcalinidade, dureza, nitrogênio amoniacal ( $N_a$ ), nitrito, nitrato,  $P_t$  e ortofosfato ( $P_o$ ). A alcalinidade foi determinada por titulação com  $H_2SO_4$ ; a dureza por titulação com EDTA (APHA, 1980); e a amônia, pelo método Iodofenol (APHA, 1980). O nitrito, nitrato,  $P_t$  e  $P_o$  foram determinados conforme os métodos de Grasshoff (1976), Golterman (1970) e ValDerrama (1981), respectivamente. Ainda, os valores pluviométricos mensais da região foram consultados no site do Serviço Geológico do Brasil, sigla CPRM. O tratamento estatístico dos dados constou de análise multivariada da variância e teste de separação de médias de Tukey-Kramer ( $p < 0,05$ ). Realizou-se também a correlação de Pearson ( $p < 0,05$ ). Para isso, foram

utilizados o PROC MIXED e o PROC GLM do pacote estatístico SAS 9.1.

### 3. Resultados

Os valores pluviométricos (mm) observados na região foram: 190 (jan), 240 (fev), 160 (mar), 270 (abr), 120 (maio), 80 (jun), 115 (jul), 70 (ago), 40 (set), 180 (nov) e 170 (dez).

Os valores de  $T_a$  foram mais altos nos meses de menor precipitação: agosto e setembro. No mês de outubro, no entanto, a  $T_a$  foi similar às observadas no mês de maio. Nos meses de novembro e dezembro observaram-se queda nos valores de  $T_a$  e aumento das chuvas na região. Nos meses de poucas chuvas, agosto e setembro, a  $T_a$  foi mais alta nos pontos de abastecimento (PA) do que nos TC, com tendência a se equivalerem com o aumento das chuvas no mês de maio. Nos meses mais chuvosos, outubro, novembro e dezembro, a  $T_a$  foi menor nos PA do que nos TC (Figura 1).

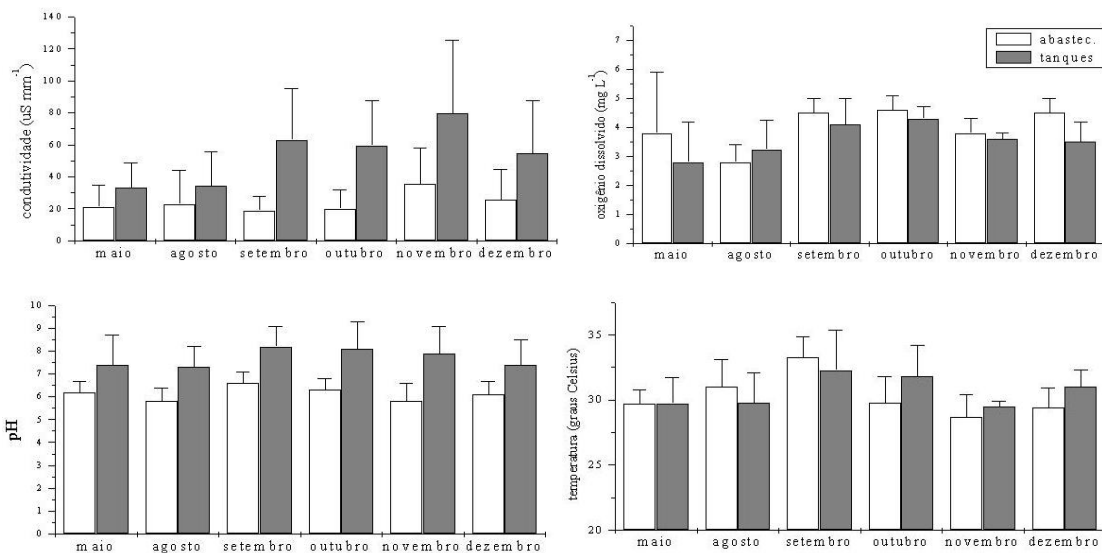


Figura 1. Temperatura, OD, pH e S da água de abastecimento e TC de tambaqui na região de Rio Preto da Eva, AM.

Com relação aos valores de OD, foram observadas leituras maiores nos PA do que nos tanques no mês de maio (final da época mais chuvosa). Com o início do período mais seco em agosto, observaram-

se valores de OD mais baixos nos PA do que nos TC, com tendência a se equivalerem em setembro, assim permanecendo em outubro e novembro, apesar do aumento das chuvas observadas nesses dois meses. No mês de dezembro

observou-se OD mais alto nos PA do que nos tanques, provavelmente pelo aumento mais efetivo das chuvas (Figura 1).

Os valores de pH (Figura 1), alcalinidade e dureza (Figura 2) estiveram sempre mais baixos nos PA do que nos TC, devido a calagem nos tanques. Entretanto, as diferenças entre os valores de pH, alcalinidade e dureza, observadas nos PA e viveiros de cultivo, foram menores durante os meses típicos de chuva como dezembro e

maio (final das chuvas). Já as diferenças entre os valores de pH, alcalinidade e dureza, observadas nos PA e TC, foram maiores em agosto, setembro, outubro e novembro, meses de alternâncias típicas de períodos de alta insolação e chuvas, com observação de alta produtividade primária e secundária da água da piscicultura da Amazônia Ocidental (KUBITZA et al., 2012).

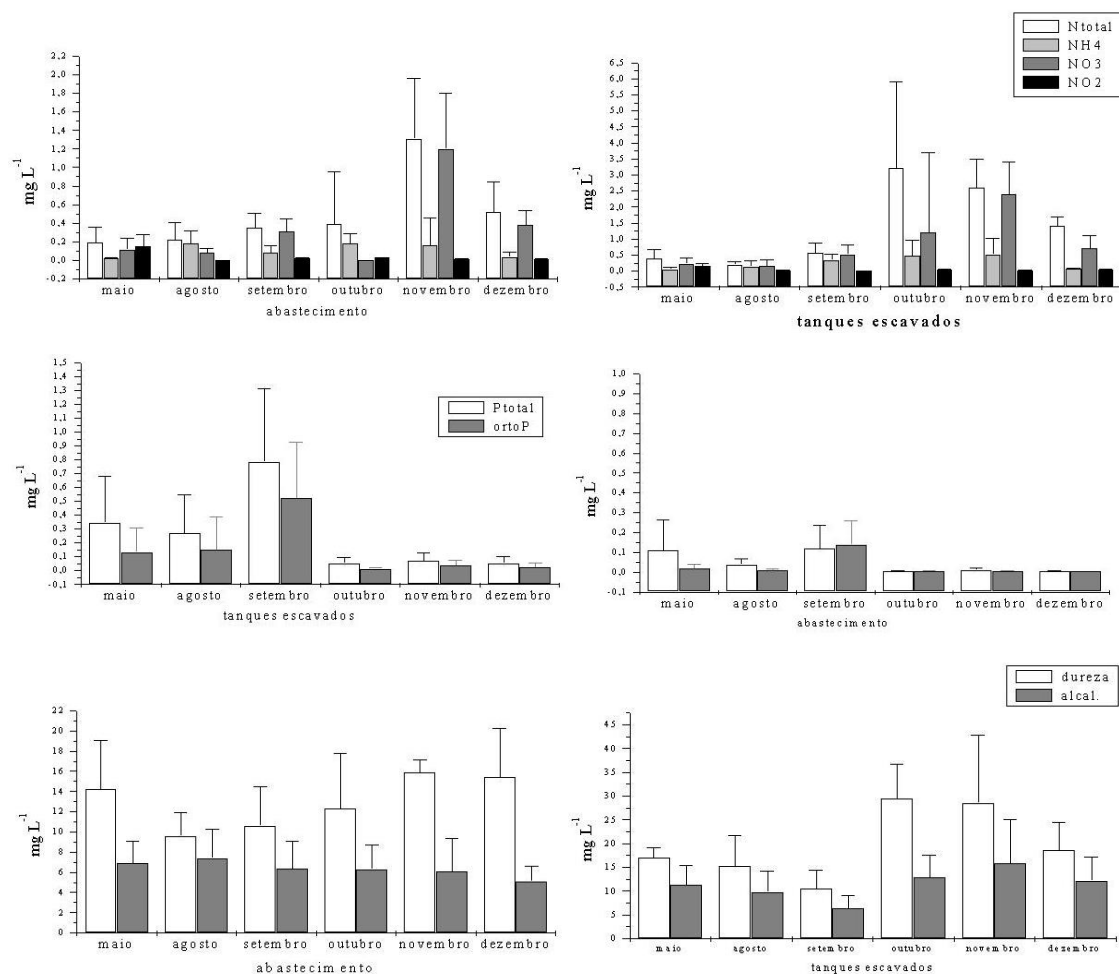


Figura 2. Valores de dureza, alcalinidade, N<sub>t</sub>, N<sub>a</sub>, nitrato, nitrito, P<sub>t</sub> e P<sub>o</sub> na água de abastecimento e TC de tambaqui na região de Rio Preto da Eva, AM.

Os valores de transparência (Figura 3) foram sempre mais altos nos PA do que nos TC, com exceção em outubro, quando houve semelhança. Os valores mais baixos de transparência foram observados nos TC especialmente no mês de poucas chuvas, setembro. Os dados de turbidez (Figura 3), por outro lado, estiveram sempre mais altos nos TC em relação aos PA. Nos meses de poucas chuvas, agosto e setembro, as diferenças observadas para turbidez entre os PA e TC eram ainda maiores, ou seja, nesses dois meses observaram-se os menores valores de turbidez nos PA. Conforme o aumento das chuvas em outubro, novembro e dezembro, os valores de turbidez nos PA também aumentaram. Nos TC, a turbidez esteve sempre alta, e com o início das chuvas em outubro, ultrapassaram os 100 NTU, limite permitido pelo CONAMA 357/2005. Os valores de STD estiveram sempre mais baixos nos PA em relação aos TC, sendo que as diferenças observadas para esse parâmetro aumentaram da primeira para a última excursão de estudo. Ou seja, os valores de STD, nos TC, aumentaram no decorrer deste estudo. Ainda os valores de STD estiveram sempre acima de 20 mg L<sup>-1</sup> nos TC, apontado como fora das normas ambientais (ARANA, 1997).

Os valores de S (Figura 1) estiveram sempre mais baixos nos PA em relação aos TC. No mês de setembro, esses valores começaram a aumentar nos TC, assim permanecendo até o fim do trabalho, mesmo com aumento substancial das chuvas em dezembro.

As concentrações de nitrogênio total (N<sub>t</sub>) e amoniacal, nitrato e nitrito (Figura 2) estiveram sempre mais altas nos TC em relação aos PA, com exceção no mês de agosto, quando estiveram semelhantes. Os valores de N<sub>t</sub> aumentaram nos PA até o mês de novembro. Com o aumento substancial das chuvas em dezembro, esses valores voltaram a diminuir nos PA.

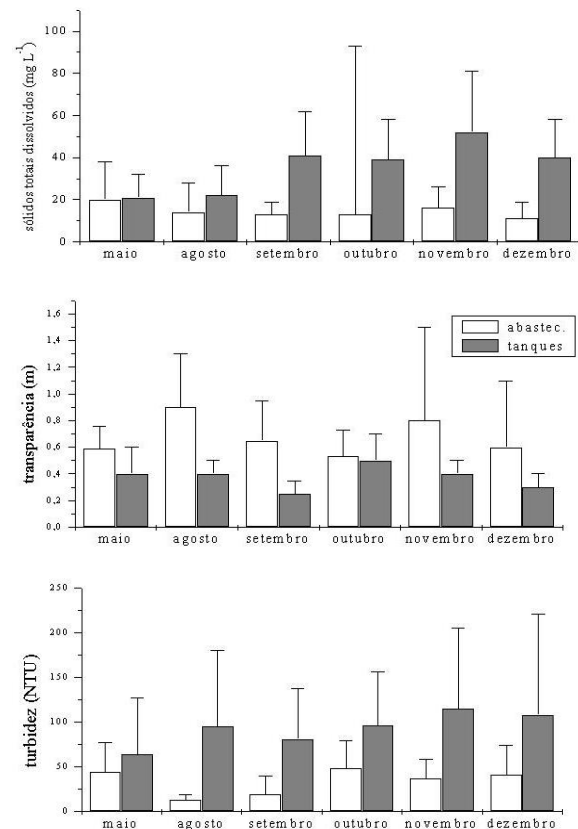


Figura 3. Transparência, turbidez e sólidos totais dissolvidos na água de abastecimento e TC de tambaqui na região de Rio Preto da Eva, AM.

O N<sub>a</sub>, nos TC, aumentou com a diminuição das chuvas em agosto e setembro, continuando a aumentar em outubro e novembro, mesmo com o início das chuvas nesses meses. Em dezembro as chuvas aumentaram ainda mais proporcionando por fim diminuição do N<sub>a</sub> nos TC. Os valores de nitrato nos TC aumentaram em setembro, continuando até novembro, mesmo com início das chuvas. Somente com as chuvas mais abundantes em dezembro o nitrato voltou a diminuir de maneira similar ao observado para o N<sub>a</sub>. Os valores de nitrito estiveram sempre baixos tanto nos PA como nos TC, quase sem alterações com as variações pluviométricas da região.

Os valores de  $P_t$  e  $P_o$  (Figura 2) estiveram sempre mais baixos nos PA do que nos TC. No mês de setembro observou-se aumento dos valores de  $P_t$  e  $P_o$  tanto nos PA como nos TC. Os valores de  $P_t$  estiveram acima do especificado no Conama 357/2005,  $0,05 \text{ mg L}^{-1}$ , nos TC em todos os meses do estudo. Nos PA, os valores de  $P_t$  estiveram fora das normas nos meses de maio e setembro.

Os coeficientes de correlação indicam correlação positiva do nitrato com  $N_a$ , do  $N_t$  com  $N_a$  e nitrato. A turbidez teve correlação positiva com nitrato,  $N_t$  e pH, enquanto o OD teve correlação negativa com nitrato. Já os valores de STD apresentaram correlação positiva com  $N_a$ , nitrato,  $N_t$ , pH, turbidez e OD, e correlação negativa com

nitrito. Os valores de temperatura apresentaram correlação negativa com nitrito e positiva com pH e STD. A transparência teve correlação negativa com pH, turbidez e STD. A S apresentou correlação positiva com  $N_a$ , nitrato,  $N_t$ , pH, turbidez, OD, STD e  $T_a$ , e correlação negativa com nitrito e transparência. Os valores de  $P_t$  apresentaram correlação positiva com nitrito e negativa com OD, enquanto o  $P_o$  teve correlação positiva com nitrito e  $P_t$  e negativa com OD. A alcalinidade apresentou correlação positiva com  $N_a$ , nitrato,  $N_t$ , pH, turbidez, STD e S. A dureza teve correlação positiva com  $N_a$ , nitrato,  $N_t$ , pH, turbidez, STD, S e alcalinidade, e correlação negativa com transparência (Tabela 2).

**Tabela 2.** Correlações entre os valores de qualidade da água do cultivo de tabaqui em tanques escavados na região de Rio Preto da Eva, AM

	nit	$N_a$	Nitrato	$N_t$	pH	Turb	OD	STD	Temp	Transp	S	$P_t$	OrtoP	alc	dur
nit	1,00														
$N_a$	-0,23	1,00													
Nitrato	-0,07	0,67*	1,00												
$N_t$	0,30	0,64*	0,87*	1,00											
pH	-0,01	0,13	0,08	0,15	1,00										
Turb	0,00	0,28	0,36*	0,43*	0,39*	1,00									
OD	-0,55*	0,16	-0,35	-0,24	0,08	-0,08	1,00								
STD	-0,40*	0,54*	0,44*	0,41*	0,57*	0,54*	0,36	1,00							
Temp	-0,29*	0,07	-0,36	-0,28	0,49*	0,16	0,19	0,32*	1,00						
Transp	0,01	-0,18	-0,22	-0,16	-0,35*	-0,47*	0,00	-0,28*	-0,10	1,00					
S	-0,40*	0,54*	0,44*	0,42*	0,57*	0,54*	0,35	1,00*	0,31*	-0,28*	1,00				
$P_t$	0,42*	-0,09	-0,03	-0,12	0,18	0,06	-0,64	-0,25	0,01	-0,10	-0,24	1,00			
OrtoP	0,41*	-0,01	-0,11	-0,20	0,24	0,06	-0,37	-0,12	0,09	-0,04	-0,12	0,84*	1,00		
alc	0,14	0,47*	0,53*	0,55*	0,39*	0,36*	-0,06	0,67*	0,03	-0,22	0,67*	0,14	0,21	1,00	
dur	-0,01	0,46*	0,42*	0,50*	0,43*	0,40*	0,09	0,69*	0,10	-0,29*	0,69*	0,03	0,04	0,82*	1,00

\* significativo  $p(<0,05)$ .

#### 4. Discussão

Os aspectos ambientais do cultivo de tabaqui em tanques escavados na Amazônia Ocidental motivam debates entre técnicos

ligados a piscicultura e órgãos locais de fiscalização ambiental. De um lado existem normas de conduta e valores dos parâmetros de qualidade da água de cultivo e efluentes,



exigidos pelos órgãos ambientais. Do outro lado, argumentos de piscicultores locais de que os cultivos de tambaqui em tanques escavados otimizam o uso da água, já que poucas renovações são feitas e as cargas são utilizadas por vários ciclos de engorda sucessivos. Ou seja, os abastecimentos ocorrem somente para reposições de perdas por evaporação e infiltração, sem a geração efetiva de efluentes (KUBITZA et al., 2012). Além disso, conforme observado no presente estudo, as taxas pluviométricas na região foram bastante altas, os índices de evaporação, baixos na estação chuvosa e os tanques, construídos em áreas de solos bastante argilosos. Dessa forma, houve pouco bombeamento de água nos tanques durante o período observado.

Os resultados obtidos demonstraram a influência do cultivo de tambaqui em tanques escavados e do regime de chuvas na região sobre os parâmetros avaliados. A maioria desses parâmetros esteve dentro dos valores permitidos pelos órgãos ambientais, com exceção dos valores de  $P_t$  ( $> 0,05 \text{ mg L}^{-1}$ ) e de STD ( $> 20 \text{ mg L}^{-1}$ ) nos TC. Os valores de turbidez nos TC foram sempre altos, ultrapassando os limites de 100 NTU nos meses mais chuvosos.

Os impactos ambientais da aquicultura são fontes de debate no mundo todo, com exemplos descritos em diversas indústrias aquícolas (THIA ENG et al., 1989; BOYD, 2003; FIGUEIREDO et al., 2006; BUSCHMANN et al., 2009; SAEED, 2013). Segundo Boyd e Tucker (2000), a medida de mitigação ideal desses impactos ambientais seria o tratamento integral de toda a água utilizada na produção de organismos aquáticos, incluindo, nesse tratamento, as águas que saem dos tanques após chuvas pesadas, para liberação no ambiente.

Atualmente o termo “Boas Práticas de Manejo (BPMs)” tornou-se a ferramenta mais viável para a mitigação dos impactos ambientais da aquicultura (BOYD, 2003;

CYRINO et al., 2010). Isso ocorre devido à inaplicabilidade técnica e econômica na aquicultura do tratamento tradicional dos efluentes por métodos e procedimentos utilizados na indústria e no esgoto doméstico. Vale ressaltar que as principais entradas de nutrientes nos sistemas aquícolas são a calagem, a adubação, as rações e águas da chuva (MACEDO e SIPAUBA-TAVARES, 2010). Logo, as BPMs devem ser conduzidas para reduzir as entradas de nutrientes nos sistemas de cultivo. BPMs consistem em diversas práticas de manejo a serem adotadas em cada propriedade, de acordo com as possibilidades de cada produtor rural, e mais práticas podem ser adicionadas à lista sempre que possível. São exemplos para reduzir a erosão e ajudar na diminuição dos valores de turbidez e STD, observados neste trabalho: fazer uso de inclinações e compactações adequadas nos aterros e de desenhos apropriados das estruturas de descargas e canais contra impactos e velocidade da água; prover coberturas vegetais nos aterros e acima das inclinações dos canais e também nas microbacias e cascalhos nas estradas das propriedades; posicionar aeradores de forma a evitar erosões dos taludes e partes rasas dos TC pelas correntes de água causadas pelo funcionamento dos equipamentos; não deixar os monges abertos em tanques vazios, para evitar erosão por enxurrada e descargas de sólidos em suspensão; impedir que animais transitem nos aterros ou que atravessem os tanques; quando fizer remoções de sedimentos do fundo dos tanques, utilizá-los apropriadamente para reparar aterros ou dar destino correto.

Outras BPMs são descritas para reduzir entradas de nutrientes pelo manejo da piscicultura, como: uso de fertilizantes somente em quantidades necessárias para manter o plâncton; determinação correta das taxas de estocagem e alimentação de cada tanque para não exceder seus limites de sustentação; uso de rações de alta qualidade,



estáveis na água e com teores de nitrogênio e fósforo estritamente necessários aos peixes; alimentação parcimoniosa aos peixes, mas que assegure aos animais a quantidade necessária; não renovação de água dos tanques ou utilização mínima, se necessário; em sistemas intensivos, aplicar aeração artificial suficiente para prevenir a tempo concentrações baixas de oxigênio e promover nitrificação e outros processos biológicos aeróbicos; promoção de volumes extras nas unidades de produção para estocagem de águas de chuvas pesadas para minimizar excessos de fluxos de água a ser liberados no ambiente, estruturas de descarga de excessos água de cultivo nos tanques não devem ser construídas nas partes mais fundas dos tanques para não gerar efluentes muito concentrados; realização de despesas sem drenagem ou com drenagem mínima necessária para captura dos peixes; uso de descargas de água em canais de drenagem com coberturas e sempre que possível reutilizar as águas (BOYD, 2003).

No presente estudo, observou-se que os valores de  $P_i$  nos TC estiveram acima da Resolução Conama 357/2005, especialmente nos períodos menos chuvosos. Os valores estipulados nesse expediente foi difícil de ser mantido, tanto na Amazônia Ocidental, para o cultivo de tambaqui em tanques escavados (KUBITZA et al., 2012), como em outras regiões aquícolas no Brasil e no mundo (BOYD, 2003; TOLEDO et al., 2003; FIGUEIREDO et al., 2006; FERNANDES et al., 2007; CAMPOS et al., 2008; BUSCHMANN et al., 2009). Esse argumento é corroborado pelas principais organizações, como “Global Aquaculture Alliance” (GAA), que são responsáveis por certificações de uso de BPMs em diversas indústrias aquícolas (BOYD, 2003). Essas organizações toleram valores superiores aos aceitáveis pelas normas do Brasil. A GAA sugeriu valores de até  $0,5 \text{ mg L}^{-1}$  de  $P_i$  no início de um processo de certificação de BPMs para indústria de

tilápia, com redução para  $0,3 \text{ mg L}^{-1}$  após cinco anos (BOYD e TUCKER, 2000). Segundo Cyrino et al. (2010), apenas 25% a 30% do nitrogênio e do fósforo que entram num sistema de piscicultura pela alimentação e adubação são recuperados em peixes na despesca. Dessa forma, essas duas práticas de manejo devem ser seriamente observadas. No cultivo de tambaqui, a principal fonte de entrada de N e P ocorre pela alimentação, pois a adubação é realizada somente na implantação dos tanques escavados (KUBITZA et al., 2012). Por essa razão, a alimentação artificial, nesse cultivo, deve ter atenção especial. As taxas de alimentação não superiores a 60 kg/ha, no caso de ausência de aeração, e 120 kg/ha com aeração disponível, devem ser respeitadas (COLE e BOYD, 1986), já que a maior parte da ração fornecida (em torno de 70%) não é diretamente assimilada pelos peixes, e sim liberada nos ambientes de cultivo. Desse material, boa parte é assimilada no próprio tanque de cultivo por degradação microbiana da matéria orgânica em gás carbônico e água. A amônia é convertida em nitrato, que é transformado em nitrogênio gasoso por bactérias, e parte da amônia é volatilizada; o fósforo e o nitrogênio orgânico são acumulados no sedimento do fundo dos tanques (GROSS et al., 2000; CYRINO et al., 2010). Ainda com respeito à diminuição das entradas de nutrientes nos sistemas pela alimentação do tambaqui, são necessários investimentos em pesquisas e desenvolvimento de rações específicas para a espécie, mais eficientes e independentes de ingredientes de origem animal, ricos em fósforo (KUBITZA, 2010). Atualmente os valores de conversão alimentar do tambaqui estão entre 1,6-2,2 : 1 para a produção de peixes de 2 kg. A conversão alimentar pode ser ainda maior para a produção de peixes maiores (KUBITZA, 2012). Indústrias mais avançadas, como a do salmão, na Noruega, apresentam conversão alimentar média de





1,16: 1, com relatos de empresas que obtêm até 1,01:1 (WANG et al., 2012).

De acordo com Cyrino et al. (2010), à proporção que a biomassa e as taxas de alimentação aumentam, o ambiente de cultivo se torna poluído, com nutrientes e matéria orgânica em excesso. No presente estudo, valores de  $P_t$ , STD e turbidez atingiram, muitas vezes, níveis acima do permitido, além de coeficientes de correlação significativos entre esses e os outros parâmetros avaliados. A maneira mais prática para manutenção da qualidade da água nos tanques em valores aceitáveis seria, além de um rigoroso programa de adoção de BPMs no cultivo do tambaqui em tanques escavados (inclusive com certificação internacional), o aumento substancial e/ou a renovação constante da água nos TC, principalmente nos períodos mais secos do ano. Entretanto, no momento, tal alternativa não é possível para muitas das unidades de produção na região do estudo, devido à limitada disponibilidade hídrica no período de seca em relação ao número de tanques já construídos nas propriedades. Assim, devem ser conduzidos mais trabalhos a respeito de técnicas de tratamento da água dos cultivos para reaproveitamento, como exemplo o uso de sistemas com macrofitas aquáticas, que podem retirar até 80% do  $P_t$  das águas (SILVA e CAMARGO, 2008), ou de produtos à base de bactérias para melhoria da qualidade da água (como probióticos e outros), associado a bacias de sedimentação e sistemas tradicionais de filtração (BOYD, 2003) devidamente adaptados para a região. Recirculação parcial e até total da água dos cultivos dentro das propriedades poderá ocorrer em longo prazo.

A emergente agroindústria do tambaqui na Amazônia Ocidental deverá, cada vez mais, conjugar a conservação e o manejo racional dos recursos hídricos nas propriedades rurais para sua própria existência e continuidade. Para tal, o

crescimento da atividade deverá ser ordenado e com rigoroso dimensionamento da biomassa ambientalmente sustentável (KUBTIZA, 2010) e da área disponível para desmatamento e construção de novos tanques em cada microbacia com potencial para piscicultura comercial. Monitoramentos sistemáticos dos parâmetros físicos e químicos da qualidade da água nas propriedades, tanto pelos órgãos ambientais como pelos próprios produtores, de maneira individual ou em grupos, deverão ocorrer, associados ao uso de ferramentas de informática para melhor gestão ambiental da aquicultura (SEIXAS et al., 2009) e a assimilação de conceitos das ciências ambientais, tais como “pegada ecológica” e “sistemas aquícolas multitróficos integrados” (WANG et al., 2012).

## **5. Conclusões**

A qualidade da água dos cultivos de tambaqui no Município de Rio Preto da Eva pode ser melhorada por meio de implementação sistemática de BPMs, que são alternativas ambientalmente mais amigáveis e economicamente viáveis para a atividade agropecuária na região. Assim poderá haver aumento da produção de maneira ordenada, com maiores chances de exploração sustentável dos recursos naturais amazônicos: o tambaqui, a água e a floresta.

## **Agradecimentos**

Ao CNPq (Processo 471655/10-4); à FINEP (Projeto DARPA/SEPA-SEPROR) e à Embrapa, pelo suporte ao trabalho. À Fapeam, pela bolsa de mestrado ao primeiro autor. Ao Sr. José Pereira de Souza, postumamente, pelo auxílio neste e em vários outros trabalhos.

## **Divulgação**

Este artigo é inédito e não está sendo considerado para qualquer outra publicação. Os autores e revisores não relataram qualquer



conflito de interesse durante a sua avaliação. Logo, a revista *Scientia Amazonia* detém os direitos autorais, tem a aprovação e a permissão dos autores para divulgação, deste artigo, por meio eletrônico.

## Referências

- ARANA, L.V. **Princípios físicos e químicos de qualidade da água em aquicultura**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1997. 166 p.
- APHA. **Standard methods for determinations of water and wastes**. Washington, DC: Join Editorial board. 12ed, 1980. 569p.
- BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. Rule-making for aquaculture effluents in the US. **Global Aquaculture Advocate**, v.3, n.6, p.81– 82, 2000.
- BOYD, C.E. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm-level. **Aquaculture**, v.226, p.101-112, 2003.
- BUSCHMANN, A.; CABELLO, F.; YOUNG, K.; CARVAJAL, J. VARELA, D.; HENRÍQUEZ, L. Salmon aquaculture and coastal ecosystem health in Chile: Analysis of regulations, environmental impacts and bioremediation systems. **Ocean & Coastal Management**, v.52, p.243–249, 2009.
- CAMPOS, A.; MAIA, E.; COSTA, W. BRITO, L.; GALVEZ, A. Qualidade da água em fazenda de camarão marinho *Litopenaeus vannamei* com sistema de recirculação parcial. **Ciência Animal Brasileira**, v.9, n.4, p.819-826, 2008.
- COLE, B.; BOYD, C. Feeding rate, water quality and channel catfish production in ponds. **Progressive Fish-Culturist**, v.48, p.25-29, 1986.
- CONAMA. **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005**. (<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>). Accessed on 01/03/2013.
- CYRINO, J.E.P.; BICUDO, A.J.; SADO, R.Y.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.68-87, 2010.
- FIGUEIREDO, M.C.B.; ARAUJO, L.F.P.; ROSA, M.F.; MORAIS, L.F.S.; PAULINO, W.D.; GOMES, R.B. Impactos ambientais da carcinicultura de águas interiores. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.11, n.3, p.231-240, 2006.
- FERNANDES, D.; OLIVEIRA, L.; PEREIRA, L.; GOMES, G.; FREIRE, G. Caracterização de amônia, nitrato, nitrito, (orto)fosfato dissolvido e clorofila “a” em uma fazenda de cultivo de camarão. **Revista de Geologia**, v.20, n.1, p.99-117, 2007.
- GOLTERMAN, H. L. **Methods of chemical analysis of fresh water**. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 1970. 465 p.
- GRASSHOFF, K. **Methods of seawater Analysis**. Verlag: Chemie Weinheim, 1976. 317 p.
- GROSS, A.; BOYD, C.E.; WOOD, C.W. Nitrogen transformations and balance in channel catfish ponds. **Aquacultural Engineering**, v.24, p.1-14, 2000.
- KUBITZA, F. Os caminhos para uma piscicultura sustentável. **Panorama da Aquicultura**, v.20, p.16-23, 2010.
- KUBITZA, F. Tambaqui, alimentando com eficiência para reduzir custos. **Panorama da Aquicultura**, v.22, p.14-21, 2012.
- Kubitza, F.; Campos, J.L.; Ono, E.; Istchuk, P.I. Panorama da Piscicultura no Brasil: estatísticas, espécies, polos de produção e fatores limitantes a expansão da atividade. **Panorama da Aquicultura**, v. 22, p. 14-25, 2012.
- MACEDO, C.F.; SIPAUBA-TAVARES, L. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações.



**Boletim Instituto de Pesca**, v.36, n.2, p.149-163, 2010.

SAEED, S. Assessment of inorganic pollutants in water and sediments in Abbassa and Maruit fish farm, Egypt. **Abbassa International Journal of Aquaculture**, v.6, n.1, p.19-39, 2013.

SAINT-PAUL, U. Potential for aquaculture of South America freshwater fish: a review. **Aquaculture**, v.54, p.205-240, 1986.

SEIXAS, A.; PESSOA, M.C.; LOSEKANN, M.; QUEIROZ, J.; BOSSO, D. Sistema especialista como ferramenta de apoio às boas práticas de manejo da tilapicultura. **Revista Agroambiental**, v.1, n.3, p.130-133, 2009.

SILVA, G.; CAMARGO, A. Impacto das atividades de aquicultura e sistemas de tratamentos de efluentes com macrofitas aquáticas – relato de caso. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.34, n.1, p.163-173, 2008.

THIA-ENG, C.; PAW, J.; GUARIN, F.Y. The environmental impact of aquaculture and the

effects of pollution on coastal aquaculture development in southeast Asia. **Marine Pollution Bulletin**, v.20, n.7, p.335-343, 1989.

TOLEDO, J.; CASTRO, J.; FERREIRA, K.; FARIAS, R.; HACON, S.; SMERMANN, W. Avaliação do impacto ambiental causado por efluentes de viveiros da estação de piscicultura de Alta Floresta, MT. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**, v.2, p.13-31, 2003.

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

WANG, X.; OLSEN, L.; REITAN, K.; OLSEN, Y. Discharge of nutrient wastes from salmon farms: environmental effects, and potential for integrated multi-trophic aquaculture. **Aquaculture Environmental Interactions**, v.2, p.267-28, 2012.