

SISTEMA BIFÁSICO DE PISCICULTURA FAMILIAR EM ÁREAS ALAGÁVEIS AMAZÔNICAS

Paulo Adelino de Medeiros¹, Anndson Brelaz de Oliveira² e Efraim Pinheiro de Vasconcelos³

RESUMO

O declínio da atividade pesqueira e a degradação ambiental agravam a situação socioeconômica da população que vive nas áreas alagáveis da Amazônia. A aquicultura surge como uma alternativa para o suprimento alimentar na região, porém, é uma atividade concentrada nas áreas metropolitanas. Nesse sentido é necessário desenvolver tecnologias acessíveis que contribuam com a alimentação e com a bioeconomia das populações ribeirinhas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade técnica e econômica de um sistema bifásico de piscicultura familiar (BFS) aplicado à produção de tambaqui *Collossoma macropomum* (Cuvier, 1818) em áreas alagáveis da Amazônia. O sistema BFS foi instalado em Maués-AM, dividido em etapas de recria em tanque-rede e engorda em cercado extensivo. Nos tanques-rede foram estocados 850 peixes com $0,52 \pm 0,06$ g durante 30 dias. Posteriormente criados durante 150 dias nos cercados de engorda com área média de $4.106,43$ m². No sistema MSI foram estocados 2.500 peixes com $0,51 \pm 0,07$ g em viveiros de $3195,50$ m² durante 180 dias. Para a avaliação dos sistemas (n=3), foram analisados o desempenho zootécnico dos peixes e os indicadores econômicos em dois cenários produtivos do sistema BFS em comparação ao modelo convencional da região, de viveiro escavado em sistema monofásico semi-intensivo (MSI). O ganho de peso dos peixes (BFS = $726,74 \pm 96,80$ g; MSI = $576,06 \pm 115,69$ g) foi maior no BFS ($p = 0,04$). A produtividade nas áreas do MSI foi de $8,66$ t ha ano⁻¹, sete vezes maior ($p = 0,00$) que o produzido nas áreas alagadas. O sistema BFS atingiu uma produtividade de 1.2 t ha ano⁻¹ com redução no uso de ração, sem a necessidade de desmatamento, bombeamento de água ou

1 Doutor em Aquicultura. Professor EBTT IFAM *campus* Maués. E-mail: paulo.adelino@ifam.edu.br

2 Mestre em Educação do Campo. Professor EBTT IFAM *campus* Maués. E-mail: anndson.oliveira@ifam.edu.br.

3 Técnico em Recursos Pesqueiros. Estudante IFAM *campus* Maués. E-mail: efrainvasco2015@gmail.com.

movimentação de terra, podendo ser alternativa de suprimento alimentar e renda em planícies de inundação da Amazônia.

Palavras-Chave: Aquicultura; Bioeconomia; Ciclo de inundação; Sustentabilidade; Tambaqui.

BIPHASIC FAMILY FISH FARMING SYSTEM IN AMAZONIAN FLOODPLAINS

ABSTRACT

The decline in fishing activity and environmental degradation aggravates the socioeconomic situation of the population living in the floodplains of the Amazon. Aquaculture emerges as an alternative for food supply in the region, however, it is an activity concentrated in metropolitan areas. In this sense, it is necessary to develop accessible technologies that contribute to the food and bioeconomy of riverside populations. The objective of this work was to evaluate the technical and economic viability of a biphasic family fish farming system (BFS) applied to the production of tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) in floodplains. The system is divided into a grow-in stage in a net cage and a grow-out stage in an extensive net pen pond. In net cages, 850 fish with 0.52 ± 0.06 g were stored for 30 days. Subsequently, reared for 150 days in net pens with an average area of 4,106.43 m². In the MSI system, 2,500 fish weighing 0.51 ± 0.07 g were stored in 3195.50 m² ponds for 180 days. For the evaluation of the systems (n=3), the zootechnical performance of the fish and the economic indicators were analyzed in two productive scenarios of the BFS system in comparison to the conventional model of the region, of excavated ponds in a semi-intensive monophasic system (MSI). Fish weight gain (BFS = 726.74 ± 96.80 g; MSI = 576.06 ± 115.69 g) was higher in BFS ($p = 0.04$). Productivity in the MSI areas was 8.66 t ha year⁻¹, seven times greater ($p = 0.00$) than that produced in flooded areas. The system reached a productivity of 1.2 t ha year⁻¹ with a reduction in the use of feed, without the need for deforestation, pumping water or moving earth, and could be an alternative food supply and increase the income of riverside dwellers in floodplains in Amazon.

Keywords: Aquaculture; Bioeconomy; Flood cycle; Sustainability; Tambaqui.

INTRODUÇÃO

O declínio da atividade pesqueira e a degradação ambiental agravam a situação socioeconômica da população que vive nas áreas alagáveis da Amazônia (DA SILVA e BEGOSSI, 2009; CAMELLI et al., 2020). TREGIDGO et al. (2020) mostraram alto grau de insegurança alimentar nessas regiões que é agravado na época das cheias pela queda significativa na taxa de captura da pesca. Em decorrência disso, a aquicultura é considerada uma atividade estratégica para o suprimento nutricional de populações ribeirinhas na Amazônia e em outras regiões do mundo (BUSH et al., 2019; FAO, 2020).

Estudos datam a piscicultura em áreas alagáveis como uma prática pré-hispânica (PRESTES-CARNEIRO et al., 2019). Porém, para uma maior efetivação da população contemporânea na atividade é preciso sistematizar e desenvolver sistemas agrícolas que sejam adaptados à realidade local e inclusivos (ROS-TONEN, 2019; KAMINSKI et al., 2020). As áreas alagáveis são destinadas à produção aquícola em diversas regiões do mundo (DEY et al., 2005), correspondem a 17 % de todo o território da Amazônia (HESS et al., 2015). Por isso, a proposta da tecnologia é produzir peixes nativos nas áreas intermitentes da Amazônia em sincronia com o pulso anual de inundação, utilizando como referência os preceitos da inovação frugal, que está frequentemente associada à sustentabilidade por se caracterizar no uso mínimo de recursos e ser mais acessível do que inovações convencionais (ALBERT, 2019).

Na época das enchentes há maior profundidade, inundação das margens e grande circulação de água nas áreas alagáveis (AMARAL et al., 2019), características favoráveis para a criação em tanque rede (RORIZ et al., 2017; CORNEJO et al., 2020). Na vazante, com a redução da profundidade e o surgimento de áreas confinadas, é possível realizar

a engorda em estruturas como barragens antigas ou pela instalação de cercados, tecnologia amplamente utilizada em zonas costeiras (AYER et al., 2016). Estes ambientes são anualmente enriquecidos com matéria orgânica, o que favorece a produção primária e o desenvolvimento microrganismos planctônicos (AMARAL et al., 2018).

O tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) habita naturalmente as áreas alagáveis, possui uma dieta amplamente generalista que vai desde filtrar estes alimentos microscópicos até digerir sementes rígidas e fibrosas que são encontradas nas florestas ripárias das áreas alagáveis (ARANTES e FREITAS, 2016). Além de adaptar-se bem à criação em tanques-rede (FRISSO et al., 2020) e possuir adaptações que permitem resistir a depleções de oxigênio (WOOD et al., 2017) é uma das espécies mais consumidas na região, com histórico de sobrepesca desde a década de 1980 (PETRERE, 1986), por isso, em áreas menos piscosas, principalmente de água clara e preta (SIOLI, 1984), a criação da espécie seja a principal alternativa para a manutenção do consumo desse item alimentar que faz parte da cultura dos povos tradicionais da Amazônia.

No Amazonas, maior estado da Amazônia, as dificuldades de logística e ausência de equipamentos fazem com que a instalação de uma propriedade modal com 1,39 ha de viveiro escavado para criação semi-intensiva de tambaqui custe US\$ 52.389,88. Esse alto valor contrasta com um setor aquícola composto por cerca de 90% de pequenos produtores, com áreas produtivas menores que 5 ha (LIMA et al., 2020). A aquicultura no interior do Amazonas não supre a demanda local e mesmo na região metropolitana mostra pouca competitividade em relação aos grandes polos que produzem em escala industrial nos estados vizinhos (COSTA et al., 2018; FEITOZA et al., 2019).

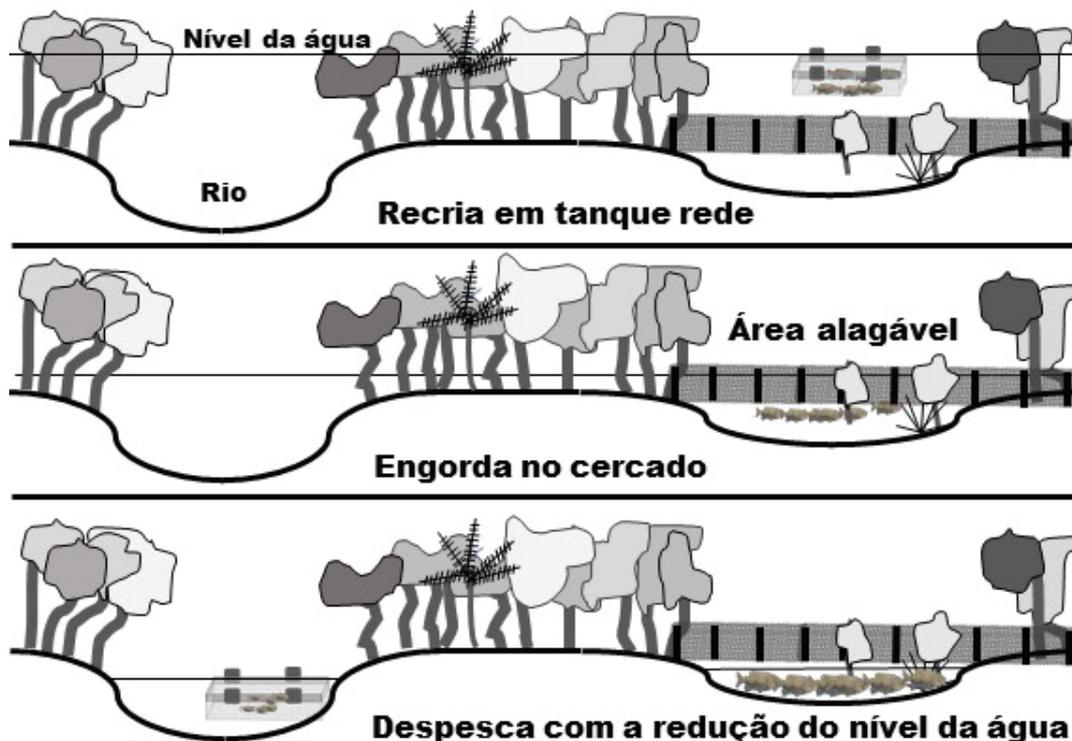
Apesar disso, a alta disponibilidade de recursos hídricos e florestais da região cria um ambiente favorável ao desenvolvimento de atividades comunitárias com potencial de melhorar a socioeconomia dos povos tradicionais da região (MEDINA et al., 2022). Levando em conta este cenário, o objetivo deste estudo foi avaliar a viabilidade técnica e econômica de um sistema bifásico de piscicultura aplicado à produção familiar de tambaqui em áreas alagáveis da Amazônia em comparação ao sistema monofásico semi-intensivo em viveiros escavados.

METODOLOGIA

Esta pesquisa foi realizada conforme autorização do Comitê de Ética em Pesquisa com Animais – CEUA do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas N^o 001.02.1700.0506/2017. A pesquisa foi realizada no município de Maués, Amazonas, Brasil, localizado na região do médio Amazonas, as margens da confluência do Rio Maués Açú com o Paraná do Urariá. Ambos os rios são tributários do Rio Amazonas, que possui um ciclo anual de inundação com amplitude de aproximadamente 15 m (SIOLI, 1984; JUNK et al.; 2011).

Durante 180 dias, no período de enchente e início da vazante, de janeiro a agosto de 2018, foi comparado o desempenho zootécnico e o rendimento econômico da criação de tambaqui *Colossoma macropomum* curumim (~500 g) em sistema bifásico em áreas alagáveis (BFS) (n=3) ao sistema monofásico em viveiros escavados com regime semi-intensivo de criação (MSI) (n=3), modelo de produção mais utilizado na região. No sistema BFS, as etapas de criação são descritas na figura 1.

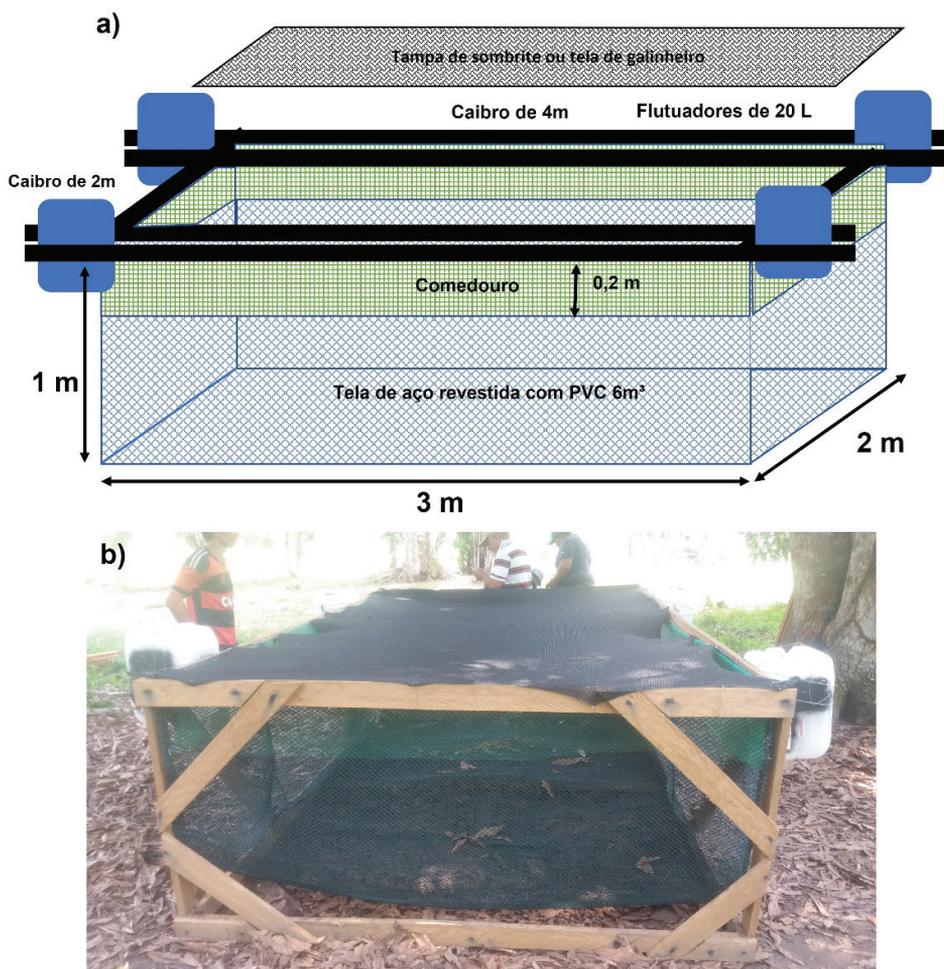
Figura 1: Etapas de criação do sistema bifásico de piscicultura familiar em áreas alagáveis da Amazônia



Fonte: Autor.

A recria no BFS foi realizada em tanque-rede de baixo custo, medindo 3 m de comprimento por 2 m de largura e 1 m de profundidade, produzidos com estrutura de madeira, flutuadores de tambores de 20 L e área de confinamento em tela de aço revestida com PVC com malha de 20 mm sobreposta por rede de nylon de malha de 1 mm (Figura 2). Nesta fase, foram estocados 850 peixes com $0,52 \pm 0,06$ g e alimentados durante 30 dias com ração comercial 36% de proteína bruta (PB), com uma proporção de 10% do peso vivo ao dia.

Figura 2: Tanque rede de baixo custo: a) layout; b) modelo real.



Fonte: Autor.

A engorda no BFS iniciou com peixes de $48,12 \pm 12,03$ g, quando a água desceu até o nível superior da cerca evitando a fuga dos animais. A área média dos cercados foi de $4.106,43 \text{ m}^2 \pm 2.556,57$, variando uniformemente entre as repetições conforme o nível do rio. A estrutura do cercado foi produzida com esteios de madeira espaçados a cada 2,5 m e fixados no solo a 0,7 m de profundidade. A contenção no vão central foi produzida com 40 m^2 de tela de aço revestida com PVC fio de 1,65 mm de espessura

e malha 25 mm. A qual foi fixada na estrutura com grampos de aço de 25 mm de comprimento e 2,5 mm de espessura. As margens do cercado foram produzidas com tabuas serradas com espaçamento máximo de 25mm (Figuras 3). Nesta fase, os peixes foram alimentados numa proporção de 1,5% do peso vivo com ração comercial contendo 32% de PB durante 120 dias. Nos últimos 30 dias a taxa de alimentação foi reduzida para 1% do peso vivo do tanque ao dia. A despesca foi realizada no mês de agosto de 2018, período de vazante, quando o nível da água atingiu 0,4 m de profundidade.

Figura 3: Esquema de produção de cercado para engorda em regime extensivo: a) layout. b) modelo instalado em Maués-AM.



Fonte: Autor.

No sistema MSI foram estocados 2.500 peixes com $0,51 \pm 0,07$ g em viveiros de $3.195,50 \pm 108,69$ m², com estimativa de produção de 8 toneladas ha ano⁻¹, os peixes foram mantidos em três viveiros escavados durante os 180 dias do período de criação. Nos primeiros 30 dias, os peixes foram alimentados com ração 36% PB em uma taxa de alimentação de 10% da biomassa ao dia, alterando para ração 32% PB e 6, 5, 3 e 2 % peso vivo dia⁻¹ a partir de 30, 60, 90 e 150 dias.

Em ambos os sistemas, as biometrias para verificação de peso e comprimento foram realizadas mensalmente, com a comparação dos resultados foram calculados ao longo da criação os seguintes índices zootécnicos: taxa de sobrevivência (%); produtividade (Kg ha ano⁻¹); taxa de crescimento específico (%); ganho de peso (g); ganho de peso diário (g dia⁻¹); ganho de biomassa (kg); taxa de conversão alimentar (kg kg⁻¹) e densidade de estocagem (Kg m²) de acordo com IZEL-SIVA et al. (2020). A taxa de eficiência proteica (kg kg⁻¹) e o custo com alimentação (US\$ kg peixe⁻¹) foram calculados de acordo com MEDEIROS et. al. (2019). Para os indicadores zootécnicos e econômicos no MSI foram considerados dois ciclos de produção por ano.

Para a análise econômica dos dois sistemas foram considerados dois cenários de produção, um na região metropolitana de Manaus, capital do Amazonas, e outro em Maués-Am, cidade do interior com acesso exclusivo por via aérea ou fluvial a aproximadamente 300 km de distância da metrópole. Foram utilizados os valores médios ($n \geq 3$) dos custos de capital, operacionais, serviços e valor de mercado do tambaqui, obtidos através da aquisição dos materiais, coleta de preço in situ, orçamentos virtuais e através do levantamento de preços divulgado pela Secretaria de Produção Rural do Amazonas (SEPROR, 2020).

A partir dos dados de desempenho zootécnico, os custos e receita dos

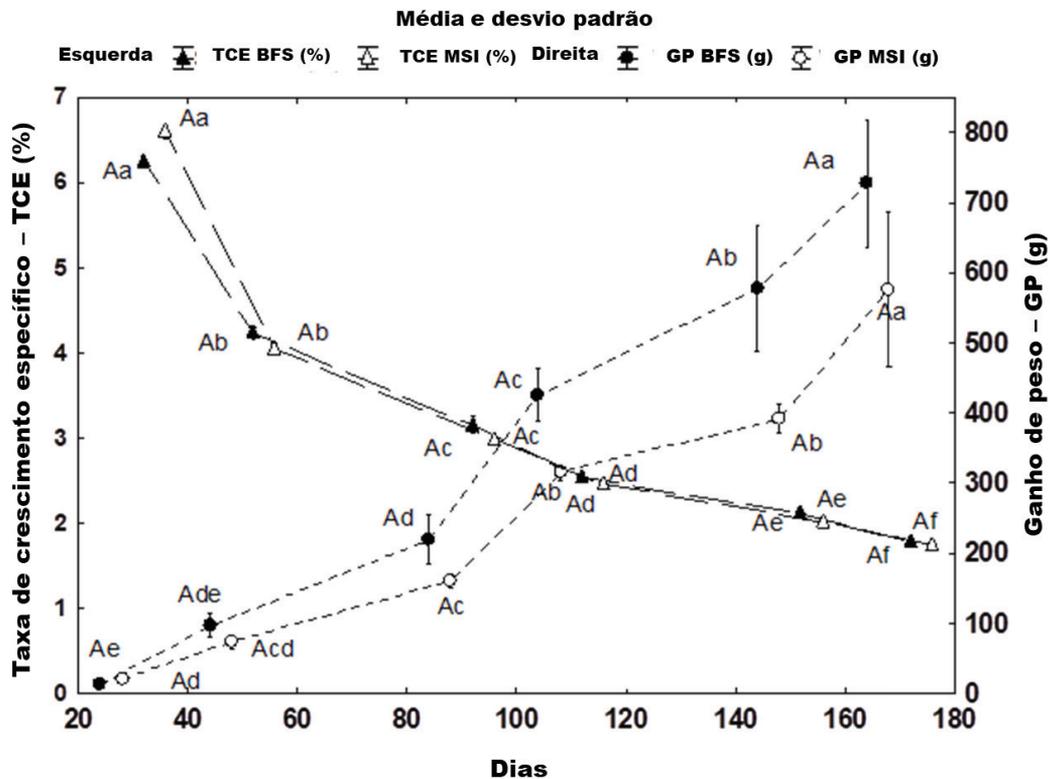
sistemas foram calculados nos dois cenários de criação e comercialização os seguintes indicadores: Custos de capital (US\$); Custos operacionais efetivos (US\$); Custos operacionais totais (US\$) de acordo com MATSUNAGA et al. (1976). O Retorno do investimento (anos), Receita bruta anual (US\$ ano⁻¹), Lucro (US\$), Valor presente líquido (VPL) (US\$) e Índice de rentabilidade de acordo com GREER (2003).

Os dados comparando os indicadores zootécnicos e econômicos atenderam aos pressupostos de normalidade e homoscedasticidade. A comparação do desempenho zootécnico entre os sistemas e períodos mensais foi realizada através de ANOVA two way (2 x 6). Para a comparação entre os indicadores econômicos dos sistemas nos diferentes cenários de produção foi realizada uma ANOVA two way (2 x 2). Todas as análises foram realizadas utilizando software estatístico STATISTICA 7.1.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após 180 dias de criação os valores de sobrevivência não foram diferentes entre os sistemas criação ($p=0,27$), com valores médios de $83,59 \pm 19,81\%$ para o BFS e $96,07 \pm 3,28\%$ para o MSI. A produtividade foi maior ($p=0,04$) no sistema MSI ($8.662,85 \pm 1.743,97$ kg ha ano⁻¹) que no BFS ($1.219,55 \pm 203,96$ kg ha ano⁻¹). O ganho de peso (BFS = $726,74 \pm 96,80$; MSI = $576,06 \pm 115,69$) foi maior no BFS ($p = 0,04$). A taxa de crescimento específico não foi diferente entre os sistemas, mas apresentou diferenças entre os períodos de coleta durante a criação (Figura 4). As demais variáveis zootécnicas comparando os sistemas em diferentes intervalos de tempo são descritas na tabela 1.

Figura 4: Taxa de crescimento específico e ganho de peso de tabaquais criados nos sistemas BFS e MSI.



Fonte: Autor.

 Tabela 1 – Comparação dos parâmetros zootécnicos de tabaquais criados em sistema bifásico em áreas alagáveis e monofásico semi-intensivo em viveiro escavado ^{1 2 3}

		Parâmetros zootécnicos								
Dias	Ganho de peso diário (g dia ⁻¹)		Ganho de biomassa (kg)		Taxa de conversão alimentar (kg kg ⁻¹)		Taxa de eficiência proteica (kg kg ⁻¹)		Densidade (Kg m ²)	
	BFS	MSI	BFS	MSI	BFS	MSI	BFS	MSI	BFS	MSI
30	0,47	0,68			0,11		5,39		0,01 ±	0,02
	±	±	10,21 ±	50,68 ±	±	0,08 ±	±	1,17 ±	0,00	±
	0,01 Af	0,05 Ad	4,09 ^{Ac}	3,66 ^{Ad}	0,00 Ac	0,01 ^{Ad}	0,02 Aa	0,00 ^{Bb}	0,00 Ab	0,00 Ac

60	1,62 ± 0,30 Ae	1,22 ± 0,18 Acd	72,68 ± 40,98 Abc	183,32 ± 26,39 Acd	0,09 ± 0,01 Bc	0,74 ± 0,07 ^{Ac}	4,34 ± 0,09 Ab	1,39 ± 0,04 ^{Bb}	0,02 ± 0,00 Ab	0,06 ± 0,01 Ac
	90	2,44 ± 0,42 Ad	1,78 ± 0,12 Ac	164,30 ± 86,94 Aabc	400,14 ± 26,52 Ac	0,32 ± 0,03 Bbc	1,03 ± 0,05 ^{Ab}	3,77 ± 0,13 Ab	1,52 ± 0,04 ^{Bab}	0,03 ± 0,03 Ab
120		3,55 ± 0,32 Ac	2,62 ± 0,09 Ab	305,98 ± 117,81 Aab	787,28 ± 28,08 Ab	0,43 ± 0,08 Bb	1,04 ± 0,09 ^{Ab}	4,06 ± 0,38 Ab	1,80 ± 0,10 ^{Bab}	0,06 ± 0,00 Ab
	150	3,84 ± 0,64 Ab	2,62 ± 0,15 Aa	427,46 ± 205,46 Aa	982,29 ± 55,00 Ab	0,57 ± 0,04 Bab	1,39 ± 0,01 ^{Aa}	3,58 ± 0,18 Ab	1,57 ± 0,01 ^{Bab}	0,07 ± 0,00 Ab
180		4,04 ± 0,54 Aa	3,20 ± 0,64 Aa	421,50 ± 143,54 Ab	1.380,17 ± 257,34 Aa	0,86 ± 0,20 Ba	1,44 ± 0,22 ^{Aa}	3,76 ± 0,79 Ab	2,20 ± 0,30 ^{Aa}	0,34 ± 0,15 ^{Aa}

Valores de *p* ANOVA two way

Sistema	0,04*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
Tempo	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
Sistema x tempo	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*

¹Values são média ± erro padrão.

²Diferentes letras maiúsculas no mesmo período de criação indicam diferença entre os sistemas ($p < 0,05$) e diferentes letras minúsculas indicam diferença no mesmo sistema entre períodos distintos da criação (Teste de Tukey's 5% de probabilidade).

³Asteriscos indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os sistemas, tempo de criação e interação entre os fatores.

Fonte: Autor.

O ganho de peso foi maior no BFS em relação ao MSI, além disso, superior aos resultados descritos por GOMES et al. (2006) de 400 g após 5 meses, ~120 g de FRISSE et al. (2020) em tanque-rede; e ~180 g de DANTAS et al. (2020) de tambaquis criado em sistema multitrófico em viveiro escavado com camarão de água doce *Macrobrachium amazonicum*. O ganho de peso diário (~ 4 g) foi semelhante ao obtido por IZEL-SILVA et al.

(2020) em sistema de viveiro sem troca de água e com aeração emergencial por 120 dias. O tambaqui é uma espécie que possui alta capacidade de filtrar microrganismos planctônicos da água (Arantes e Freitas, 2016). Em sistemas menos adensados o alimento natural complementa a nutrição e favorece o desempenho dos animais (KABIR et al., 2019; ZAKI et al., 2020). Apesar do menor crescimento, a produtividade no MSI foi três vezes maior que no BFS, os valores foram próximos aos resultados descritos na literatura para produção de tambaqui curumim em sistema semi-intensivo sem uso de aeração (COSTA et al., 2017; LIMA et al., 2020)

No BFS a baixa densidade de estocagem no início da fase de engorda permitiu maior aproveitamento do alimento natural, o que foi corroborado pelo menor fator de conversão alimentar. Por outro lado, a similaridade entre o adensamento dos sistemas, em todos os períodos de avaliação, indicam uma subutilização do espaço no MSI, principalmente nas fases iniciais, quando a área de criação é alta em razão do baixo valor biomassa do lote. A realização de uma fase de criação antes da engorda vem sendo aplicada para diversas espécies para otimização do investimento em infraestrutura, da produtividade e do período de criação (KUMAR e ENGLE, 2016; BADIOLA et al., 2017; SGNAULIN et al., 2020).

Os indicadores econômicos dos sistemas de produção estão descritos na tabela 2 e 3. O preço médio da ração foi de US\$ $0,58 \pm 0,03$ em Maués, 24% mais alto que na região metropolitana de Manaus (US\$ $0,46 \pm 0,04$). O valor de comercialização do produto em Maués foi (US\$ $1,50 \pm 0,06$), 201,51% maior que na região metropolitana ($0,73 \pm 0,11$). Os custos de capital foram 8.84% maiores em Maués que na capital ($p=0,00$), sendo o investimento inicial do MSI 779,84% maior que o do BFS, considerando a média dos dois cenários. O payback apresentou valores negativos para os dois sistemas, na região metropolitana de Manaus -11,42 e -46,47 e para

Maués o retorno do investimento se deu com 4,03 e 13,60 anos no BFS e MSI. O índice de lucratividade foi maior ($p=0,01$) no cenário de produção em Maués e com sistema bifásico de criação.

Tabela 2 - Descrição dos custos (US\$) de capital, operacionais totais e efetivos no sistema bifásico em áreas alagáveis e monofásico semi-intensivo em viveiro escavado ^{1,2}.

Custos de Capital, Operacional Efetivo e Operacional Total em BFS e MSI				
Item	BFS		MSI	
	Metropolitana de Manaus	Maués	Metropolitana de Manaus	Maués
Custos de capital (valores de <i>p</i>): Sistema (0,00); Região (0,02); Sistema x Região (0,03)				
Construção e instalação do cercado	186,67 ± 79,37	195,84 ± 78,86	0,00	0,00
Tanque rede	219,31 ± 4,16	227,19 ± 6,19	0,00	0,00
Mobilização de máquinas, topografia, movimentação de terra e compactação	0,00	0,00	6053,68 ± 250,66	6651,87 ± 275,43
Bomba hidráulica de 3CV, tubos de abastecimento e drenagem, materiais e serviços elétricos	0,00	0,00	513,52 ± 27,18	527,11 ± 34,86
Rede de despesca, kit de análise de água, balança digital, puçá e diversos	389,57 ± 14,11	426,52 ± 8,18	399,98 ± 11,14	434,14 ± 13,40
Total	795,55 ± 74,27 ^c	849,55 ± 73,83 ^c	6967,18 ± 250,66 ^B	7613,12 ± 275,43 ^A
Custos operacionais efetivos (valores de <i>p</i>): Sistema (0,00); Região (0,00); Sistema x Região (0,01)				
Juvenis de tambaqui	18,72 ± 5,62	21,85 ± 7,57	112,36 ± 9,36	131,09 ± 9,74

Ração com 36% de proteína	0,64 ± 0,24	0,79 ± 0,30	4,45 ± 0,16	5,52 ± 0,21
Ração com 32% de proteína	171,82 ± 80,60	213,05 ± 99,94	1816,50 ± 103,64	2252,47 ± 133,18
Gelo	10,86 ± 4,57	12,20 ± 4,57	56,18 ± 0,89	67,41 ± 1,52
Eletricidade	0,00	0,00	72,21 ± 3,04	70,14 ± 3,11
Calcário	0,00	0,00	35,89 ± 1,48	46,66 ± 1,93
EPIs, desinfetantes e profiláticos	6,80 ± 0,91	7,08 ± 1,82	35,33 ± 1,52	37,17 ± 1,74
Total	208,84 ± 85,23^C	255,42 ± 104,67^C	2132,92 ± 106,52^B	2599,23 ± 132,33^A
Custos operacionais totais (valores de p): Sistema (0,00); Região (0,00); Sistema x Região (0,01)				
Depreciação	109,29 ± 10,15	114,54 ± 10,16	211,78 ± 5,01	228,35 ± 5,51
Total	318,13 ± 82,51^C	369,96 ± 101,87^C	2344,7 ± 107,29^B	2827,58 ± 133,15^A

¹Valores cotados em real e convertidos para dólares (1 US\$ = R\$ 5,34) em julho de 2020.

²Diferentes letras maiúsculas na linha “Total” indicam diferença significativa entre os sistemas e regiões no teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Autor.

Tabela 2 – Comparação entre os parâmetros econômicos do sistema bifásico em áreas alagáveis e monofásico semi-intensivo em viveiro escavado em dois cenários^{1 2}.

Variável	BFS		MSI		Valores de p ANOVA two way		
	Metro-politana de Manaus	Maués	Metro-politana de Manaus	Maués	Sistema	Região	Sistema x Região
Custo com alimento (US\$ kg peixe)	0.40 ± 0.09 ^B	0.50 ± 0.12 ^B	0.67 ± 0.10 ^{AB}	0.84 ± 0.13 ^A	0.00*	0.08 ^{NS}	0.62 ^{NS}
Receita bruta anual (US\$ ano)	313.64 ± 106.79 ^C	632.02 ± 215.21 ^C	2054.28 ± 382.64 ^B	3694.17 ± 771.28 ^A	0.00*	0.01*	0.03*

Receita líquida (US\$)	-4.49 ± 58.08 ^{AB}	263.85 ± 139.70 ^{AB}	-290.47 ± 290.48 ^B	866.60 ± 773,28 ^A	0,00*	0,01*	0,03*
Valor presente líquido (US\$) ⁴	-735,43 ± 252,94 ^{AB}	90,36 ± 511,55 ^A	-7155,12 ± 1051,22 ^B	-4008,53 ± 2733,39 ^B	0,00*	0,04*	0,21 ^{NS}
Índice de lucratividade	-0,90 ± 0,24 ^B	0,14 ± 0,63 ^A	-1,03 ± 0,13 ^B	-0,52 ± 0,35 ^{AB}	0,11 ^{NS}	0,01*	0,27 ^{NS}

¹ Valores cotados em real e convertidos para dólares (1 US\$ = R\$ 5,34) em julho de 2020.

² Diferentes letras maiúsculas na mesma linha indicam diferença significativa no teste de Tukey ($p < 0,05$).

³ Asteriscos indicam diferença significativa na ANOVA two way e NS indica que não houve diferença significativa.

⁴ Taxa de desconto anual de -12,01%, considerando um investimento de 5 anos.

Fonte: Autor.

Apesar de ter maior produtividade, o alto custo de implantação, a baixa eficiência de uso do espaço e da ração no MSI reduziram a viabilidade econômica desse tipo sistema na região metropolitana de Manaus e em Maués, mesmo considerando a maior receita bruta anual e net income no cenário produtivo na cidade do interior. Alguns estudos com indicadores econômicos para a produção de tabaqui curumim mostram resultados desfavoráveis em termos de lucratividade da atividade, principalmente, quando os resultados estão atrelados à sistemas de alto custo de implantação, baixa produtividade e/ ou preço de comercialização do produto (GOMES et al., 2006; COSTA et al., 2017; LIMA et al., 2020).

Na região metropolitana de Manaus o preço de comercialização do tabaqui é influenciado negativamente pela competitividade de mercado com estados vizinhos como Rondônia e Roraima, que devido maior estruturação e volume produtivo, conseguem produzir com menor custo e ter maior competitividade no mercado (IBGE, 2018; FEITOZA et al., 2019). Por ser uma espécie tradicionalmente consumida (GOULDING e CARVALHO,

1982), em um raio de 500 km de Manaus, maior cidade da Amazônia, os estoques naturais de tabaqui são considerados altamente explorados (Petrere, 1986). Por isso, é baixa a oferta do tabaqui nestas regiões onde os produtores conseguem atingir uma maior receita com a venda do pescado. A maior receita na comercialização, aliada aos baixos custos de implantação e operação, proporcionaram índice de lucratividade positivo no BFS em Maués. O sistema atingiu uma produtividade média de 1.2 t ha ano⁻¹, podendo ser uma atividade aplicada ao suprimento de alimento em épocas de escassez nas áreas alagáveis, além de alternativa de incremento de renda de ribeirinhos em planícies de inundação da Amazônia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema bifásico de piscicultura familiar em áreas alagáveis mostrou-se técnico e economicamente viável para a criação de tabaqui em planícies de inundação da Amazônia. Apesar da menor produtividade em relação ao sistema de viveiros escavados, os baixos custos de implantação e produção proporcionaram maior rentabilidade líquida ao sistema familiar em áreas alagáveis.

Novos estudos são necessários para aprofundar a avaliação dos indicadores de sustentabilidade, nas dimensões sociais e ambientais. Além disso, otimizar o manejo e estruturas de criação, com o uso de fase de berçário para estender o tempo de criação e aumentar a produtividade com criação em sistema de integração múltipla de espécies de diferentes níveis tróficos (IMTA).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio dos produtores rurais durante a execução dos experimentos. À direção do Instituto Federal do Amazonas *campus* Maués pela infraestrutura e materiais para execução do estudo.

O presente trabalho contou com apoio financeiro do edital PADCIT/IFAM/2017 (23387.000195/2017-52); do convênio 015/2021/PPBIO/IDESAM/IFAM e do edital 006/2022/PAINTER+/FAPEAM (01.02.016301.03892/2022-58).

REFERÊNCIAS

ALBERT, M., 2019. Sustainable frugal innovation - The connection between frugal innovation and sustainability. **J. Clean. Prod.** 237, 117747. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117747>.

AMARAL, J.H.F., BORGES, A. V, MELACK, J.M., SARMENTO, H., BARBOSA, P.M., KASPER, D., MELO, M.L., FEX-WOLF, D., JONISMAR, S., FORSBERG, B.R., 2018. Influence of plankton metabolism and mixing depth on CO₂ dynamics in an Amazon floodplain lake. **Science of the Total Environment.** 630, 1381–1393.

AMARAL, J.H.F., FARJALLA, V.F., KASPER, D., SCOFIELD, V., BARBOSA, P.M., FORSBERG, B.R., 2019. Seasonal and spatial variability of CO₂ in aquatic environments of the central lowland Amazon basin. **Biogeochemistry.** 143, 133–149. <https://doi.org/10.1007/s10533-019-00554-9>.

ARANTES, M.L., FREITAS, C.E.C., 2016. Effects of fisheries zoning and environmental characteristics on population parameters of the tambaqui (*Colossoma macropomum*) in managed floodplain lakes in the Central Amazon. **Fish. Manag. Ecol.** 23, 133–143. <https://doi.org/10.1111/fme.12164>.

AYER, N., MARTIN, S., DWYER, R.L., GACE, L., LAURIN, L., 2016. Environmental performance of copper-alloy Net-pens: Life cycle assessment of Atlantic salmon grow-out in copper-alloy and nylon net-pens. **Aquaculture.** 453, 93–103. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.11.028>.

BADIOLA, M., ALBAUM, B., CURTIN, R., GARTZIA, I., MENDIOLA, D., 2017. Land based on-growing of Atlantic cod (*Gadus morhua*) using Recirculating Aquaculture Systems; a case study from the Basque region (Northern Spain). **Aquaculture** 468, 428–441. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.11.006>.

BUSH, S.R., BELTON, B., LITTLE, D.C., ISLAM, M.S., 2019. Emerging trends in aquaculture value chain research. **Aquaculture.** 498, 428–434. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.08.077>.

CAMMELLI, F., GARRETT, R.D., BARLOW, J., PARRY, L., 2020. Fire risk perpetuates poverty and fire use among Amazonian smallholders. **Glob. Environ. Chang.** 63, 102096. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102096>.

CORNEJO, P., GUERRERO, N.M., SEPÚLVEDA, H.H., MONTES, R.M., QUIÑONES, R.A., 2020. Hydrodynamic effect of biofouling in fish cage

aquaculture netting. **Aquaculture**. 526, 735367. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735367>.

COSTA, J.I., GOMES, A.L.S., SABBAG, O.J., MARTINS, M.I.E.G., 2017. Economic Evaluation of Tambaqui “Curumim” Production in Earth Ponds in the Metropolitan Region of Manaus-Brazil. **Rev. Científica Rural**. 19, 174-183.

COSTA, J.I., SILVA GOMES, A.L., BERNARDINO, G., SABBAG, O.J., ESPAGNOLI G.M., M.I., 2018. Productive performance and economic evaluation of tambaqui roelo in excavated fishponds, Manaus, Brazil. **Rev. Agro@Mambiente on-Line**. 12, 234. <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v12i3.4895>.

DA SILVA, A. L., BEGOSSI, A., 2009. Biodiversity, food consumption and ecological niche dimension: A study case of the riverine populations from the Rio Negro, Amazonia, Brazil. **Environment, Development and Sustainability**. 11, 489–507. <https://doi.org/10.1007/s10668-007-9126-z>.

DANTAS, D.P., FLICKINGER, D.L., COSTA, G.A., BATLOUNI, S.R., MORAES-VALENTI, P., VALENTI, W.C., 2020. Technical feasibility of integrating Amazon river prawn culture during the first phase of tambaqui grow-out in stagnant ponds, using nutrient-rich water. **Aquaculture**. 516, 734611. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734611>

DEY, M.M., PREIN, M., HAQUE, A.B.M.M., SULTANA, P., DAN, N.C., VAN HAO, N., 2005. Economic feasibility of community-based fish culture in

seasonally flooded rice fields in Bangladesh and Vietnam. **Aquac. Econ. Manag.** 9, 65–88. <https://doi.org/10.1080/13657300590961591>.

FAO., 2020. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020.** Sustainability in action. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>.

FEITOZA, D.L.S., SONODA, D.Y., SOUZA, L.A., 2019. Risco da rentabilidade em pisciculturas de tambaqui nos estados do Amazonas, Rondônia e Roraima. **Rev. Ipecege** 4, 40–53. <https://doi.org/10.22167/r.ipecege.2018.4.40>.

FRISSE, R.M., MATOS, F.T., MORO, G.V., MATTOS, B.O., 2020. Stocking density of Amazon fish (*Colossoma macropomum*) farmed in a continental neotropical reservoir with a net cages system. **Aquaculture.** 529, 735702. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735702>.

GOMES, L.D.C., CHAGAS, E.C., MARTINS-JUNIOR, H., ROUBACH, R., ONO, E.A., LOURENÇO, J.N.P., 2006. Cage culture of tambaqui (*Colossoma macropomum*) in a central Amazon floodplain lake. **Aquaculture.** 253, 374–384. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.08.020>.

GOULDING, M., CARVALHO M., 1982. Life history and management of the tambaqui (*Colossoma macropomum*, Characidae): an important Amazonian food fish. **Revista Brasileira de Zoologia** 1, 107–133.

GREER, G. E., KOLBE, P.T., 2003. **Investment analysis for real estate decisions.** Dearborn 5^o Edition. pp 460.

HESS, L.L., MELACK, J.M., AFFONSO, A.G., BARBOSA C, GASTIL-BUHL,

M., 2015. Wetlands of the lowland Amazon basin: extent, vegetative cover, and dual-season inundated area as mapped with JERS-1 synthetic aperture radar. **Wetlands**. 35, 745–756. <https://doi.org/10.1007/s13157-015-0666-y>.

IBGE, 2018. **Produção da Pecuária Municipal 2018 PPM**. Ibge 1–8. https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2018_v46_br_informativo.pdf (acessado 19 Agosto de 2020).

IZEL-SILVA, J., ONO, E.A., QUEIROZ, M.N., SANTOS, R.B., AFFONSO, E.G., 2020. Aeration strategy in the intensive culture of tambaqui, *Colossoma macropomum*, in the tropics. **Aquaculture**. 529, 735644. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735644>.

JUNK, W.J., PIEDADE, M.T.F., SCHONGART, J., COHN-HAFT, M., ADENEY J.M., WITTMANN, F., 2011. A classification of major naturally occurring Amazonian lowland wetlands. **Wetlands** 31:623–640. <https://doi.org/10.1007/s13157-011-0190-7>.

KABIR, K.A., VERDEGEM, M.C.J., VERRETH, J.A.J., PHILLIPS, M.J., SCHRAMA, J.W., 2019. Effect of dietary protein to energy ratio, stocking density and feeding level on performance of Nile tilapia in pond aquaculture. **Aquaculture**. 511, 634200. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.06.014>.

KAMINSKI, A.M., KRUIJSSEN, F., COLE, S.M., BEVERIDGE, M.C.M., DAWSON, C., MOHAN, C.V., SURI, S., KARIM, M., CHEN, O.L., PHILLIPS, M.J., DOWNING, W., WEIROWSKI, F., GENSHICK, S., TRAN, N.,

ROGERS, W., LITTLE, D.C., 2020. A review of inclusive business models and their application in aquaculture development. **Rev. Aquac.** 1–22. <https://doi.org/10.1111/raq.12415>.

KUMAR, G., ENGLE, C.R., 2016. Technological Advances that Led to Growth of Shrimp, Salmon, and Tilapia Farming. **Rev. Fish. Sci. Aquac.** 24, 136–152. <https://doi.org/10.1080/23308249.2015.1112357>.

LIMA, C.A.S., MACHADO BUSSONS, M.R.F., DE OLIVEIRA, A.T., ARIDE, P.H.R., DE ALMEIDA O’SULLIVAN, F.L., PANTOJA-LIMA, J., 2020. Socioeconomic and profitability analysis of tambaqui *Colossoma macropomum* fish farming in the state of Amazonas, Brazil. **Aquac. Econ. Manag.** 0, 1–16. <https://doi.org/10.1080/13657305.2020.1765895>.

MATSUNAGA, M., BERNELMANS, P. F., TOLEDO, P. E. N. D., DULLEY, R. D., OKAWA, H., PEDROSO, I. A. (1976). Metodologia de custos de produção utilizada pelo IEA [Production cost methodology used by IEA]. **Boletim Técnico do Instituto de Economia Agrícola**, 23(1), 123–139.

MEDEIROS, P.A., COSTA, E.L., BRASIL, E.M., ONO, E.A., AFFONSO, E.G., 2019. Diets for grow-out of pirarucu in net cage: performance, physiological parameters, fillet composition and feeding cost. **Boletim do Instituto de Pesca**, 45, 1–8. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2019.45.4.532>

MEDINA, G.; PEREIRA, C.; FERREIRA, J.; BERENGUER, E.; BARLOW, J., 2022. Searching for Novel Sustainability Initiatives in Amazonia. **Sustainability**, 14, 10299. <https://doi.org/10.3390/su141610299>

NRC, National Research Council, 2011. **Nutrient Requirements of Fish and Shrimp**. Washington, DC: National Academies Press. pp. 1-376.

PETREIRE M., 1986. Amazon fisheries: I – Variations in the relative abundance of Tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) based on catch and effort data of the gill-net fisheries. **Amazoniana**. 9, 527–547.

PRESTES-CARNEIRO, G., BEAREZ, P., SHOCK, M.P., PRUMERS, H., BETANCOURT, C.J., 2019. Pre-Hispanic fishing practices in interfluvial Amazonia: Zooarchaeological evidence from managed landscapes on the Llanos de Mojos savanna. **Plos One**. 15(5), 1-29. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214638>.

RORIZ, G.D., KARINA, M., CABRAL, D.V., GARDNER, I.A., 2017. Characterization of tilapia farming in net cages at a tropical reservoir in Brazil. **Aquaculture Reports**. 6, 43–48. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2017.03.002>.

ROS-TONEN, M.A., BITZER, V., LAVEN, A., OLLIVIER DE LETH, D., VAN LEYNSEELE, Y., VOS, A., 2019. Conceptualizing inclusiveness of smallholder value chain integration. **Curr. Opin. Environ. Sustain**. 41, 10–17. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.08.006>.

SGNAULIN, T., DURIGON, E.G., PINHO, S.M., JERÔNIMO, G.T., LOPES, D.L. DE A., EMERENCIANO, M.G.C., 2020. Nutrition of Genetically Improved Farmed Tilapia (GIFT) in biofloc technology system: Optimization of digestible protein and digestible energy levels during nursery phase. **Aquaculture**. 521, 734998. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.734998>.

SIOLI, H. 1984. **The amazon and its main effluents: hidrography, morfology of the river courses, and river tips**. In *The Amazon, Monographiae. Biological*. Vol 56 (Sioli, H, ed.) pp. 127-166. The Hague: Dr. W. Junk Publishers.

TREGIDGO, D., BARLOW, J., POMPEU, P.S., PARRY, L., 2020. Tough fishing and severe seasonal food insecurity in Amazonian flooded forests. **People Nat.** 2, 468–482. <https://doi.org/10.1002/pan3.10086>.

WOOD, C.M., DESOUZANETTO, J.G., WILSON, J.M., DUARTE, R.M., VAL, A.L., 2017. Nitrogen metabolism in tambaqui (*Colossoma macropomum*), a neotropical model teleost: hypoxia, temperature, exercise, feeding, fasting, and high environmental ammonia. **Journal of Comparative Physiology B.** 187, 135-151.

ZAKI, M.A.A., ALABSSAWY, A.N., NOUR, A.E.A.M., EL BASUINI, M.F., DAWOOD, M.A.O., ALKAHTANI, S., ABDEL-DAIM, M.M., 2020. The impact of stocking density and dietary carbon sources on the growth, oxidative status and stress markers of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared under biofloc conditions. **Aquac. Reports** 16, 100282. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100282>.