

**Criação de tabaqui associado à hidroponia em sistema de recirculação de água**  
**Creation of tabaqui associated to hydropony in a water recycling system**  
**Creación de tabaqui asociado con hidroponía en un sistema de recirculación de água**

Recebido: 13/08/2020 | Revisado: 23/08/2020 | Aceito: 26/08/2020 | Publicado: 29/08/2020

**Taise Borges Facundes Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0086-5517>

Universidade Federal do Maranhão, Brasil

E-mail: [taise-facundes@hotmail.com](mailto:taise-facundes@hotmail.com)

**Romério Rodrigues dos Santos Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2712-4495>

Universidade Federal do Maranhão, Brasil

E-mail: [romeriorodrigues95@hotmail.com](mailto:romeriorodrigues95@hotmail.com)

**Francisca Erica do Nascimento Pinto**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5241-6046>

Universidade Federal do Maranhão, Brasil

E-mail: [ericanascimentop@hotmail.com](mailto:ericanascimentop@hotmail.com)

**Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8908-2297>

Universidade Federal do Maranhão, Brasil

E-mail: [raissasalustriano@yahoo.com.br](mailto:raissasalustriano@yahoo.com.br)

**Kleber Veras Cordeiro**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0149-8819>

Universidade Federal do Maranhão, Brasil

E-mail: [kleberverascordeiro@hotmail.com](mailto:kleberverascordeiro@hotmail.com)

**Alécio Matos Pereira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8510-4495>

Universidade Federal do Maranhão, Brasil

E-mail: [aleciomatos@gmail.com](mailto:aleciomatos@gmail.com)

**José Roberto Brito Freitas**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0513-4211>

Universidade Federal do Maranhão, Brasil

E-mail: [joserobertobritofreitas@yahoo.com.br](mailto:joserobertobritofreitas@yahoo.com.br)

**Jane Mello Lopes**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0396-3104>

Universidade Federal do Maranhão, Brasil

E-mail: [janemelloledes@hotmail.com](mailto:janemelloledes@hotmail.com)

## **Resumo**

A aquaponia é uma modalidade de produção de alimentos que integra a aquicultura e a hidroponia num sistema fechado de recirculação de água e nutrientes. Esta atividade é uma alternativa viável para a produção sustentável de alimentos onde o abastecimento de água é mínimo, tornando seu uso mais eficiente por pequenos produtores ou em regiões com déficit de uso da água. Este estudo avaliou o crescimento do tambaqui (*Colossoma macropomum*) associado à hidroponia durante um período de 110 dias, quanto ao ganho de peso, a conversão alimentar e a sobrevivência dos peixes, os quais apresentaram comprimento e peso final de  $15,5 \pm 1,09$  cm e  $67,78 \pm 13,86$  g, respectivamente, na densidade de 50 peixes  $m^{-3}$ . O consumo de ração total foi de 7,0 kg, a conversão alimentar foi de 1,8 e a biomassa final foi de  $3,86$  kg  $m^{-3}$ . A sobrevivência foi de 100%. A qualidade da água se manteve ideal para o desenvolvimento do tambaqui. Em relação à planta, no período de 40 dias, a quantidade de nutrientes produzidos a partir dos resíduos da água de criação na fase de alevinagem não foi satisfatória para o desenvolvimento da alface. Conclui-se que o sistema de aquaponia pode assegurar um desenvolvimento sustentável na criação do tambaqui nas fases de alevinagem e recria em relação à qualidade da água e desempenho, entretanto, em relação à alface um maior aporte de nutrientes deverá ser suplementado para assegurar um bom desenvolvimento das plantas.

**Palavras-chave:** Aquaponia; Aquicultura; Qualidade da água.

## **Abstract**

Aquaponics is a form of food production that involves the integration between aquaculture and hydroponics into a closed water and nutrient recirculation system. This study evaluated the growth of tambaqui (*Colossoma macropomum*) associated with hydroponics during a period of 110 days was evaluated. Satisfactory values were obtained to weight gain, feed conversion and fish survival, which one presented a length and final weight respectively,  $15.5 \pm 1.09$  cm, and  $67.78 \pm 13.86$  g, at the fish density of  $50.m^{-3}$ . Total feed intake was 7.0 kg, the feed conversion was 1.1 and the final biomass was  $3.86$  kg  $m^{-3}$ . The survival, 100%. The quality of the water was kept within the standards for the good development of tambaqui.

However, in relation to the plant, during the observed period (40 days) the amount of nutrients produced from the waste water from the nursery stage was not satisfactory for lettuce development. In the conditions of the present study, it is concluded that the aquaponics system can ensure a sustainable development in the rearing of tambaqui in the stages of reise and rearing in relation to water quality and performance, however, in relation to lettuce a greater contribution of nutrients should be supplemented to ensure a good development of the plants.

**Keywords:** Aquaponics; Aquiculture; Water quality.

### **Resumen**

La acuaponia es una modalidad de producción de alimentos que integra la acuicultura y la hidroponía en un sistema cerrado para la recirculación de agua y nutrientes. Esta actividad es una alternativa viable para la producción sostenible de alimentos donde el suministro de agua es mínimo, haciendo más eficiente su uso por parte de pequeños productores o en regiones con déficit en el uso del agua. Este estudio evaluó el crecimiento de tambaqui (*Colossoma macropomum*) asociado con hidroponía un período de 110 días. Con respecto al aumento de peso, la conversión alimenticia y la supervivencia de los peces, presentaron una longitud y un peso final de  $15.5 \pm 1.09$  cm y  $67.78 \pm 13.86$  g, respectivamente, en la densidad de 50 peces.m<sup>-3</sup>. El consumo total de alimento fue de 7.0 kg, la conversión de alimento fue de 1.8 y la biomasa final fue de 3.86 kg m<sup>-3</sup>. La supervivencia fue del 100%. La calidad del agua se mantuvo dentro de los estándares ideales para el tambaqui. En relación con la planta, en el período de 40 días la cantidad de nutrientes producidos a partir de los residuos del agua de cría en la etapa de vivero no fue satisfactoria para el desarrollo de la lechuga. El presente estudio, se concluye que el sistema de acuaponia puede garantizar un desarrollo sostenible en la creación de tambaqui en las etapas de vivero y, sin embargo, en relación con la calidad y el rendimiento del agua. En relación con la lechuga, un mayor suministro de nutrientes debería se complementará para garantizar un buen desarrollo de la planta.

**Palabras clave:** Acuaponia; Acuicultura, Calidad del agua.

### **1. Introdução**

A crescente demanda à produção de alimentos vinculada ao aumento populacional impõe enorme pressão ao uso da água de maneira sustentável, indicando que o uso racional deixou de ser uma preocupação local e tornou-se uma preocupação mundial. Um sistema de

produção de peixes eficiente e sustentável tem sido empregado em países onde existe pouca disponibilidade de água com o objetivo de produzir um volume elevado de animais por área, sem impacto no sistema (Rakocy, 2012).

Os sistemas de recirculação de água na aquicultura segundo Martins et al. (2010), foram desenvolvidos para responder às crescentes restrições ambientais, principalmente em países europeus, com acesso limitado a terra e à água. Outro fator que tem levado a sua adoção é a possibilidade de minimizar ou eliminar o lançamento de efluentes da atividade no meio ambiente e maior controle da qualidade da água e de doenças nos animais.

A aquaponia é uma modalidade de produção de alimentos que envolve a integração entre a aquicultura e a hidroponia num sistema de recirculação de água e nutrientes. Esta atividade é uma alternativa viável para a produção sustentável de alimentos onde o abastecimento de água é mínimo, tornando seu uso mais eficiente por pequenos produtores ou em regiões com déficit de uso da água. Além do aproveitamento de nutrientes de forma menos impactante ao meio ambiente (Morais et al., 2014).

No Brasil a aquaponia ainda se encontra em níveis experimentais e pouco difundida, sendo incipientes as iniciativas de grupos de pesquisa sobre o tema. Contudo, em outros países tem sido mais explorada, com destaque para a Austrália, Estados Unidos, Israel e México com o objetivo de buscar alternativas viáveis para a produção de alimentos com o máximo aproveitamento da água (Hundley et al., 2013).

A alta densidade de peixes nos viveiros, característica de muitos sistemas de aquaponia e de recirculação de água, é limitador na definição da espécie de peixe a ser utilizada. A espécie deve ser tolerante a altas densidades de estocagem e manejo frequente, que também é outra característica da aquaponia (Hundley et al., 2013). Em sistemas intensivos com recirculação de água, as principais espécies de água doce produzidas atualmente são as tilápias, o bagre Africano, enguias e as trutas. Como espécies marinhas o linguado e o robalo (Martins et al., 2010). De acordo com Lopes et al. (2018) a alevinagem de tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomum*) atinge bons resultados, tendo em 50 dias um relevante incremento ao peso do alevino em sistema aquapônico, combinado com alface.

O tambaqui (*Colosoma macropomum*) é a principal espécie nativa produzida no Brasil. Devido a sua importância e ao aumento na demanda nos mercados locais (feiras) é uma das espécies mais cultivadas no Norte e Nordeste do Brasil (IBGE, 2017). Em escala de produção em sistemas de barragem e viveiros escavados, é superada apenas por duas espécies exóticas, as tilápias e as carpas (Ibama, 2007). A espécie é omnívora, aceita bem rações

artificiais, apresenta bom potencial de crescimento, alta produtividade e rusticidade podendo se adaptar a local com pouca disponibilidade de água e em condições de cativeiro (Ribeiro et al, 2016). Estudos do tambaqui relacionado à aquaponia são poucos e os resultados se encontram em níveis experimentais, com poucas iniciativas de caráter comercial (Morais et al., 2014).

Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar desempenho produtivo do tambaqui (*Colossoma macropomum*) associado à hidroponia em sistema de recirculação de água.

## **2. Metodologia**

### ***Caracterização da área de estudo***

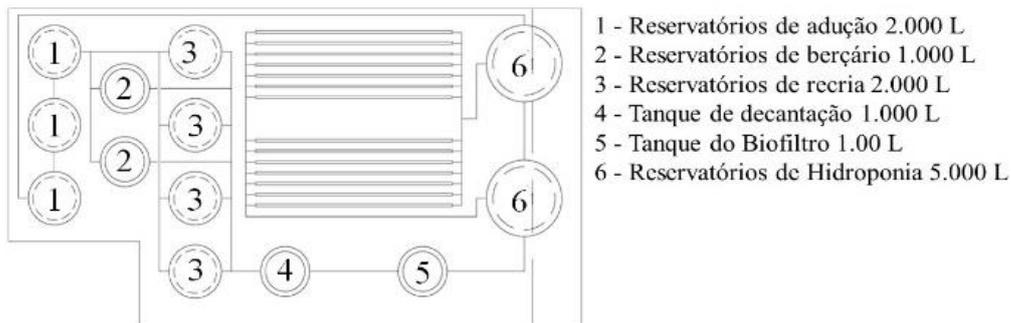
O experimento foi desenvolvido no setor de Piscicultura do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, da Universidade Federal do Maranhão, campus de Chapadinha-MA, com duração de 110 dias e dividido em duas fases. A fase de alevinagem e a fase de recria, respectivamente, 40 e 70 dias.

O sistema de aquaponia foi composto de caixas de 1.000 litros (1ª fase) e 2.000 litros (2ª fase) onde foram alocados os peixes; um separador de sólidos (caixa de decantação); um filtro biológico para a filtração e auxílio na fixação das bactérias nitrificantes e sistema hidropônico com plataformas de PVC para o cultivo das plantas (Figura 1).

### ***Animais e protocolo experimental***

Os alevinos de tambaqui (*Colossoma Macropumum*) ( $2,41 \pm 0,3$  g e  $5,28 \pm 0,7$  cm) foram doados pelo setor de Piscicultura do DNOCS/PI. No laboratório, os animais foram distribuídos nas caixas de criação na densidade de 200 peixes.m<sup>-3</sup>, onde permaneceram por 7 dias para adaptação recebendo ração comercial à vontade três vezes ao dia.

**Figura 1.** Layout do sistema aquapônico em recirculação de água no CCAA/UFMA, Chapadinha-MA.



Fonte: Autores.

Durante a fase de alevinagem utilizou-se a duas caixas (1000 L) com densidade de 200 peixes.m<sup>-3</sup> (n= 100/caixa) já na fase da recria, os peixes foram divididos em quatro caixas de 2000 L, na densidade de 50 peixes.m<sup>-3</sup> (n=50/caixa).

A alimentação foi administrada à vontade, três vezes ao dia, com ração comercial com 40% proteína bruta na fase de alevinagem e com 32% proteína bruta, na recria.

O monitoramento da qualidade física e química da água foi realizado durante todo período experimental. A temperatura da água (termômetro digital), o oxigênio dissolvido (Oxímetro digital-AT 170) foram mensurados diariamente. Os demais parâmetros: amônia, nitrito, nitrato, dureza e alcalinidade foram mensuradas semanalmente. A dureza e a alcalinidade neste estudo foram mantidas constantes durante todo o período experimental.

Quinzenalmente foi realizada a biometria dos peixes para corrigir a quantidade de ração de acordo com o crescimento. Foram avaliados os parâmetros da produção: Taxa de crescimento específico (TCE =  $[(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso início})/\text{tempo}] \times 100$ ); Ganho de peso: peso médio final - peso médio inicial; Conversão alimentar aparente: ração consumida/ganho de peso no período; e sobrevivência final (%):  $(\text{número de peixe inicial} - \text{número de peixe final}) \times 100$

### ***Produção de alfaces***

Cinco dias antes da entrada dos peixes no sistema (fase de alevinagem), foi realizada a semeadura das alfaces (*Lactuca sativa* L.) variedade Itapuã-super em bandeja de polietileno (288 células). Foi utilizado substrato comercial e irrigação duas vezes ao dia com água obtida dos tanques de criação do setor. O sistema hidropônico foi montado e caracterizado em NFT (“Nutrient Film Technique”) com declive de 2%. As mudas de alface foram introduzidas no sistema hidropônico, apresentando em média três folhas. Cada muda foi transplantada para

copos plásticos tipo descartavel (50 mL), perfurados no fundo para a disposição das raízes e acoplados nos perfis dos canos de PVC (40 mm). Esta fase (berçário) durou 15 dias. Na sequência, as alfaces foram transplantadas novamente para canos de PVC (75 mm), onde permaneceram por mais 30 dias para posteriormente serem colhidos e avaliados. A colheita foi realizada aos 45 dias após a sementeira. Não houve adição de adubos químicos no sistema durante esta fase.

Quanto a Produtividade das alfaces foram analisados: número de folhas e massa de material fresco; As plantas foram medidas e pesadas, com o auxílio de paquímetro digital e uma balança de precisão. O comprimento foi mensurado a partir da inserção da primeira folha no caule. O material fresco foi pesado com e sem raiz, para posterior comparação.

Utilizou-se estatística descritiva para análise dos dados através do programa Microsoft Excel, apresentados como média e desvio padrão.

### 3. Resultados e Discussão

#### *Desempenho produtivo: tambaquis*

Os dados do desempenho produtivo dos peixes e das plantas estão representados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Valores médios dos parâmetros produtivos analisados no sistema hidropônico nas duas fases do experimento com tambaqui.

Parâmetros	Alevinagem		
	Início	40 dias	Recria 70 dias
Densidade de peixes (peixes.m <sup>-3</sup> )	200	200	50
Peso médio (g)	2,42 ± 0,37	16,83 ± 1,29	67,78 ± 13,86
Comprimento médio (cm)	5,29 ± 0,7	10,26 ± 1,64	15,5 ± 1,09
Taxa Crescimento específico (%)	-	4,85 ± 0,64	3,03 ± 0,24
Ganho de peso por peixe (g)	-	14,42 ± 0,24	43,24 ± 0,31
Conversão alimentar (CA)	-	0,9	1,8
Consumo de ração (g)	-	2600	4451
Biomassa final (Kg m <sup>-3</sup> )	-	3,336	3,38
Peso médio das alfaces (g)	-	41,0	-
Número de folhas (unidade)	-	10	-

Comprimento e peso são expressos como média ± erro padrão da média; os demais parâmetros são expressos como médias. Fonte: Autores.

Não houve mortalidade durante as duas fases de desenvolvimento do projeto. Na primeira fase, aos 40 dias, os peixes atingiram sete vezes o peso inicial ( $16,83 \pm 1,29$  g) e duplicaram seu comprimento ( $10,26 \pm 1,64$  cm), com biomassa final de  $3,86 \text{ kg/m}^3$  quando mantidos na densidade de 200 peixes. $\text{m}^{-3}$ . Resultado semelhante em relação ao ganho de peso foi observado por Crivelenti et al. (2009), em sistema aquapônico com tilápia do Nilo. Recentemente, Lopes et al. (2018) em experimento de com alevinos de tambatinga em sistema de aquaponia obtiveram quanto ao desempenho produtivo, aumento de até trinta vezes o peso ( $12,6 \pm 1,06$  g) e quatro vezes o comprimento ( $6,54 \pm 0,56$  cm) com biomassa final de  $4 \text{ kg/m}^3$  em 50 dias, indicando segundo os autores alta produtividade da piscicultura no sistema aquapônico. No estudo de Emerenciano et al. (2015) em sistema de recirculação foi obtida biomassa final de 3,87 kg nos 21 dias de cultivo de tilápia.

Quanto ao comprimento ao final dos 40 dias os valores foram semelhantes (10,5 cm) ao observado por Gomes et al. (2004) para tambaqui em sistema de cultivo em tanque redes em 60 dias. Durante a primeira fase do experimento, os 200 peixes consumiram 2,6 kg de ração, obtendo-se um valor de conversão alimentar aparente satisfatório (0,9), e semelhantes ao encontrado por Silva e Fujimoto (2015), com conversão de 1,0 na mesma densidade, e por Gomes et al. (2004) em criação superintensiva, com densidade de 300 peixes. $\text{m}^{-3}$ . Silva e Fujimoto (2015) observaram que a produção de tambaqui apresenta relação direta com a densidade de estocagem, esta é inversamente proporcional ao ganho de peso.

Neste estudo, ao final da recria os animais apresentaram peso médio de 67,28 g e 15,5 cm de comprimento mantidos na densidade de 50 peixes. $\text{m}^{-3}$ . O ganho de peso diário foi de 0,65 g. O peso final foi semelhante ao observado por Cunha e Santos Júnior (2011) na mesma densidade de estocagem em 120 dias. O crescimento em peso é uma importante variável que deve ser monitorada e considerada para manter a taxa de alimentação ótima (Silva e Fujimoto, 2015). Estes resultados são promissores tanto para tambaqui quanto para tambatinga considerando que são espécies nativas e de grande interesse para as regiões Norte e Nordeste do Brasil.

A conversão alimentar dos tambaquis durante a recria foi de 1,8. Cunha e Santos Júnior (2011) obtiveram conversão alimentar superior (2,92) em 120 dias, na densidade de 50 peixes. $\text{m}^{-3}$ . Indicando que houve um maior consumo de ração e menor ganho de peso no período, comparado ao obtido nesse experimento (Tabela 2). Estas diferenças podem ser atribuídas ao regime alimentar (taxa e frequência) no qual a quantidade e a qualidade do alimento são fatores determinantes nas taxas de crescimento de uma espécie em um determinado ambiente (Silva e Fujimoto, 2015).

A conversão alimentar próxima à unidade obtida com tambaqui indica que os juvenis podem utilizar com eficiência a ração oferecida desde que esta possua o balanço nutricional adequado para a espécie e fase alimentar. O manejo alimentar como o controle das sobras de ração após a oferta aos peixes evita a excesso de alimentação e o desperdício, mas também previne a deterioração da qualidade da água pelo excesso de alimento (Mihelakakis et al., 2002) sendo uma peça fundamental para se obter melhores conversões alimentares. Essa estratégia de manejo foi realizada diariamente com os tambaquis e contribuiu para os bons valores deste parâmetro durante o experimento.

Neste estudo a taxa de crescimento específico dos animais (4,85% e 3,0%) para 40 e 70 dias respectivamente, foi próxima a observada para tambatinga (3,90%) em 50 dias (Lopes et al, 2018). Este parâmetro pode variar possivelmente devido a fase de desenvolvimento, estado fisiológico dos peixes, taxa de estocagem, qualidade nutricional do alimento e quantidade de ração oferecida, além da qualidade do ambiente aquático existentes.

### *Características físico-químicas da água do sistema*

Baseado na literatura, a qualidade da água não influenciou a produção do tambaqui quando associada ao sistema hidropônico com recirculação de água (Tabela 2). De acordo com Moro et al. (2013), o monitoramento da água na piscicultura é um fator fundamental para o sucesso da atividade e o descuido no manejo da água pode ocasionar mortalidades gerando perdas incalculáveis. Desta forma, existe uma necessidade de gestão e manejo ecologicamente corretos dos meios de produção piscícolas (Azim e Little, 2008).

**Tabela 2.** Parâmetros físicos e químicos da água no sistema hidropônico em função das duas fases do experimento com tambaqui

Parâmetros*	Alevinagem	Recria	Biofiltro	Literatura**
	40 dias	70 dias		
Temperatura (°C)	28,13 ± 0,5	29,18 ± 0,3	27,13 ± 0,5	29 - 30
O <sub>2</sub> D (mg/L)	6,0 ± 0,2	5,5±0,5	6,9 ±0,6	4,0 - 8,0
pH	6,50±0,4	6,0±0,3	6,9±0,5	3,5 - 6,0
Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	21 ± 0,5	23 ± 0,4	50 ± 0,3	40
Dureza (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	31 ± 0,3	30 ± 0,2	50 ±0,5	---
Amonia Total (mg/L)	0,3± 0,01	0,3± 0,01	0,2± 0,1	0,46
Nitrito (mg/L)	0,04± 0,02	0,05± 0,01	0,05± 0,02	0,5

\*Valores são médias e desvio padrão; \*\* Gomes et al., (2010); O<sub>2</sub>D = oxigênio dissolvido.  
Fonte: Autores.

Grande parte da produção de peixes provém de sistemas semi-intensivos, que necessitam de renovação contínua de água. Neste contexto, a piscicultura de água doce pode ser considerada uma atividade poluidora quando seus efluentes são lançados diretamente em corpos d'água sem o devido tratamento. A preservação da qualidade da água é uma das tendências de novos procedimentos em relação às regulamentações ambientais (Lenz et al., 2017). São previstos o limite mínimo de consumo e as condições adequadas em que o efluente deve ser lançado ao meio ambiente, sendo um dos principais objetivos a redução da emissão de nitratos e ortofosfatos (Collaço et al., 2015).

Durante o período experimental a temperatura da água de cultivo apresentou pequena variação no decorrer do dia (manhã  $27,21 \pm 0,92^{\circ}\text{C}$  e tarde  $30,28 \pm 0,83^{\circ}\text{C}$ ) e foi semelhante ao observado por outros autores em estudos com a mesma espécie. Segundo Oliveira et al. (2007) o tambaqui é uma espécie tropical que cresce melhor em temperaturas entre  $25\text{-}31^{\circ}\text{C}$ , sendo que as temperaturas mais próximas a  $28^{\circ}\text{C}$  são as mais adequadas para o seu crescimento (Moro et al., 2013). Em relação à alface, a temperatura da água é muito mais importante que a temperatura do ar na produção de culturas hidropônicas, sendo a faixa ideal a partir de  $23,9^{\circ}\text{C}$ , segundo Rakocy et al. (2006).

A concentração de oxigênio dissolvido na água de criação permaneceu na faixa de  $5,2 \pm 1,52 \text{ mg.L}^{-1}$ . Observou-se uma pequena diminuição neste parâmetro à medida que os peixes foram crescendo e ao longo do tempo de cultivo, provavelmente em virtude do incremento da biomassa, com consequente aumento do consumo de ração e consequentemente acúmulo de matéria orgânica. Entretanto, a alteração desse parâmetro não afetou a qualidade do sistema. Ibrahim et al. (2015) observaram que a reciclagem da água foi suficiente para manter os níveis de oxigênio dissolvido em valores ideais para o cultivo de juvenis de tambaqui.

O alimento não consumido sofre ação de microrganismo, que crescem no sistema. Um aumento da matéria orgânica no sistema diminui o oxigênio dissolvido, até produzir dióxido de carbono e amônia que se decompõem anaerobicamente e produzem metano e sulfeto de hidrogênio, que são muito tóxicos aos peixes (Rakocy et al., 2006).

Os níveis de dureza e de alcalinidade são importantes neste sistema porque vão manter o pH da água constante e sem oscilações e em níveis adequados para atender as necessidades dos três componentes biológicos envolvidos (criação de peixes, biofiltro e suplementação nutricional das plantas). A alcalinidade ( $21,0 \pm 3,9 \text{ mg de CaCO}_3\text{.L}^{-1}$ ) e a dureza da água ( $31,7 \pm 1,3 \text{ mg CaCO}_3\text{.L}^{-1}$ ) mantiveram-se constante durante todo o período. Segundo Silva et al. (2015), a alcalinidade aceitável para tambaqui encontra-se na faixa maior que  $20 \text{ mg de CaCO}_3\text{.L}^{-1}$ . Crivelent et al. (2009) obtiveram resultados similares de alcalinidade em sistema

aquaponico, utilizando cascalho de rocha moída. Entretanto, Pinho et al. (2017) observaram valores de alcalinidade superior ao obtido neste estudo, na faixa de 28,0 a 36,0 mg CaCO<sub>3</sub>.L<sup>-1</sup> em sistema integrado com *Tilápia nilótica* e alface. No estudo de Silva et al. (2013), os valores de alcalinidade foram de 24,0 - 34,0 mg.L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> e dureza de 24,0 - 37,0 mg.L<sup>-1</sup> (CaCO<sub>3</sub>, MgCO<sub>3</sub>) nas densidades de até 120 peixes.m<sup>-3</sup>.

Os níveis de pH apresentaram valor de 6,49 ± 0,53, sendo considerado adequado para a criação de diferentes espécies de peixes. Foi verificado que o melhor crescimento do tambaqui se dá em águas ácidas, com respostas adaptativas/fisiológicas que incluem ajustes hematológicos, ionrregulação e produção de muco, com faixa ideal de pH entre 4 e 6 (Aride et al., 2007; Baldisserotto, 2011). A resistência do tambaqui a água ácida reflete sua ocorrência em ambientes naturalmente ácidos como as águas da bacia amazônica (Silva et al., 2015).

Em relação à alface, para Cortez et al. (2009) e Rakocy et al. (2006) a maioria das plantas hidropônica crescem melhor a um pH de 5,8 a 6,2. O estudo de Zou et al. (2016) sugere manter o pH do sistema em 6,0, considerando que a eficiência de utilização de nitrogênio atinge seu máximo de até 50,9% nessa faixa de pH, através das transformações de nitrogênio no sistema aquaponico. Entretanto no trabalho de Ibrahim et al. (2015), as densidades de 40 e 60 peixes.m<sup>-3</sup>, com pH alcalino na faixa de 7,94 e 7,66, respectivamente, obtiveram resultados satisfatórios no desenvolvimento do sistema aquapônico.

A concentração da amônia total na terceira semana de cultivo apresentou valores altos (0,5 ppm). Após este período os níveis diminuíram para 0,3 ± 0,18 ppm e o nitrito 0,21 ± 0,19 ppm, sendo ambos considerados níveis aceitáveis para os peixes em geral (Ferreira & Cunha, 2013). Concentrações semelhantes de amônia e nitrito foi observado por Crivelenti et al. (2009), com valores abaixo 0,2 ppm e 0,4 ppm, respectivamente.

Níveis de amônia entre 0,5 a 3,0 mg.L<sup>-1</sup> podem ser letais para os peixes, quando expostos por curto período de exposição contínua ou frequente, a concentrações de amônia tóxica acima de 0,20 mg.L<sup>-1</sup> pode causar intensa irritação nas brânquias (Moro et al., 2013).

O estabelecimento e o crescimento de 34 culturas em sistema aquaponico, com biomassa de peixes média de 3.630 kg, em baixo fluxo (18,9 L.min<sup>-1</sup>), alto fluxo (75,7 L.min<sup>-1</sup>) e alto fluxo alternado, apresentou concentração aceitável de amônia e nitrato 0,35 ± 0,03 e 0,019 ± 0,02 mg.L<sup>-1</sup>, respectivamente segundo Buzby et al. (2016). A concentração de nitrato acompanhou os valores de nitrito, apresentando-se como resultado da ação das bactérias nitrificante.

Segundo Rakocy et al. (2006) a amônia e o nitrito são tóxicos para os peixes, entretanto, o nitrato é relativamente inofensivo e é a forma preferível para o crescimento das

plantas. A nitrificação é um processo que se caracteriza pela utilização de compostos inorgânicos reduzidos, por exemplo, o íon amônio, como doadores de hidrogênio, sendo que, através de sua oxidação, os microrganismos obtêm os equivalentes de redução para o processo de síntese (Rakocy, 2012).

Em tanques escavados, Barroncas et al. (2015) observaram que a renovação semanal de 20% do volume de água não teve influência nos parâmetros zootécnicos, na qualidade da água e dos efluentes da criação de tambaqui. Diante disso, observa-se que a renovação nem sempre mostra vantagem, elevando o consumo de água e os custos de produção.

### ***Desempenho produtivo: alfaces***

O cultivo das alfaces foi realizado somente durante a fase de alevinagem e sem adição de suplementação nutritiva à água do sistema. As plantas não apresentaram crescimento satisfatório, obtendo-se 10 folhas em média, com peso fresco de 41,0 g para o ciclo de 45 dias, e abaixo do desejado para a comercialização que pode chegar a mais de 400g.

Outros estudos integrando tilapias e alface obtiveram resultados diferentes do presente estudo. Emerenciano et al. (2015) obtiveram plantas com altura semelhante (15,33 cm), mas número de folhas por planta um pouco superior (13,67 folhas por planta) durante 21 dias. No estudo de Cortez et al. (2009) foi obtido o peso médio de 209 g para o cultivar 'Tainá' e 403,95 g para o cultivar 'Elisa' num período de 56 dias, em sistema aquapônico sem suplementação nutritiva. Já Crivelenti et al. (2009) obtiveram valores médios de  $158,3 \pm 49,1$  g, em um período de 55 dias.

O sistema mantido com tambaqui durante a fase de alevinagem (41 dias) não foi capaz de gerar, por meio da água residuária da criação (excrementos dos peixes e sobras de alimentos), resíduos nutritivos adequados para o cultivo de alface em hidroponia. Este resultado em relação ao crescimento das alfaces pode estar relacionado ao baixo peso inicial dos peixes (2,5g) e a consequente biomassa final no período (3,86 Kg), que gerou um aporte nutritivo insuficiente para o adequado desenvolvimento das plantas. Contudo estes resultados foram semelhantes aos obtidos por Cortez et al. (2009) com matrinxã em sistema de aquaponia.

Rakocy (2012) cita a importância da biomassa de peixes num sistema, devendo suportar sem restringir o crescimento do peixe e consequentemente, garantir o desenvolvimento da cultura subsequente, no caso a alface. Essa metodologia é chamada de colheita crítica, e envolve a criação sequencial de peixes no mesmo tanque em diversas

idades; divisão de estoque em densidade muito alta e evita a formação de peixes atrofiados. A unidade de criação múltipla que é a transferência de compartimento dos peixes a medida que cresce, influenciará na quantidade de nutrientes dissolvidos na água para nutrição das plantas. De acordo com Rakocy (2007), as quantidades de nitrogênio inseridas no sistema pelo arraçamento devem ser superiores às requeridas pelas plantas, a fim de proporcionar uma melhor absorção de outros nutrientes essenciais. A razão ótima de entrada diária de alimento para os peixes irá maximizar a produção de plantas, mantendo níveis relativamente estáveis de nutrientes dissolvidos.

Outros fatores a considerar na determinação da melhor razão da taxa de alimentação é o volume total de água do sistema, que afeta as concentrações de nutrientes, a taxa de permuta de água, os níveis de nutrientes na fonte de água, grau e velocidade de remoção de sólidos, o tipo da planta a ser cultivada, menores taxas de troca de água, maiores níveis de nutrientes na água, gerando um sistema equilibrado e produtivo (Rakocy, 2012).

Segundo Cortez et al. (2009) as composições químicas da água residual dos sistemas integrados diferem em virtude da proporção de nutrientes disponíveis pelos peixes e dissolvidos na água e os nutrientes absorvidos pelas plantas. Desta forma, a maioria das pesquisas não tem conseguido estabelecer uma relação coerente entre número de plantas e população de peixes que resulte em uma concentração de equilíbrio para a geração da maioria dos nutrientes necessários ao pleno desenvolvimento vegetal, sendo conveniente a realização de novos estudos.

Provavelmente a biomassa 3,86 kg de peixes produzida neste estudo tenha comprometido o desenvolvimento das plantas. Nelson (2007) afirma que deve ser estabelecida a proporção entre o volume dos tanques de criação e o ambiente hidropônico, que pode variar entre 1:1 e 1:4.

Segundo o mesmo autor, outra forma de quantificar a proporção está baseada na quantidade diária de ração administrada aos peixes. Para o cultivo de um metro quadrado de alface ou outras foliosas deve ser considerado 60 a 100 g/dia, se mantida uma densidade de estocagem mais baixa (inferior a 15 kg.m<sup>-3</sup>) provavelmente o sistema será viável se for complementado com minerais, visando o pleno desenvolvimento da planta.

Os resultados demonstram a viabilidade da criação de alevinos de tambaqui em sistema de recirculação, considerando que trouxe melhoria no crescimento e na qualidade da água.

#### 4. Considerações Finais

A criação de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em sistema de recirculação em alta densidade, apresentou resultados satisfatórios em relação a produção da espécie. Entretanto, a água residual do sistema de criação dos peixes durante os 41 dias de cultivo não foi capaz de atender à demanda da alface por nutrientes. Se recomenda maiores estudos a fim de verificar o desempenho de tambaquis a partir de uma maior biomassa.

#### Referências

- Aride, P. H. R., Roubach, R., & Val, A. L. (2007). Tolerance response of tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier) to water pH. *Aquaculture Research*, 38(6), 588-594.
- Azim, M.E.; Little, D.C. (2008) The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 283(1): 29–35.
- Baldisserotto, B. (2011). Water pH and hardness affect growth of freshwater teleosts. *Brazilian Journal of Animal Science*, 40(1), 138-144.
- Barroncas, M. F., Pereira-Filho, M., Gomes, L. C., Roubach, R., & Ono, E. A. (2015). Efeitos da troca de água sobre os índices zootécnicos e qualidade dos efluentes na criação intensiva do tambaqui (*Colossoma macropomum*) em viveiros escavados. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, 8(1), 49-71.
- Buzby, K. M., Waterland, N. L., Semmens, K. J., & Lin, L. S. (2016). Evaluating aquaponic crops in a freshwater flow-through fish culture system. *Aquaculture*, 460: 15-24.
- Collaço, F.L.; Santor, S.M.; Barbieri, E. (2015). Cultivo de Bijupirá (*Rachycentron canadum*) em Cananea, SP, Brasil. Avaliação da viabilidade utilizando geoprocessamento. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 15(2): 277-289.

Cortez, G. E. P., Araujo, J. A. C., Bellingieri, P. A., & Dalri, A. B. (2009). Qualidade química da água residual da criação de peixes para cultivo de alface em hidroponia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13(4), 494-498.

Crivelenti, L. Z., Borin, S., & Silva, N. R. (2009). Piscicultura superintensiva associada à hidroponia em sistema de recirculação de água. *Archives of Veterinary Science*, 14(2), 109-116.

Cunha, V. V., & Santos Júnior, A. (2011). Crescimento de juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818), em tanque-rede com diferentes densidades populacionais em JI-Paraná, RO. *Revista Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*, 6(12), 185-193.

Emerenciano, M. G. C., Mello, G. I., Pinho, S. M., Molinari, D., & Blum, M. N. (2015). *Aquaponia: uma alternativa de diversificação na aquicultura*. Panorama da Aquicultura, Rio de Janeiro, 25: 24-35.

Ferreira, F. W., & Cunha, R. B. (2013). The survival and growth of juvenile Silver Catfish, *Rhamdia quelen*, exposed to different NH<sub>3</sub> and hardness levels. *Journal of the World Aquaculture Society*, 44(2), 293-299.

Gomes, L. D. C., Brandão, F. R., Chagas, E. C., Ferreira, M. F. B., & Lourenço, J. N. P. (2004). Efeito do volume do tanque rede na produtividade de tambaqui (*Colossoma macropomum*) durante a recria. *Acta Amazônica*, 34(1), 111-113.

Gomes, L. C., Simões, L.N., Araujo-Lima, C.A.R.M. (2010). Tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: *Espécies nativas para piscicultura no Brasil*. 2ed ver e ampl – Santa Maria: Ed da UFSM, 608p

Hundley, G. M. C., Navarro, R. D., Figueiredo, C. M. G., Navarro, F. K. S. P., Pereira, M.M.; & Ribeiro Filho, O. P. (2013). Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do Nilo para o crescimento de manjeriço (*Origanum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistemas de aquaponia. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*.

Ibrahim, M. A., Castro, F. J., & Oliveira, W. H. (2015). Qualidade da água e desempenho de juvenis de tambaqui criados em sistema de aquaponia. *Anais...* In: Seminário de iniciação científica da Universidade Federal do Tocantins, Araguaína.

IBGE – (2019). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. [online]. Acesso em maio de 2019. [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)

Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. (2007). *Estatística da Pesca 2010 Grandes Regiões e Unidade da Federação*, Brasília-DF, p.113.

Lenz, G.L.; Durigon, E.G.; Lapa, K.R.; Emerenciano, M.G.C. (2017). Produção de alface (*Lactuca sativa*) em efluentes de um cultivo de tilápias mantidas em sistema BFT em baixa salinidade. *B. Inst. Pesca*, São Paulo, 43(4): 614 – 630.

Lopes, J. M., Santos, A. S., Silva, R. R. S., Sousa, R. M., Freitas, J. R. B., Silva-Matos, R.R.S., Silva, T. B. F., Pinto, F. E. N., & Pereira, A. M. (2018). Aquaponics: tambatinga production associated with lettuce cultivation. *Asian Academic Research Journal of Multidisciplinary*, 5, 213-223.

Martins, C. I. M., Eding, E. H., Verdegem, M. C. L., Heinsbroek, L. T. N., Schneider, O., Blacheton, J. P., Roque d'orbcastel, E., & Verreth, J. A. J. (2010). New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering*, 43(3), 83-93.

Mihelakakis, A., Tsoikas, C., & Yoshimatsu, T. (2002). Optimization of feedind rate of hatchery produced juvenile gilthead sea bream *Sparus aurata*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 33:169-175.

Morais, C. A., Morais, C. A. R. S., Fernandes, A. N. M., & Fujimoto, R. Y. (2014). Produção de alface (*Lactuca sativa*) em sistema compacto de aquaponia contendo juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: CONGRESSO AQUACIÊNCIA, 2014, Paraná. *Anais...* Foz do Iguaçu, Paraná.

Moro, G. V., Torati, L. S., & Luiz, D. B. (2013). Monitoramento e manejo da qualidade da água em piscicultura. In: *Piscicultura de água doce: Multiplicando conhecimentos*. Brasília-DF: Embrapa, p. 440.

Nelson, R. L. (2007) Ten aquaponic systems around the world. *Aquaponics Journal*. 46: 8-12.

Oliveira, R. P. D. C., Silva, P. C., Pádua, D. M. C., Aguiar, M., Maeda, H., Machado, N. P., Rodrigues, V., & Silva, R. H. (2007). Efeitos da densidade de estocagem sobre a qualidade da água na criação do Tambaqui (*Colossoma macropomum*, CUVIER, 1818) durante a segunda alevinagem, em tanques fertilizados. *Ciência Animal Brasileira*, 8(4), 705-711.

Pinho, S. M., Molinari, D., Mello, G. L., Fitzsimmons, K. M., & Emerenciano, G. C. (2017). Effluent from a biofloc technology (BFT) tilapia culture on the aquaponics production of different lettuce varieties. *Ecological Engineering*, 103:146-153.

Rakocy, J. E., Masser, M. P., & Losordo, T. M. (2006). Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics - integrating fish and plant culture. *South. Reg. Aquacult. Cent.* 454:1–16.

Rakocy, J. E. (2007) Ten guidelines for aquaponic systems. *Aquaponics Journal*, 1: 14-17.

Rakocy, J. E. (2012). Aquaponics - integrating fish and plant culture. In: Tidwell, J.H. (Ed.), *Aquaculture Production Systems*. 1ª ed. Wiley-Blackwell, Oxford, p.343-386.

Ribeiro-Filho, O. P., & Seixas-Filho, J. T. (2013). Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do Nilo para o crescimento de manjerona (*Origanum majorana*) e manjericão (*Origanum basilicum*) em sistemas de aquaponia. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, 3(1), 51-55.

Ribeiro, S.C., Castelo, A.S., Da Silva, B.M.P., Cunha, A.S., Proietti Júnior, A.A., Oba-Yoshioka, E.T. (2016). Hematological responses of tambaqui *Colossoma macropomum* (Serrasalmidae) fed with diets supplemented with essential oil from *Mentha piperita* (Lamiaceae) and challenged with *Aeromonas hydrophila*. *Acta Amazonica*. 46, 99 – 106. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201501284>.

Silva, A. D. R., Santos, R. B., Bruno, A. M. S. S., & Soares, E. C. (2013). Tambaqui farming in irrigation channels under different fish densities. *Acta Amazonica*, 43(4), 517-523.

Silva, C. A., & Fujimoto, R. Y. (2015). Crescimento de tambaqui em resposta a densidade de estocagem em tanque-rede. *Acta Amazonica*, 45(3), 323-332.

Silva, U. J., Sousa, P. G., & Eckardt, M., Silva, N. A. (2015). Qualidade da água na criação de tambaqui: um estudo de caso. *Anais... 6ª Jornada de Iniciação Científica*. Instituto Federal do Tocantins.

Zou, Y.; Zhen, H., Zhamg, J., Guimbaud, C., & Fang, Y. (2016). Effects of pH on nitrogen transformations in media-based aquaponics. Elsevier. *Bioresource Technology*, 210: 81-87.

#### **Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Taise Borges Facundes Silva – 20%

Romério Rodrigues dos Santos Silva – 15%

Francisca Erica do Nascimento Pinto – 15%

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos – 10%

Kleber Veras Cordeiro – 10%

Alécio Matos Pereira – 10%

José Roberto Brito Freitas – 10%

Jane Mello Lopes – 15%