



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E RECURSOS  
AQUÁTICOS TROPICAIS**

**JOSÉ ALEXANDRE SANTOS DA COSTA**

**AVALIAÇÃO DO SUBSTRATO ORGÂNICO DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea*) NA  
PRODUÇÃO DE MUDAS DE COENTRO EM SISTEMA DE AQUAPONIA**

**BELÉM**

**2021**

**JOSÉ ALEXANDRE SANTOS DA COSTA**

**AVALIAÇÃO DO SUBSTRATO ORGÂNICO DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea*) NA  
PRODUÇÃO DE MUDAS DE COENTRO EM SISTEMA DE AQUAPONIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais da Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte avaliativa para a obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais.

Área de concentração: Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais

Linha de pesquisa: Aquicultura

Orientador: Dr. Glauber David Almeida Palheta

**BELÉM**

**2021**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia  
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

DA COSTA, JOSÉ ALEXANDRE SANTOS

AVALIAÇÃO DO SUBSTRATO ORGÂNICO DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea*) NA PRODUÇÃO  
DE MUDAS DE COENTRO EM SISTEMA DE AQUAPONIA / JOSÉ ALEXANDRE SANTOS DA COSTA

A.

- 2021.

40 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Aquicultura e Recursos  
Aquáticos Tropicais (PPGARAT), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural  
Da Amazônia, Belém, 2022.

Orientador: Prof. GLAUBER DAVID ALMEIDA PALHETA

1. Horticultura. 2. Tambaqui. 3. Amazônia. 4. Biossistemas. I. PALHETA, GLAUBER  
DAVID ALMEIDA, *orient.* II. Título

---

CDD 639.31

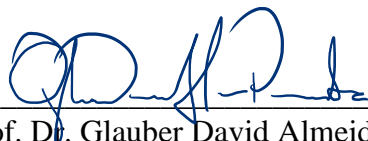
**JOSÉ ALEXANDRE SANTOS DA COSTA**

**AVALIAÇÃO DO SUBSTRATO ORGÂNICO DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea*) NA  
PRODUÇÃO DE MUDAS DE COENTRO EM SISTEMA DE AQUAPONIA**

Qualificação ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais da Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte avaliativa para a obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais.

Data da aprovação: 09/07/2021

Banca examinadora:



---

Prof. Dr. Glauber David Almeida Palheta  
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA  
Orientador



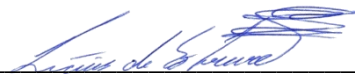
---

Prof. Dr. Rodrigo Takata  
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA  
1º Examinador



---

Prof. Dr. Fábio Carneiro Sterzelecki  
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA  
2º Examinador



---

Prof. Dr. Licius de Sá-Freire  
Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro  
3º Examinador

Dedico este trabalho a minha esposa e para a minha filha que me apoiaram incondicionalmente.

Dedico também aos meus pais ( *in memoriam*) e aos meus irmãos.

Dedico aos meu tios Alexandre e Regina Mary

Dedico a minha amada vó Ediméia..

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado saúde e determinação de chegar ao final do curso de mestrado.

Agradeço aos meus amados pais (*in memoriam*), que fizeram tudo o que era possível, para que um dia eu chegasse onde estou.

Agradeço ao meu amigo Dr. Nuno Felipe, que sempre me incentivou a realizar esse curso.

Agradeço ao meu orientador Dr. Glauber Palheta, por ter me conduzido com sabedoria ao longo de todo esse caminho de estudo e aperfeiçoamento profissional.

Agradeço à minha esposa e filha, por me ajudarem e incentivarem nessa caminhada.

Agradeço aos meus irmãos, que também me incentivaram.

Agradeço aos meus amigos, que também torceram por mim nessa caminhada.

A Universidade Federal Rural da Amazônia e ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais (AqRAT).

Ao projeto Procad Amazônia 2018- pelos recursos disponibilizados.

Aos professores por aceitarem compor a banca examinadora desta dissertação.

“O mais competente não discute, domina a  
sua ciência e cala-se”

(Voltaire)

## RESUMO

A utilização de sistemas de aquaponia tem crescido em conjunto com a demanda por tecnologias sustentáveis. Este estudo propõe o reaproveitamento de resíduos agroindustriais (cadeia produtiva do açaí), assim avaliou o desempenho de mudas de coentro em substrato orgânico de caroço de açaí em sistema aquapônico. O experimento foi conduzido na Universidade Federal Rural da Amazônia, campus Belém em ambiente protegido tipo estufa. O sistema de aquaponia consistiu em um tanque de cultivo de tambaqui e cinco bancadas de germinação do tipo *floating* com Coentro variedade do tipo “Verdão”. Os substratos usados no experimento foram compostos pela incorporação do caroço de açaí ao substrato comercial de fibra de coco e corresponderam a cinco tratamentos com três repetições: (T1) 0%, (T2) 25%, (T3) 50%, (T4) 75% e (T5) 100%. Durante o experimento, os parâmetros de qualidade da água relacionados à temperatura ( $28,01 \pm 0,54^{\circ}\text{C}$ ), potencial hidrogeniônico ( $7,10 \pm 0,23$ ), oxigênio dissolvido ( $7,25 \pm 0,96 \text{ mg/L}^{-1}$ ) e a condutividade elétrica ( $60,78 \pm 10,19 \mu\text{S/cm}$ ) permaneceram dentro da faixa indicada para o cultivo de tambaqui e para plantas. A incorporação do caroço de açaí ao substrato de fibra de coco afeta o desenvolvimento das mudas de coentro, sendo os melhores resultados obtidos na concentração de 25%, as demais proporcionaram efeitos negativos principalmente relacionados ao número de folhas e diâmetro do caule. Os peixes apresentaram bom desempenho zootécnico com 98,72g de ganho de peso e biomassa final de  $7,89 \text{ kg/m}^3$ . Os parâmetros de glicose e hematócrito observados neste trabalho sugerem que não ocorreu o estresse fisiológico do tambaqui no sistema aquapônico. O caroço de açaí pode ser reaproveitado para a produção de mudas de coentro em concentrações de até 25% com o substrato comercial de fibra de coco.

**Palavras-chave:** Horticultura; Tambaqui; Amazônia; Biossistemas.



## ABSTRACT

The use of aquaponics systems has grown together with the demand for sustainable technologies. This study proposes the reuse of agro-industrial residues (açai production chain) and evaluated the performance of coriander seedlings in an organic substrate of açai kernels in an aquaponic system. The experiment was carried out at the Federal Rural University of Amazônia, campus Belem in a greenhouse-type protected environment. The aquaponic system consisted of a tambaqui growing tank and five floating germination benches with Coriander variety of the “Verdão” type. The substrates used in the experiment were composed by the incorporation of the açai kernel to the commercial substrate of coconut fiber and corresponded to five treatments with three replications: (T1) 0%, (T2) 25%, (T3) 50%, (T4) 75% and (T5) 100%. During the experiment, the water quality parameters related to temperature ( $28.01 \pm 0.54^{\circ}\text{C}$ ), hydrogen potential ( $7.10 \pm 0.23$ ), dissolved oxygen ( $7.25 \pm 0.96 \text{ mg/L}^{-1}$ ) and electrical conductivity ( $60.78 \pm 10.19 \mu\text{S/cm}$ ) remained within the range indicated for tambaqui cultivation and for plants. The incorporation of açai kernel to the coconut fiber substrate affects the development of coriander seedlings, with the best results obtained at the concentration of 25%, the others provided negative effects mainly related to the number of leaves and stem diameter. The fish showed good zootechnical performance with 98.72g of weight gain and final biomass of  $7.89 \text{ kg/m}^3$ . The Glucose and Hematocrit parameters observed in this work suggest that the physiological stress of tambaqui did not occur in the aquaponic system. The açai seed can be reused to produce coriander seedlings in concentrations of up to 25% with the commercial substrate of coconut fiber.

**Keywords:** Horticulture; Tambaqui; Amazon; Biosystems.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I - CONTEXTUALIZAÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>14</b>
2.1 Objetivo geral .....	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>15</b>
3.1 Resíduos agroindustriais.....	15
3.1.1 Caroço de açaí .....	15
3.2 Substratos.....	16
3.3 A cultura do coentro.....	16
3.4 Aquaponia .....	17
3.4.1 Cultivo de Tambaqui ( <i>Colossomamacropomum</i> ).....	18
3.5 Sustentabilidade na aquicultura .....	19
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>20</b>
<b>CAPÍTULO II – Açaí palm, <i>Euterpe oleracea</i>, residue as substrate for cilantro, <i>Coriandrum sativum</i>, seedling production in aquaponic system with tambaqui, <i>Colossoma macropomum</i>.</b> .....	<b>27</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>28</b>
<b>1 Introduction</b> .....	<b>28</b>
<b>2 Materials and methods</b> .....	<b>29</b>
2.1 Experimental design .....	30
2.2 Water and air analysis .....	31
2.3 Fish growth performance.....	31
2.4 Vegetable performance .....	31
2.4 Blood analysis.....	32
2.5 Statistical analysis.....	32
<b>3 Results</b> .....	<b>32</b>
3.1 Water and air analysis .....	32
3.2 Vegetal performance .....	33

<b>4 Discussion .....</b>	<b>34</b>
<b>4.1 Water and air quality .....</b>	<b>34</b>
<b>4.2 Vegetal performance .....</b>	<b>35</b>
<b>4.3 Fish performance .....</b>	<b>36</b>
<b>Acknowledgments.....</b>	<b>36</b>
<b>References.....</b>	<b>36</b>

## **CAPÍTULO I - CONTEXTUALIZAÇÃO**

Padronizado de acordo com as normas da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) e da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O estado do Pará, destaca-se por ser o maior produtor nacional de frutos do açazeiro (*Euterpe Oleracea* Mart.). Atingiu uma produção de 465.444 toneladas no ano de 2019 (Fapespa, 2021). No entanto, esta cadeia produtiva produz como resíduo o caroço, que são oriundos do processamento. Estes após a retirada do vinho são lavados e ensacados e expostos ao ar livre, muitas vezes sem destinação correta. Representa um grave problema ambiental pelo seu acúmulo, sendo um exemplo de produto cujo potencial de revalorização de resíduos tem sido subaproveitado (Erlacher et al., 2016; Almeida et al., 2017).

Diversas tecnologias têm sido desenvolvidas nos últimos anos afim de minimizar os efeitos deste passivo, dentre elas podemos citar o caroço de açai como carvão ativado, que é um material de alta capacidade de adsorção, possibilitando sua utilização na recuperação de produtos químicos (Souza et al., 2020), o caroço de açai para a produção do tijolo, a utilização deste resíduo por parte das olarias, como fonte primaria de energia para produção de tijolos propiciarão setor oleiro (Oliveira et al., 2021) a fibra do açai, produz um compósito que substituirá a madeira natural (Sabariz; Silva; Silva; Marques; 2006.). Esses produtos constituem excelentes matérias-primas para produção de substratos e adubos orgânicos de grande importância agrônômica, social e econômica (Nascimento Filho e Franco, 2015; Correa et al., 2019)

A utilização de compostos orgânicos para a produção de substratos é considerada economicamente a mais viável quando comparada aos químicos, o tipo de substrato utilizado pode afetar a qualidade principalmente das mudas, devendo proporcionar condições hídricas e nutricionais satisfatórias durante o período de germinação e desenvolvimento de mudas (Gonçalves, 1995; Puchalski e Kämpf, 2000; Carrijo; Liz e Makishima, 2002; Santos et. al., 2016).

Segundo Silva et al. (2020) os resíduos orgânicos podem ser utilizados ou substituídos como substratos para a produção de mudas de hortaliças, sendo uma alternativa para produtores de baixa renda que não possuem recursos suficientes para compra de substratos comerciais.

Um dos aspectos que devem ser considerados na produção de hortaliças é a redução dos custos e maximização da produção, nesse sentido tem se destacado os sistemas de aquaponia que é a integração de organismos aquáticos e vegetais, ou seja, a aquicultura associada à hidroponia (Love et al. 2014; Castellanos et al. 2015).

Com base neste conjunto de informações, a proposta desta dissertação visa avaliar o substrato orgânico de açaí para a produção de mudas de coentro em sistema de aquaponia com o tabaqui, buscando o desenvolvimento de novas técnicas para auxiliar a produção de hortaliças, incentivando o reaproveitamento de resíduos agroindustriais bem como a diminuição dos impactos gerados no ambiente.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Analisar o desenvolvimento da produção de mudas de coentro em função de diferentes concentrações de substrato orgânico de açaí em sistema de aquaponia.

### 2.2 Objetivos específicos

- Analisar parâmetros filotécnicos do coentro;
- Analisar o desempenho zootécnico e hematológico do tambaqui (*Colossoma macropomum*) durante o ciclo de produção de mudas de coentro;
- Analisar os parâmetros da água (pH, temperatura, condutividade elétrica, amônia total, nitrito e nitrato);
- Avaliar a inserção do farelo orgânico de Açaí no desenvolvimento de coentro.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Resíduos agroindustriais

Os resíduos gerados no sistema de produção agrícola causam impactos imensuráveis ao meio ambiente, tais como, degradação do solo e da água, poluição do ar e proliferação de vetores. O cultivo e o processamento de culturas como o açaí geram resíduos os quais podem alterar todo o ecossistema se não submetidos ao tratamento adequado de resíduos, portanto o reaproveitamento de resíduos agrícolas torna-se uma alternativa reduzir os impactos causados pelo descarte inadequado além de possibilitar a geração de renda a partir de novos produtos (Jacobe e Bensen, 2011; Saidelles et al., 2012; Cordeiro et al., 2020).

O estado do Pará é o maior produtor nacional de açaí, com produção de 127.406 mil toneladas/ano e 95,47% de participação da produção brasileira, os principais municípios responsáveis pela produção são: Igarapé-Miri (20,98%), Portel (21,27%), Abaetetuba (8,57%) e Cametá (7,92%) conforme dados do IBGE (2019).

Em relação à cultura do açaí, o principal subproduto de seu processamento industrial é o endocarpo, que contém 53,20% de celulose, 12,26% de hemicelulose e 22,30% de lignina (Quiet al., 2012), recoberto por uma camada de vilosidades, grandes e firmes, constitui cerca de 80% do volume total do fruto (Pacheco-Palencia et al., 2009). Desta forma, seu uso se destaca como substrato de baixo custo.

##### 3.1.1 Caroço de açaí

No processamento do fruto do açaí para a produção do vinho, apenas 15% do fruto corresponde à polpa do fruto, ou seja, cerca de 85% do volume total do fruto é constituído pelo caroço e fibras (Pacheco-Palencia et al., 2009).

Deve-se levar em consideração que para o desenvolvimento normal, as plantas necessitam nutrientes minerais, classificados em macro e micronutrientes, dentre os macronutrientes são: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S); enquanto os micronutrientes são: boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn) (Carrijo et al., 2005).

Segundo Teixeira et al. (2004), o caroço do açaí apresenta quimicamente 97,40 % de matéria orgânica, 2,60 % de cinza, relação C/N 48,50, pH 5,05; 1,17 % de N; 0,13 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 0,49 % de K<sub>2</sub>O; 0,06 % de Ca; 0,02 % de Mg; e 0,19 % de S; 180 mg kg<sup>-1</sup> de Fe; 258 mg kg<sup>-1</sup> de Mn; 13,5 mg kg<sup>-1</sup> de Cu; 28 mg kg<sup>-1</sup> de Zn e 42,5 mg kg<sup>-1</sup> de B.



Na análise de Erlacher et al., (2016), a composição química parcial de caroço de açaí triturado fresco foi de: 5,97 g kg<sup>-1</sup> (N) 2,15g kg<sup>-1</sup> (P) 8,13g kg<sup>-1</sup> (K) 1,69g kg<sup>-1</sup> (Ca) g kg<sup>-1</sup>e 3,02g kg<sup>-1</sup> (Mg), e apresentou um pH de 5,26 e 3,6 mScm<sup>-1</sup> de condutividade elétrica.

### 3.2 Substratos

Os substratos são utilizados mundialmente por proporcionarem melhores condições físicas, químicas e biológicas ao desenvolvimento das plantas. Sendo caracterizado por todo material sólido, natural, sintético ou residual, mineral ou orgânico, puro ou em mistura, que proporciona condições favoráveis para o desenvolvimento do sistema radicular, exercendo a função do solo (Abad e Noguera, 1998; Bataglia e Abreu, 2001 Kämpf, 2001; Bezerra, 2003).

A demanda por substratos vem aumentando devido a prática de cultivo sem solo para as hortaliças, os substratos devem apresentar boa capacidade em fornecer água, oxigênio e nutrientes para as plantas, garantindo um ambiente estável para as culturas vegetais (Carlile, 1997; Abreu; Abreu e Bataglia, 2002; Fermino, 2002),

Dentre os diferentes substratos comercializados atualmente destacam-se os orgânicos, tais como: as turfas, resíduos de madeira, casca de pinus e de arroz parcialmente carbonizada ou não, casca de coco verde. Para os materiais inorgânicos, os mais comuns são: areia, rochas vulcânicas, perlita, lã de rocha, vermiculita e a espuma fenólica já são utilizados como substratos, isoladamente ou em composição. (Gonçalves, 1995; Carrijo; Liz e Makishima, 2002).

### 3.3 A cultura do coentro

O coentro (*Coriandrum sativum* L.) pertence à família Apiaceae é uma hortaliça bastante consumida pela gastronomia do norte e nordeste. Tendo um ciclo de 30 a 40 dias, dependendo da estação do ano e área geográfica, sendo resistente a pragas, doenças e importância socioeconômica (Sousa et al., 2011; Angeli et al., 2016).

Possui um ciclo curto para germinação, de aproximadamente 5 a 7 dias, é uma olerícola que necessita de deposição de nutrientes, visto que os pré-existentes no solo são insuficientes para impulsionar o crescimento da mesma (Andrade et al., 2012; Santos et al., 2020).

O coentro é uma cultura de clima quente e intolerante a baixas temperaturas, podendo ser semeada ao longo do ano e apesar de ser uma cultura de grande relevância,

poucos são os estudos que visam melhorar as técnicas de produção dessa olerícola (Filgueira, 2000; Sales et al., 2015)

A produção de coentro na região amazônica segundo Silva et al. (2017), possui um ciclo de alta e baixa, sendo considerado pouco estável devido a perdas na colheita devido ao aumento da pluviosidade na região. Assim, os preços sofrem forte influência das condições climáticas com preços elevados no primeiro semestre, sinalizando entressafra e no segundo a tendência é de queda indicando safra.

A cultura em ambiente protegido proporciona colheitas em épocas em que as cotações dos produtos são mais elevadas o que, normalmente, coincide com a menor oferta do produto no mercado, sendo consequência da maior dificuldade de se produzir em locais ou épocas cujas condições climáticas são desfavoráveis ao cultivo pelo sistema convencional, ou seja, a céu aberto (Makishima e Carrijo, 1998).

Na região amazônica, o cultivo protegido vem diminuindo os efeitos adversos na produção de hortaliças causada principalmente pelas chuvas, entre os meses de maio a outubro (verão amazônico), os cultivos precisam ser irrigados com maior frequência, enquanto no inverno amazônico (período chuvoso de novembro e abril) é elevada a incidência de problemas fitossanitários, especialmente de doenças (Rodrigues, 2005; Kano e Gentil, 2017).

### 3.4 Aquaponia

O sistema de aquaponia é a integração do cultivo de organismos aquáticos (aquicultura) com as plantas sem uso do solo (hidroponia), este sistema permite a interação de duas ou mais espécies comerciais de origem animal e vegetal, em sistemas de recirculação de água e nutrientes (Palm et al., 2019; Love et al., 2014).

Os sistemas de aquaponia são formados pela entrada de nutrientes em forma de ração através do cultivo de organismo animal que produzem nitrogênio principalmente na forma de amônia, em seguida o efluente é direcionado para os filtros biológicos onde as bactérias convertem a amônia em nitrito e depois em nitrato por nitrificação, após este processo os nutrientes são absorvidos pelas plantas (Rakocy, 2012; Goddek et al., 2015; Jena et al., 2017; Ru et al., 2017).

A aquaponia tem sido proposta como tecnologia eficiente, dentro do contexto de reuso da água, de mínima produção de resíduos, utilização de espaços e recursos naturais, no entanto deve-se considerar a necessidade de se manter a boa qualidade da água do

sistema, atendendo aos peixes, às plantas e às bactérias. (Rakocy, 2007; Satiro et al., 2018).

Para manter a qualidade do sistema é necessário realizar o acompanhamento dos parâmetros da água, aferindo-se principalmente a temperatura, pH e condutividade elétrica (Braz Filho, 2000). Segundo Sá (2012) a temperatura pode limitar a produção, influenciando nas atividades fisiológicas dos peixes e afetar a eficiência do biofiltro.

Com relação ao pH, os nutrientes como Fe, Mn, B, Zn e Cu decrescem a concentração em níveis de pH superiores a 7,0; nutrientes como Mg, P, Ca e molibdênio (Mo) decrescem em solubilidade em níveis de pH inferiores a 6,0 (Ferri, 1979; Domingues et al., 2012).

Em sistemas aquapônicos, a ação das bactérias nitrificantes dos gêneros *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*, responsáveis pela nitrificação do amoníaco, são predominantemente aeróbias e têm pH ótimo entre 7,0 e 8,0 (Braz Filho 2000; Pereira e Mercante, 2005).

#### 3.4.1 Cultivo de Tambaqui (*Colossomamacropomum*)

O tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) é uma espécie endêmica das bacias dos rios Amazonas e Orinoco, sendo o segundo maior peixe de escala de água doce da região, pertence a uma ordem Characiformes e família Serrasalmididae; alcança 90cm de comprimento total e 30 kg de peso, ocorrência pelágica e hábito diurno (Ferreira et al., 1998; Ruffino e Isaac, 2000; Garcez e Freitas, 2011).

No Brasil o tambaqui é a principal espécie nativa produzida na maioria dos estados do Norte, Centro-Oeste e Sudeste, corresponde aproximadamente a 20% da produção nacional total de pescados, atinge um tamanho comercializável com um crescimento de 10-12 meses dividido em duas fases (Izel et al., 2014; IBGE, 2018, Sousa et al., 2020).

A produção de tambaqui está em expansão pelo país, um dos fatores é facilidade em obter juvenis, grande potencial de crescimento, alta rusticidade, aceitação de ração, boa conversão alimentar e demanda do produto pelo mercado consumidor (Gomes et al., 2003; Pedrosa Filho et al., 2016).

O cultivo de tambaqui apresenta a fase de larvicultura, em que os peixes são mantidos desde a eclosão até o peso médio individual de 0,5 a 1g, com duração de 30 a 45 dias. A produção de juvenis que dura em torno de 60 dias e o peso médio individual é

entre 40 e 50 g e a fase de engorda em que o tempo varia dependendo do peso desejado para abate (Dairikie Silva, 2011; Lima et al., 2013).

A espécie apresenta resistência ao baixo nível de oxigênio, em situações drásticas apresentam adaptação morfológica, que resulta no aumento do lábio inferior, para captar mais oxigênio na superfície da lâmina de água, aliado a redução de seu metabolismo e taxa de crescimento. A concentração de oxigênio dissolvido ideal para cultivo é de 5 mg L<sup>-1</sup>, tolerando níveis de 1,0 e 3,0 mg L<sup>-1</sup>, o tambaqui apresenta capacidade de realizar ajustes hematológicos, regulação iônica e produção de muco, que proporciona tolerância relativa à ambientes aquáticos ácidos (Val et al., 1998; Aride et al., 2007; Dairiki et al., 2011).

### **3.5 Sustentabilidade na aquicultura**

A crescente demanda por alimentos saudáveis, fez com que novas tecnologias fossem desenvolvidas para melhorar a produção e otimizar a utilização dos recursos naturais (Miao; Fang; Sun; Luo, 2017). Para a aquicultura este fato não foi diferente, com a necessidade e adequação ao uso da água desenvolveram-se diversos sistemas.

O sistema de recirculação em aquicultura (Recirculating Aquaculture Systems - RAS) consiste em um sistema fechado de circulação de água, onde os compostos nocivos produzidos no processo produtivo, são tratados por um processo de filtração (Timmons; Ebeling, 2013). Outro sistema que visa o maior aproveitamento da água é o de bioflocos, permitindo que essa água utilizada da piscicultura dure muito mais tempo do que o normal (Eugenia; Olguín, 2012). Outra forma de integração visando a sustentabilidade, são sistemas agroflorestais integrados a piscicultura que consiste em integrar a produção de peixes a outros sistemas agrícolas, principalmente a fertirrigação (Edwards, 1993) ou aproveitamento de resíduos do viveiro (Gomes et al, 2020).

A aquaponia destaca-se em relação aos sistemas pela possibilidade de ser utilizado em diferentes escalas, (Palm et al., 2018) podendo ser uma alternativa para produção de alimentos próximo ao mercado consumidor, que diminui o desperdício e a pegada ecológica do produto.

O uso do tambaqui no sistema aquapônico propõe produzir nutrientes e matéria orgânica que podem ser utilizados na nutrição de plantas, assim demonstra seu potencial para utilização na região amazônica. (Pinho et al., 2021). O sistema apresenta como vantagem o controle da qualidade do produto; possibilita maior controle de doenças, contaminantes e predadores; minimizando o desperdício de água; permitindo controlar o

ambiente de produção do peixe, de modo a sincronizar a produção aos sinais do mercado (Assis et al., 2020).

A proposta de sustentabilidade deste trabalho sustentasse na produção em sistema protegido e integrado a partir do estabelecimento do uso de uma espécie nativa da região amazônica e com grande apelo produtivo tambaqui (Zaniboni-Filho, 2018). Associado ao coentro, olerícula de grande utilização na região norte, que para o estado do Pará possui um valor comercial importante, mas que tem elevação de preço associado ao período chuvoso (Silva, 2019). E ainda o aproveitamento de resíduos que foram produzidos com tecnologia própria desenvolvida para este fim.

## REFERENCIAS

ABAD, M.; NOGUEIRA, P. Sustratos para el cultivo sinsuelo y fertirrigación. In: CADAHÍA, C. **Fertirrigation: cultivos hortícolas y ornamentales**. Ediciones. 1998.

ABREU MF; ABREU CA; BATAGLIA OC. Uso da análise química na avaliação da qualidade de substratos e componentes. In: FURLANI AMC. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, p.17-28. (IAC. Documentos 70). 2002.

ALMEIDA, A. V. C., MELO, I. M., PINHEIRO, I. S., FREITAS, J. F., MELO, A. C. S. (2017). Revalorização do caroço de açaí em uma beneficiadora de polpas do município de Ananindeua/PA: proposta de estruturação de um canal reverso orientado pela PNRS e logística reversa. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, v. 12, n. 3, p. 59, 2017.

ANDRADE, E. M. G.; SILVA, H. S.; SILVA, N. S.; JÚNIOR, J. R. S.; FURTADO, G. F. Adubação Orgâno mineral em hortaliças folhosas, frutos e raízes. **Rev. Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7, n.3, p 07-11, 2012.

ANGELI, K. P; DELAZARI, F. T.; NICK, C.; FERREIRA; M. G.; & DERLY J. H. DA SILVA, D J. H. Yield components and water use efficiency in coriander under irrigation and nitrogen fertilization. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.5, p.415-420, 2016. Disponível em:<http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n5p415-420>.

ARIDE, P. H. R.; ROUBACH, R.; VAL, A. L. Tolerance response of tambaqui *Colossoma macropomum* (CUVIER) to water pH. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 38, n. 6, p. 588-594, 2007.

BATAGLIA, O.C.; ABREU, C.A. Análise química de substratos para crescimento de plantas: um novo desafio para cientistas de solo. Viçosa: **SBCS**, 2001. v. 26, p. 8-9 (Boletim informativo)

BEZERRA, F. C. Produção de mudas de hortaliças em ambiente protegido. Embrapa Agroindústria Tropical-Documentos (**INFOTECA-E**), 22p. 2003.

BRAZ FILHO, M. S. P. (2000). Qualidade na produção de peixes em sistemas de recirculação de água[monografia]. São Paulo (SP): Centro Universitário Nove de julho.  
CARLILE WR. The requirements of growing media. **Peat in Horticulture**2: 17-23. 1997.

CARRIJO, O. A., DE SOUZA, R. B., MAROUELLI, W. A., & DE ANDRADE, R. J. (2005). Fertirrigação de hortaliças. **Embrapa Hortaliças-Circular Técnica (INFOTECA-E)**,13p.

CASTELLANOS DC, LEAL IZ, VELAZCO JMJR, GARCÍA AR, NAVARRO JTN, BAÑUELOS CAR, HERNÁNDEZ JG. Implementation of na experimental nutrient film technique-type aquaponic system. **Aquaculture International**, v. 24, n.2, p. 637-646, oct. 2015. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04496-5>.

CORDEIRO, N. K., CARDOSO, K. P. S., DA MATA, T. C., DE ARAÚJO BARBOSA, J., & GONÇALVES Jr, A. C. (2020). GESTÃO DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS COMO FORMA DE REDUÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 14, n. 2, p. 23-34.

DAIRIKI, J. K.; SILVA, T. B. A. Revisão de literatura: Exigências nutricionais do tabaqui – Compilações de trabalhos, formulação de ração adequada e desafios futuros. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2011. **Documentos**; 91, p. 44. Serie III.

DOMINGUES, D. S., TAKAHASHI, H. W., CAMARA, C. A. P. & NIXDORF, S. L. (2012). Automated system developed to control pH and concentration of nutrient solution evaluated in hydroponic lettuce production. **Computers and Electronics in Agriculture**, 8453-61.

ERLACHER, W. A., DE OLIVEIRA, F. L., DA SILVA, D. M. N., QUARESMA, M. A. L., & MENDES, T. P. (2017). Estratégias de uso de caroço de açaí para formulação de substratos na produção de mudas de hortaliças. **Magistra**, v. 28, n. 1, p. 119-130, 2017.

Edwards, P. Questões ambientais em sistemas integrados de aquicultura e piscicultura alimentados com águas servidas. *Meio ambiente e aquicultura em países em desenvolvimento*, 31 , 139-170. (1993).

Eugenia J. Olguín, Dual purpose microalgae–bacteria-based systems that treat wastewater and produce biodiesel and chemical products within a Biorefinery, *Biotechnology Advances*, Volume 30, Issue 5, Pages 1031-1046, ISSN 0734-9750, 2012.

Fapespa - Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas, Anuário Estatístico do Pará 2021. Disponível em < <https://www.fapespa.pa.gov.br/node/218>> Acesso em 07 de abril 2022.

FERMINO MH. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. In: FURLANI AMC. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos**

**para produção de plantas.** Campinas: Instituto Agronômico, p.29-37. (Documentos IAC, 70). 2002.

FERREIRA, E. J. G.; ZUANON, J. A. S.; SANTOS, G. M. Peixes comerciais do médio Amazonas: Região de Santarém –PA. Brasília: Edições IBAMA, **Coleção Meio Ambiente, Série Estudos Pesca**. 211 pp, 1998.

FERRI, M. G. (1979). **Fisiologia vegetal 1**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: cultura e comercialização de hortaliças**. 2ª Ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 650p. 2000.

GARCEZ, C.S.R.; FREITAS, C.E.C.2011. Seasonal catch distribution of tambaqui (*Colossoma macropomum*), Characidae in a central Amazon flood plainlake: implications for sustainable fisheries management. **Journal of Applied Ichthyology**, 27(1): 118-121.

GODDEK, S.; DELAIDE, B.; MANKASINGH, U.; RAGNARSDOTTIR, K. V.; JIJAKLI, H.; THORARINSDOTTIR, R. Challenges of sustainable and commercial aquaponics. **Sustainability**, Germany, v. 7, april. 2015. p. 4199-4224.

GOMES, L. C.; ARAUJO-LIMA, C. A. R. M.; ROUBACH, R.; URBINATI, E. C. Avaliação dos efeitos da adição de sal e da densidade no transporte de tambaqui. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.2, p.283-290, 2003.

GOMES, A. C. dá S.; PALHETA, G. D. A.; ARAUJO, D. G.; RIBEIRO, L. de M.; FAIAL, K. do C.F.; GAMA, M. A. P. Evaluation of heavy metal content in jambu cultivation (*Acmella oleracea* [(L) R. K Jasen]) WITH sediment of Tambaqui nursery (*Colossoma macropomum*). **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 9, p. e515992866, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i9.2866.

GONÇALVES, A.L. Recipientes, embalagens e acondicionamentos de mudas de plantas ornamentais. In: MINAMI, K. (Ed.) **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. São Paulo: T.A. Queiroz, 128p.1995.

IBGE Produção da pecuária municipal 2017, vol. 45, IBGE, Rio de Janeiro (2018), pp. 1-8

IZEL A.C.U., CRESCÊNCIO R., O´SULLIVAN F.L.A., CHAGAS E.C., BOIJINK C.L. Cultivo Do Tambaqui No Amazonas. Manaus: **Embrapa Amazônia Ocidental** (2014), p. 51

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. 2011. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, 25:135-158

JENA, A. K.; BISWAS, P.; SAHA, H. Advanced farming systems in aquaculture: strategies to enhance the production. **In novative farming**, v. 2, n. 1, p. 84-89, jan. 2017. KÄMPF, A.N. Análise física de substratos para plantas. Viçosa: **SBCS**. 2001. v. 26, p. 5-7 (Boletim Informativo).

KANO, C.; GENTIL, DF DE O. Cultivo de hortaliças em várzeas amazônicas: uma técnica tradicional para evitar a água e a umidade. *Embrapa Territorial-Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E)*, **Ecodebate**, v. 1, p. 1-11, 2017.

LABOURIAU, L. G.; VALADARES, M. B. On the germination of seeds of *Calotropis procera*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, São Paulo, v.48, p.174-186. 1976.

LIMA, A. F., MORO, G. V., KIRSCHNIK, L. N. G., BARROSO, R. M. Reprodução, larvicultura e alevinagem de peixes. In: RODRIGUES, A. P. O.[et al] (Editores técnicos). **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos. Embrapa Pesca e Aquicultura. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 440 p. 1ª edição ISBN 978-85-7035-272-9 CDD 639.3.**

LOVE DC, FRY JF, LI X, HILL ES, GENELLO L, SEMMENS K, THOMPSON RE. Commercial aquaponics production and profitability: findings from na International survey. **Aquaculture**, v. 435, p. 67-74, sep. 2014.

MAKISHIMA N; CARRIJO OA. Cultivo protegido do tomateiro. Brasília: Embrapa-CNPq. 18p. (**Circular Técnica da Embrapa Hortaliças,13**).1998.

MAGUIRE. J. D. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science. Madison**, v. 2, p. 176-177. 1962.

MIAO, C., FANG, D., SUN, L., LUO, Q. Natural resources utilization efficiency under the influence of green technological innovation, *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 126,2017, Pages 153-161,ISSN 0921-3449,<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.07.019>.

NASCIMENTO FILHO, W.B.; FRANCO, C.R. Avaliação do potencial dos resíduos produzidos através do processamento agroindustrial no Brasil. **Revista Virtual de Química**, v.7, n.6, p.1968-1987, 2015.

OLIVEIRA, D. P., MORAES, J. K., MELO, A. C. S., NUNES, D. R. L., PAOLO, I. F. BRAGA, A. C. C. Characteristics and Analyses of Strategic Factors in Reverse Channels of Açai Pulp Production Waste in the Municipality of Castanhal/PA. **Brazilian Journal of Development** ISSN: 2525-8761, DOI: 10.34117/bjdv7n7-117. JUN, 2021.

PALM, H. W., KNAUS, U., APPELBAUM, S., GODDEK, S., STRAUCH, S. M., VERMEULEN, T., KOTZEN, B. Towards commercial aquaponics: a review of systems, designs, scales and nomenclature. *Aquaculture International*, 26(3), 813–842. doi:10.1007/s10499-018-0249-z. (2018).

PACHECO-PALENCIA, L. A.; DUNCAN, C. E.; TALCOTT, S. T. 2009. Phytochemical composition and thermal stability of two comercial acai species, *Euterpe oleracea* and *Euterpe precatoria*. **Food Chemistry**, 115:1199-1205.

PEDROSA FILHO, M. X.; RODRIGUES, A. P. O.; REZENDE, F. P. Dinâmica da produção de tambaqui e demais peixes redondos no Brasil. **Boletim Ativos da Aquicultura**. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, 2016.



PEREIRA, L. P. F. & MERCANTE, C. T. J. (2005). A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. Uma revisão. **Boletim do Instituto de Pesca**, 31(1):81-88.

PINHO, S. M., DAVID, L. H., GARCIA, F., KEESMAN, K. J., PORTELLA, M. C., & GODDEK, S. South American fish species suitable for aquaponics: a review. **Aquaculture International**, 29(4), 1427–1449. Doi:10.1007/s10499-021-00674-w, 2021.

PUCHALSKI, L. E. A.; KÄMPF, A. N. Efeito da altura do recipiente sobre a produção de mudas de Hibiscus rosa-sinensis L. em plugs. In: KÄMPF, A. N.; FERMINO, M. H. (Ed.). **Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes. Porto Alegre: Genesis**, 2000. p. 209-215.

RAKOCY, J. E. **Aquaponics: integrating fish and plant culture**. Aquaculture production systems, 1º. ed. USA, 2012. 44 p.

RODRIGUES, I. N. **Características agronômicas de híbridos de pimentão (*Capsicum annuum* L.) e cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) em Manaus-AM**. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Sustentabilidade na Amazônia). Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Manaus. 68f. 2005.

RU, D.; LIU, J.; HU, Z.; ZOU, Y.; IANG, L.; CHENG, X.; LV, Z. Improvement of aquaponic performance through micro and macro nutrient addition. **Environ Sci Pollut Research Article**, v. 24, n. 19, p. 16328-16335, may. 2017.

RUFFINO, M. L.; ISSAC, V. J. Ciclo de vida e parâmetros biológicos de algumas espécies de peixes da Amazônia Brasileira. In: Recursos pesqueiros do Médio Amazonas: biologia e estatística pesqueira. Brasília: Edições IBAMA, **Coleção Meio Ambiente**, Série Estudos Pesca. 22. p. 11-30, 2000.

SILVA, F., CALDERA, F., TROTTA, F., NERÍN, C., DOMINGUES, F. C. Encapsulation of coriander essential oil in cyclodextrin nanospheres: A new strategy to promote its use in controlled-release active packaging, **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, Volume 56, 102177, ISSN 1466-8564, <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102177>.2019.

SAIDELLES, A. P. F.; SENNA, A. J. T.; KIRCHNER, R.; BITENCOURT, G. 2012. Gestão de resíduos sólidos na indústria de beneficiamento de arroz. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, 5:904-916.

SALES, M. A. L., MOREIRA, F. J. C., ELOI, W. M., RIBEIRO, A. A., SALES, F. A. L., & MONTEIRO, R. N. F. (2015). Germinação e crescimento inicial do coentro em substrato irrigado com água salina/germination and initial growth in coriander substrate irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 9, n. 3, p. 221-227, 2015.

SANTOS, A. J., SANTOS, A. L., DE SOUSA LIMA, M. A.; SANTOS NASCIMENTO, J. N.; CARNEIRO, P. T. (2020). Desempenho de plantas de coentro

(*Coriandrum sativum* L.) Adubadas com diferentes doses de esterco caprino. **Diversitas Journal**, v. 5, n. 4, p. 2439-2449, 2020.

SABARIZ, A.; SILVA, V. R. V.; SILVA, L. J.; MARQUES, D. Propriedades mecânicas de compósitos formados por matriz epóxidica reforçada com fibras vegetais. 17° CBECIMat, 11 p., Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2006.

SÁTIRO, T. M., NETO, K. X. C. R., & DELPRETE, S. E. (2018). Aquaponia: Sistema que integra produção de peixes com produção de vegetais de forma sustentável. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 11, n. 1, p. 38-54, 2018.

SILVA, J.S; SANTOS, M.A.S; FERREIRA, C.S.S; COSTA, J.F; SOUZA, V.C. (2017). Comportamento De Preços De Hortaliças Folhosas Na Região Metropolitana De Belém, Estado Do Pará. **Enciclopédia Biosfera**, v.14 n.26; p.

SILVA, M. H., DE LIMA, M. S., FERREIRA, A. B., SOUZA, R. B., & DO NASCIMENTO, M. M. (2020). Cultivo de alface utilizando substratos alternativos. **Scientia Naturalis**, v. 2, n. 2, 2020.

SOUSA, R. G. C.; FREITAS, H. C. P.; OLIVEIRA, C. M.; LIMA, S. A. O.; MEIRELES, M. A.; FREITAS, C. E. C. Meat of Tambaqui from fish farming leads the popular preference when compared to wild specimens (Rondonia - Brazil). **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.3, p. 11736-11753, 2020. DOI:10.34117/bjdv6n3-148

SOUZA, L. K.C. de., GONÇALVES, A. A. S., QUEIROZ, L. S., CHAAR, J. S., ROCHA FILHO, G. N. da., COSTA, C. E.F. da. Utilization of acai stone biomass for the sustainable production of nanoporous carbon for CO<sub>2</sub> capture, **Sustainable Materials and Technologies**, e00168, ISSN 2214-9937, <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2020.e00168> Volume 25, 2020.

SOUSA, T.V.; ALKIMIM, E.R.A; DAVID, A.M.S.S.; SÁ, J.R.; PEREIRA, G.A.; AMARO, H.T.R.; MOTA, W.F. Época de colheita e qualidade fisiológica de sementes de coentro produzidas no Norte de Minas Gerais **Revista Brasileira Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.13, especial, p.591-597, 2011.

TEIXEIRA, L. B., DE OLIVEIRA, R. F., FURLAN JÚNIOR, J., & GERMANO, V. L. C. (2004). Características químicas de composto orgânico produzido com lixo orgânico, caroço de açaí, capim e serragem. Embrapa Amazônia Oriental-Comunicado Técnico (INFOTECA-E).

TIMMONS, M.B., Ebeling, J.M. Recirculating Aquaculture, 3rd ed. Ithaca Publishing Company LLC, Ithaca. 2013.

VAL, A. L.; SILVA, M. N. P.; ALMEIDA-VAL, E. V. M. F. Hypoxia adaptation in fish of the Amazon: a never-ending task. **South African Journal of Zoology**, Pretoria, v. 33, n. 2, p. 107-114, 1998.

ZANIBONI-FILHO, E., SANTOS, J., RIBOLLI, P. J. Opportunities and challenges for fish culture in Brazilian reservoirs: a review. **Thematic Section: Reservoirs Ecology**. Acta Limnol. Bras. 30, 2018.



**CAPÍTULO II – Açaí palm, *Euterpe oleracea*, residue as substrate for cilantro, *Coriandrum sativum*, seedling production in aquaponic system with tambaqui, *Colossoma macropomum*.**

Substrato orgânico de Açaí (*Euterpe oleracea*) na produção de mudas de coentro (*Coriandrum sativum*) em sistema de aquaponia com tambaqui (*Colossoma macropomum*).

Submissão à revista científica: Aquaculture international

ISSN:0967-6120

Foram respeitadas todas as normas de apresentação de artigo da revista.

**Açai palm, *Euterpe oleracea*, residue as substrate for cilantro, *Coriandrum sativum*, seedling production in aquaponic system with tambaqui, *Colossoma macropomum*.**

**ABSTRACT**

The production of high-quality seedlings is important to achieve better productivity in horticulture, however few studies were carried on aquaponic system. The substrate choice in this integrated culture affects plant and economic feasibility. Therefore, this study verified the effects of açai residue as substrate on cilantro seedling production, through of five mixtures of açai offal (0%, 25%, 75% and 100%) with coconut fiber, nourished by aquaponic waste water. Water quality, fish and plant performance were analyzed during 18-day experiment. While total ammonia decreased from 5.17 mg L<sup>-1</sup> to 0.64 mg L<sup>-1</sup>, nitrite and nitrate did not exceed 3 mg L<sup>-1</sup> and 1 mg L<sup>-1</sup>, respectively. Tambaqui weight gain was 98.72g and achieved high food assimilation, with 1.19 of food conversion rate. Mean blood hematocrit (30.20 ± 5.99%) and glucose (59.5 ± 10.06mg dL<sup>-1</sup>) indicates good fish physiological status. Açai offal mixture decreased by half the total fresh mass of cilantro, down to 1.12 ± 0.30g at 50%, but not significantly for dry mass. When mixture was above 25%, plant and leaf length were 8 cm and 3 cm smaller, respectively, as well as, the number of leaves and stem base diameter reduced by 34% and 40%, respectively. Therefore, we do not recommend include more than 25% of açai offal with coconut fiber to cilantro seedling production in aquaponic system.

**Palavras-chave:** Horticulturae; Aquaculture; Integrate culture; Plant residue

**1 Introduction**

The food integrated production has increasing in the last decades, as an alternative to traditional farming that treats environment. Aquaponic is a soilless culture that combines aquatic animal and vegetable farming, which utilizes less area and water. In addition, lower pollution is released into nature, since the waste water from aquaculture is destined to nourish plant (Goddek et al. 2019). However, that is relative new concept of food production with insufficient information about many species of plant and fish, mainly in early stages.

Seedling growth comprises the stage from emergence of the radicle until the appearance of enough green leaves, allowing plant to survive independently of stored energy. It is a transition phase, from heterotrophism to autotrophism, influenced by environment and management practice, in which can be carried out directly in soil, or in trails sheltered by greenhouse (Nelson and Larson 1984; Pascual et al. 2018). In soilless culture, alternative organic (e.g. peat, composts, bark and wood residues) and inorganic (e.g. gravel, sand, perlite) substrates can be used to produce plant seedlings. The specific composition establishes a physical, chemical and biological environment that can be more or less favorable for seedling vigor and development (Savvas and Gruda 2018). The media choice should also consider the productivity and the cost-effectiveness, since there is no space for excessive expenses in aquaponic system (Goddek et al. 2019).

In this context, regional and low-cost substrates should be evaluated. In Amazonian forest, inhabit a palm species denominated açai, *Euterpe oleracea* Mart., whose fruit juice is highly consumed in Brazil and exported to America, Europe and Asia (Bentes et al. 2017; da Silva et al. 2020). In 2018, 221 000 t were produced, nevertheless the process to extract açai juice discards approximately 85% of fruit, composed by seed and offal (de Souza et al. 2020; Martins et al. 2021). That residual has significant impact in Amazon environment, which led recently many studies to experiment in civil construction (dos Santos Silva et al. 2017; Barbosa et al. 2019), animal farming (Arruda et al. 2018) and human feeding (Souza et al. 2020). Previous studies also showed potential use as substrate in conventional agriculture (Erlacher et al. 2017), however, no one was carried out in aquaponic system.

Therefore, in this study, we sought the effects of açai offal substrate on cilantro, *Coriandrum sativum*, seedling production in aquaponic system with tambaqui, *C. macropomum*, one of most important horticulture and aquaculture species, respectively, produced in Amazonian region.

## 2 Materials and methods

The experiment was carried out at Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará, Brasil (Lat. 1°27'30'' S e Long. 48°28'12'' W), in greenhouse environment of 96 m<sup>2</sup> and 3 m Height. It was covered by a low-density polyethylene (150µm). All procedures were approved by the Committee for Ethical Animal Use of the Universidade Federal Rural da Amazônia (CEUA/UFRA), protocol number CEUA 1457260820.

## 2.1 Experimental design

The experimental unit (Figure 1) based on deep-water technique was composed by a 3000 L fish tank, 250 L settling tank and a 100 L sump filled with substrate to nitrificant bacteria(600 plastic cups, 50 mL, and 76 commercial bioball biofilters) and water pump of 3000 L/h. Dechlorinated tap freshwater was pumped equally to five planttanks of 0.72 m width, 1.62 m length and 0.10 m Height. To maintain high levels of dissolved oxygen, air was supplied by 0.38 cv Blower (ASTEN, SP, Brazil).

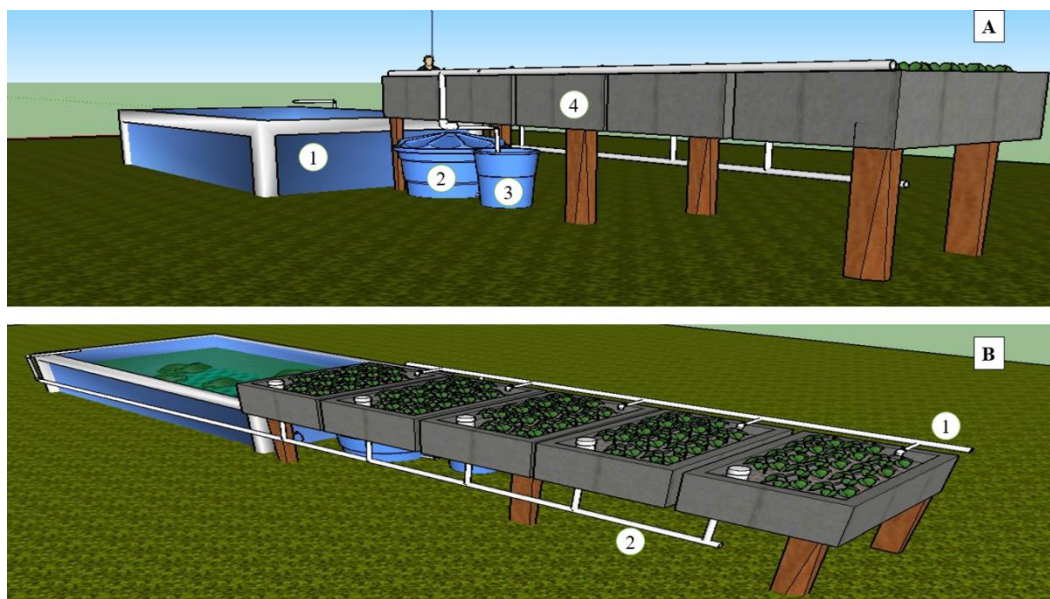


Figure 1. Schematic aquaponic system used in this study composed by (A) 1- fish tank, 2-settling tank, 3-sump filled with plastic media and 4- plant tray. (B) Water is pumped from sump to five plant trays through 1-tube, and by gravity drained by 2- tube flowing back to fish tank.

Commercial seeds of Cilantro var. Verdão (Feltrim® RS, Brazil) were sown in 128 Styrofoam cells tray, 10 seed per cell, filled with five different substrates, composed by increasing concentration of açaí offal (0%, 25%, 50%, 75% and 100%) combined with coconut fiber substrate (GOLDEN MIX, PA, Brazil). One Styrofoam tray were used in each treatment, irrigated with tap water for 3 days until germination, when were transplanted to vegetable tray.

Tambaqui larvae of 5 days after hatch were produced at Biofish lab at Rondonia state, Brazil. They were transported to UFRA laboratory and cultivated up to  $113.14 \pm 67.74$  g and  $17.95 \pm 3.29$  cm, when 70 fish were transferred to experimental tank. They were fed with commercial feed NUTRIPISCIS STARTER® (45% protein and 9% lipid) at feeding rate of 3 %, three times per day (9:00, 12:00 and 17:00).

## 2.2 Water and air analysis

The air temperature and humidity were dairy measured using digital thermometer and hydrometer (WLXY, HF-2<sup>a</sup>,SP, Brazil). The water temperature and dissolved oxygen(YSI ProODO, OH, EUA,  $\pm 0.01 \text{ mg L}^{-1}$ ), conductivity (electrical conductivity meter TDS& EC, SP, Brasil,  $\pm 2\%$  FS) and pH (pHmeter AKSO®, RS, Brazil,  $\pm 0.01$ ) were also monitored daily.

Nitrogen compounds were analyzed by collecting water samples from fish tank, 30 cm below surface. After, they were filtered in GF/F 0.7  $\mu\text{m}$  membrane and stored frozen at  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  until use (APHA 1995). Water analysis included total ammonia (Bolleter et al. (1961),  $\pm 0.03 \text{ mg L}^{-1}$ ), nitrite (Griess reaction, using APHA (1995) methodology, RSD 4%), nitrate (APHA, 1995, RSD 1.14%), read at 220 nm/270 nm in spectrophotometry Ionlab, PR, Brazil.

## 2.3 Fish growth performance

For growth and survival analysis, the tambaqui juveniles were counted, measured and weighed before being transferred to experimental tanks and 18 days after, when the study was concluded. A precision balance BEL  $\pm 1 \text{ mg}$  (SP, Brazil) was used. Weight gain was obtained by subtracting the final from the initial weight. Food utilization was calculated by dividing food consumption by weight gain after 18 days.

## 2.4 Vegetable performance

To evaluate cilantro performance, fresh mass, dry mass and length of the whole vegetable, leaf and root ( $n = 20$  per treatment) were verified 18 days after transplanting. Weights were acquired using a precision balance BEL  $\pm 0.1 \text{ mg}$  (SP, Brazil). In addition, the number of leaves was observed 18 days after sown. For dry mass analysis, plant, root and leaves were oven dried for 72 h at  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Chemical analyses were carried out on the five substrate mixtures, verifying nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), sodium (Na), aluminum (Al), calcium (Ca) and ion calcium (Ca<sup>+</sup>), pH (Table 1).

Table 1 –Chemical analysis of substrate mixture (dry matter)

Parameter	0%	25%	50%	75%	100%
N (%)	0,03	0,02	0,02	0,02	0,08
P (mg dm <sup>-3</sup> )	107	87	45	51	14
K(mg dm <sup>-3</sup> )	336	336	336	337	337
Na(mg dm <sup>-3</sup> )	107	85	64	41	28
Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,39	0,32	0,19	0,24	0,22
Ca(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,92	1,81	1,7	1,15	1,23
Ca <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,96	3,26	3,15	2,54	2,48



pH	5,45	5,75	6	5,95	6,11
(N) Nitrogen, (P) phosphorus, (K) potassium, (Na) sodium, (Al) aluminum, (Ca) calcium and (Ca <sup>+</sup> ) ioncalcium and pH					

### 2.4 Blood analysis

After 18 days, blood samples were collected from 10 fish. Before sampling, fish were starved for 24 h, anaesthetized (with 50 mg L<sup>-1</sup> of eugenol, Asfer, PA, Brazil) and 0.5 mL of blood was withdrawn from caudal vein. To prevent blood clotting, one drop of EDTA10%(Hemstab®, Brazil) was added in syringe. While an aliquot of blood was used to determine the hematocrit percentage by the microhematocrit method (de Paiva et al. 2013), another was destined for glucose with a digital glucometer Accu-Chek (SP, Brazil).

### 2.5 Statistical analysis

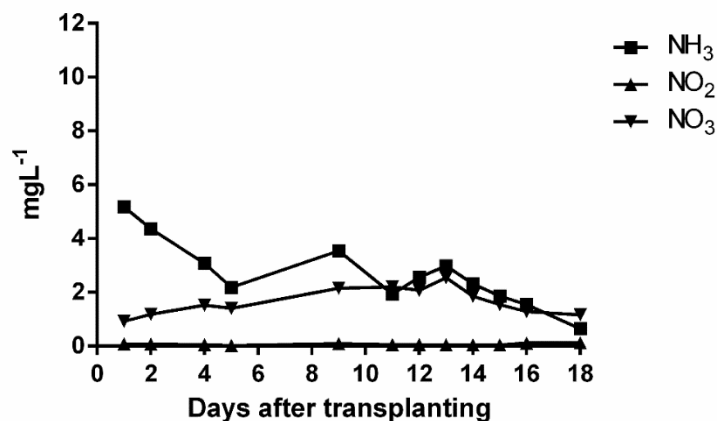
First, the data homoscedastic and normality were verified. While for parametric variables, one-way ANOVA and Tukey post hoc tests were used to verify significant differences ( $p < 0.05$ ), and for non-parametric results, Kruskal-Wallis and Dunn's post hoc test were used to explore significant differences ( $p < 0.05$ ). Graph Pad prism 6 was used to statistical analysis.

## 3 Results

### 3.1 Water and air analysis

After 18 experimental days, mean air temperature and humidity in greenhouse (mean  $\pm$  SD, 34.96 $\pm$ 2.09 °C and 77.42  $\pm$  2.18%, respectively) was higher than outdoor environment (28.72 $\pm$  1.58 and 54.03  $\pm$  7.14%, respectively), and water temperature was 28.01 $\pm$  0.54°C. The dissolved oxygen, pH and electrical conductivity of water showed mean and SD of 7.25  $\pm$  0.96 mgL<sup>-1</sup>, 7.10 $\pm$ 0.23 and 60.78  $\pm$  10.19  $\mu$ S/cm, respectively.

Considering nitrogen compounds, while total ammonia showed a slight reduction during experimental period, from 5.17 mg L<sup>-1</sup> to 0.64 mg L<sup>-1</sup>, nitrite and nitrate were stable, near 1 mg L<sup>-1</sup> and 0.01 mg L<sup>-1</sup>, respectively (Figure 2).



**Figure 2** - Nitrogen compounds levels during experimental period of 18 days. Total ammonia (NH<sub>3</sub>), nitrite (NO<sub>2</sub>) and nitrate (NO<sub>3</sub>).

### 3.2 Vegetal performance

The increasing mixture of açai offal with coconut fiber affected cilantro growth (Table 2). The total fresh mass and fresh leaf mass decreased with any açai offal mixture and root fresh mass when included more than 25% ( $p < 0.05$ ). Nevertheless, the dry mass parameters were not significantly different, except by root that decreased at 100%.

In a broad sense, cilantro root and leaf length, as well as leaf number and stem base diameter ( $p < 0.05$ ) decreased significantly with more than 25% of açai offal inclusion.

**Table 2-** Cilantro growth parameters in aquaponic system after 18 days-experiment.

Parameters	0%	25%	50%	75%	100%
<b>FLM(g)</b>	2.22±0.29 a	1.48 ±0.25 b	0.69±0.2 c	1.01±0.16 c	0.98±0.08 c
<b>FRM(g)</b>	1.06±0.17 a	0.96±0.18 a	0.43±0.11 b	0.63±0.13 b	0.69±0.09 b
<b>TFM (g)</b>	3.29±0.46 a	2.44±0.40 b	1.12±0.30 c	1.64±0.28 c	1.67±0.17 c
<b>DLM(g)</b>	0.10±0.02 a	0.19±0.11 a	0.21±0.12 a	0.21±0.12 a	0.16±0.09 a
<b>DRM(g)</b>	0.07±0.04 ab	0.08±0.04 ab	0.09±0.05 a	0.10±0.05 a	0.05±0.03 b
<b>TDM(g)</b>	0.17±0.04 a	0.26±0.16 a	0.30±0.18 a	0.31±0.18 a	0.21±0.12 a
<b>NL</b>	3.10±0.1 a	3.0±0.0 a	2.07±0.15 b	2.03±0.06 b	2.0±0.0 b
<b>TL(cm)</b>	26.07±1.01 ab	27.13±0.55 a	19.13±1.46 d	20.63±2.07 cd	23.45±0.59 bc
<b>LL(cm)</b>	12.81±0.49 a	11.60±0.56 a	8.28±0.86 b	8.40±0.80 b	9.07±0.41 b
<b>RL(cm)</b>	13.25±0.82 abc	15.53±0.03 a	10.86±0.74 c	12.23±1.51 bc	14.38±0.35 ab
<b>SBD</b>	0.10±0.01 a	0.10±0.0 a	0.08±0.0 b	0.07±0.01 c	0.06±0.01 c

Results are shown as mean ± SD (n=20) ( $p < 0.05$ ); FLM = Fresh leaf mass; FRM= fresh root mass; TFM= Total fresh mass; DLM= Dry leaf mass; DRM = Dry root mass; MST= Total dry mass; NL= Number of leaves; LL= Leaf length; TL= Total length; RL= Root length; SBD= Stem base diameter;

### 3.3 Fish growth performance

No fish mortality and diseases were observed during experiment. After 18 days, tambaqui mean weight was  $113.14 \pm 67.74$  g, a weight gain of 98.72g, which resulted in a final density of  $7.89 \text{ kgm}^{-3}$  (Table 2). Mean blood glucose was  $59.5 \pm 10.06 \text{ mg dL}^{-1}$  and hematocrit  $30.20 \pm 5.99\%$ .

**Table 2.** Tambaqui growth performance in aquaponic system after 18-experiment days.

<b>Growth parameters</b>	<b>Value</b>
Survival (%)	100
Inicial weight (g)	$113.14 \pm 67.74$
Final weight (g)	$211.44 \pm 56.94$
Inicial length (cm)	$17.95 \pm 3.29$
Final length (cm)	$23.59 \pm 2.20$
Weight gain (g)	98.72
Feed conversion ratio	1.19
Final Biomass ( $\text{Kgm}^{-3}$ )	7.89
<b>Blood parameters</b>	
Glucose ( $\text{mg dL}^{-1}$ )	$59.5 \pm 10.06$
Hematocrit (%)	$30.20 \pm 5.99$

#### 4 Discussion

The ideal nursery growth media depends on adopted culture system and choice can affect seedling growth and quality (Heiskanen 1993; Unal 2013; Pandiyaraj 2017), since some substrates do not provide a suitable environment with enough water, oxygen, nutrients and physical support to early plant development (Pascual et al. 2018). Corroborating, in this study the mixture of açai offal affected cilantro seedling development cultivated in aquaponic system.

##### 4.1 Water and air quality

Cilantro is a vegetable that requires high temperature to achieve optimum growth, above  $24 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (Mortensen 2014). The air and water temperature in this study were maintained high during all the experiment. The other water parameters were also at acceptable range, normally found in aquaponic system. A neutral to slight acid water, close to 7, is normally adopted to increase plant performance, and no threat fish osmotic and acid-base balance and dissolved oxygen above  $5 \text{ mg L}^{-1}$  is recommended (Rakocy 2007; Tidwell 2012)

Nitrogen nutrients in aquaponic water are mainly available at organic form, therefore not detected by electric conductivity meter. The ammonia and nitrate absorbed by the roots (Lennard and Goddek 2019) were detected in water tank at low level, secure to not affect fish health, below 3 mg L<sup>-1</sup>total ammonia, 1 mg L<sup>-1</sup>, nitrite and 150-300 mg L<sup>-1</sup>nitrate), but enough to nourish plant requirement (Rakocy 2007; Eck et al. 2019).

#### **4.2 Vegetal performance**

Seedlings most often fail due to lack of adequate water long enough for the seedlings to become established. In aquaponic deep water technique water flows continuously to plants, carrying nutrients from fish tank. At nursery phase, it is possible to use a range of growing substrates that establish the first environment. Coconut fiber is increasingly used for seedling production in soilless culture (Pascual et al. 2018), but açai offal has never been tested in aquaponic system. In this study, the majority of cilantro growth parameters decreased when more than 25% was mixed. Previous studies on conventional production also showed negative effects with the inclusion of açai residues in to substrate to brassica seedling production (Elacher et al. 2014). However, if processed (Erlacher et al. 2017) or mixed with other composites (Torres et al. 2021), açai residue can be added at higher ratios without declines seedling growth, an issue that remains to be elucidated in aquaponic system.

Possibly, cilantro growth was affected at high açai offal mixture because of its physical and chemical properties. The substrate tension, gas diffusivity and unsaturated hydraulic conductivity has a direct effect on availability of water, oxygen and nutrients to plant roots. For sub irrigated crops, as adopted in this experiment, the suitability of the substrate in allowing capillary rise is very important for an appropriate distribution of nutrient solution in the growing media. In addition, substrate pH plays a key role in vegetable nutrition, since it determines the nutrient availability (El-Kazzaz and El-Kazzaz 2017; Savvas and Gruda 2018; Raviv et al. 2019). Further studies should be carried out on açai offal chemical, physical and biological properties to define the best strategy in aquaponic system.

### 4.3 Fish performance

After 18 days, no mortality and high growth of tambaqui were observed, which corroborates to others studies in recirculating aquaculture system (Assis et al. 2020; e Silva et al. 2021), confirming the potential to be cultivated in aquaponic system (Pinho et al. 2021). Low feed conversion ratio of 1.19 indicates good assimilation at closed culture.

Fish blood parameters are broadly used as a health biomarker in aquaculture production and are important to monitor the physiological status (de Paiva et al. 2013; Fazio 2019). In this study, glucose and hematocrit were at similar level to previous recirculating aquaculture studies, from  $57.03 \pm 10.17$  mg dL<sup>-1</sup> and  $24.00 \pm 1.41\%$  (Santos et al. 2021), which indicates “normal” captivity conditions.

Concluding, tambaqui growth and blood analysis showed high fish growth performance, and water quality acceptable for fish and plant development. Cilantro seedling performance indicates açai offal mixture over 25% should be avoided, but more studies on processed substrate are necessary to allow higher inclusion in aquaponic system.

### Acknowledgments

This study was supported by CAPES, the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, project PROCAD-Amazônia.

### References

- APHA (1995) Standard methods for the examination of water and wastewater. In: Standard methods for the examination of water and wastewater. p 1000
- Arruda J de CB, Fonseca LAB da, Pinto LCP, et al (2018) Açai seed bran in the feed of slow-growth broilers. *Acta Amaz* 48:298–303
- Assis YPAS, de Assis Porto L, de Melo NFAC, et al (2020) Feed restriction as a feeding management strategy in *Colossoma macropomum* juveniles under recirculating aquaculture system (RAS). *Aquaculture* 529:735689
- Barbosa A de M, Rebelo VSM, Martorano LG, Giacon VM (2019) Caracterização de partículas de açai visando seu potencial uso na construção civil. *Matéria* (Rio Janeiro) 24:
- Bentes E dos S, Homma AKO, dos Santos CAN (2017) Exportações de polpa de açai do

estado do Pará: situação atual e perspectivas. In: Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E ...

- Bolleter WT, Bushman CJ, Tidwell PW (1961) Spectrophotometric determination of ammonia as indophenol. *Anal Chem* 33:592–594
- da Silva AO, de Lima Mera WYW, Santos DCR, et al (2020) Estudo da produção de açaí (*Euterpe oleracea* Mart): aspectos econômicos e produtivos baseados nos anos de 2015 a 2017. *Brazilian J Dev* 6:1629–1641
- de Paiva MJTR, de Pádua SB, Tavares-Dias M, Egami MI (2013) Métodos para análise hematológica em peixes. Editora da Universidade Estadual de Maringá-EDUEM
- de Souza LKC, Gonçalves AAS, Queiroz LS, et al (2020) Utilization of acai stone biomass for the sustainable production of nanoporous carbon for CO<sub>2</sub> capture. *Sustain Mater Technol* 25:e00168
- dos Santos Silva S, da Silva GF, de Freitas Castro D (2017) Utilização de fibras do mesocarpo e caroço do açaí como componente de misturas de areia asfalto para a pavimentação na cidade de Manaus/AM. *J Eng Exact Sci* 3:627–633
- e Silva W de S, Ferreira AL, do Carmo Neves L, et al (2021) Effects of stocking density on survival, growth and stress resistance of juvenile tambaqui (*Colossoma macropomum*) reared in a recirculating aquaculture system (RAS). *Aquac Int* 29:609–621
- Eck M, Körner O, Jijakli MH (2019) Nutrient Cycling in Aquaponics Systems. In: *Aquaponics Food Production Systems*
- El-Kazzaz KA, El-Kazzaz AA (2017) Soilless agriculture a new and advanced method for agriculture development: an introduction. *Agri Res Tech* 3:63–72
- Elacher W, Oliveira FL, Silva DM, et al (2014) Caroço de açaí triturado fresco na formulação de substrato para a produção de mudas de hortaliças brássicas. *Enciclopédia Biosf* 10:
- Erlacher WA, de Oliveira FL, da Silva DMN, et al (2017) Estratégias de uso de caroço de açaí para formulação de substratos na produção de mudas de hortaliças. *Magistra* 28:119–130
- Fazio F (2019) Fish hematology analysis as an important tool of aquaculture: a review. *Aquaculture* 500:237–242
- Goddek S, Joysse Al, Kotzen B, Burnell GM (2019) *Aquaponic food production systems*. Springer, Switzerland
- Heiskanen J (1993) Favourable water and aeration conditions for growth media used in containerized tree seedling production: A review. *Scand J For Res* 8:337–358
- Lennard W, Goddek S (2019) *Aquaponics: the basics*. *Aquaponics food Prod Syst* 113

- Martins LS, Silva NGS, Claro AM, et al (2021) Insight on açai seed biomass economy and waste cooking oil: Eco-sorbent castor oil-based. *J Environ Manage* 293:112803
- Mortensen LM (2014) The Effect of Air Temperature on Growth of Eight Herb Species. *Am J Plant Sci* 05: <https://doi.org/10.4236/ajps.2014.511168>
- Nelson CJ, Larson KL (1984) Seedling growth. *Physiol basis Crop growth Dev* 93–129
- Pandiyaraj P (2017) Modern nursery raising systems in vegetables. *Int J Agric Sci* ISSN 975–3710
- Pascual JA, Ceglie F, Tuzel Y, et al (2018) Organic substrate for transplant production in organic nurseries. A review. *Agron Sustain Dev* 38:1–23
- Pinho SM, David LH, Garcia F, et al (2021) South American fish species suitable for aquaponics: a review. *Aquac Int* 1–23
- Rakocy J (2007) Ten guidelines for aquaponic systems. *Aquaponics J* 46:14–17
- Raviv M, Lieth JH, Bar-Tal A (2019) Soilless culture: Theory and practice
- Santos FAC, Boaventura TP, da Costa Julio GS, et al (2021) Growth performance and physiological parameters of *Colossoma macropomum* in a recirculating aquaculture system (RAS): Importance of stocking density and classification. *Aquaculture* 534:736274
- Savvas D, Gruda N (2018) Application of soilless culture technologies in the modern greenhouse industry—A review. *Eur J Hortic Sci* 83:280–293
- Souza JO, Camilloto GP, Cruz RS (2020) Biscoitos tipo amanteigado incorporado com farinha de caroço de açai. *Brazilian J Dev* 6:81331–81340
- Tidwell JH (2012) *Aquaculture production systems*. Wiley Online Library
- Torres LM, Soares LFA, Azevedo SD, et al (2021) Caroço de açai triturado in natura no desenvolvimento de mudas de Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby). *Rev Ibero-Americana Ciências Ambient* 12:68–76
- Unal M (2013) Effect of organic media on growth of vegetable seedlings. *Pakistan J Agric Sci* 50:

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de aquaponia destacam-se pelas possibilidades de integrar diferentes tecnologias e organismos para a produção de peixe e hortaliças, neste contexto os resultados obtidos desta pesquisa tornam-se relevante uma vez que foram obtidos inovações tecnológicas no processo e produção dos elementos do sistema que são importantes para a região: O cultivar coentro, que tem mercado ao longo do ano inteiro, e cujo o cultivo foi demonstrado em aquaponia, em ambiente protegido. O Tambaqui, que teve desempenho zootécnico satisfatório neste processo produtivo e a utilização de um resíduo de potencial risco ambiental.

O sistema de aquaponia com tambaqui para produção se mostrou viável tecnicamente para o desenvolvimento de ambos e apresentasse como alternativa tecnológica sustentável e diminui o impacto de lançamento de resíduos e efluentes para o meio ambiente.