

**VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMA DE AQUAPONIA, NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS, PARANÁ**

**GABRIELLI DO CARMO MARTINELLI**

**GREICI JOANA PARISOTO**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS

**ELUARDO DE OLIVEIRA MARQUES**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS

**LETICIA DE OLIVEIRA**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS

# VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMA DE AQUAPONIA, NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS, PARANÁ

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas intensificou-se a preocupação por parte da sociedade em relação a um possível desabastecimento de alimentos, ressaltando o desafio em atender a segurança alimentar e nutricional das gerações presentes e futuras. Segundo a Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018) estima-se que uma a cada nove pessoas no mundo sofre com a desnutrição, o que representou um total de 821 milhões de pessoas, considerando o ano de 2017 como referência.

Além disso, as projeções populacionais evidenciam um crescimento ascendente para os próximos anos, o que conseqüentemente, em geral, deve aumentar a demanda por alimentos (HUNTER *et al.*, 2017). Já que, estão previstas em 2030 cerca de 8,6 bilhões de pessoas, podendo em 2100 atingir 11,2 bilhões de indivíduos (UNITED NATIONS, 2017).

Dessa forma a Organização das Nações Unidas (ONU) por meio dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propõem 17 metas para transformar o mundo, sendo que o segundo desafio corresponde a utilização de sistemas sustentáveis como uma nova alternativa para a produção de alimentos, cujo intuito é aumentar os rendimentos sem impactos ambientais negativos, ocupando a atual área agrícola (ANDRES E BHULLAR, 2016).

Em geral, o aumento na produção e consumo de peixe e vegetais pode ser uma maneira de melhorar a sustentabilidade dos sistemas alimentares (Konig *et al.*, 2018). Nesse contexto surge a aquaponia, que é derivada da junção de duas outras atividades que podem ser realizadas separadamente, a piscicultura e a hidroponia. O termo “aquaponia” surgiu a partir da combinação entre os termos “aquicultura” (produção de organismos aquáticos) e “hidroponia” (produção de plantas sem solo). A terminologia pode ser utilizada para classificar a junção de diferentes espécies de organismos aquáticos e hidropônicos em um mesmo sistema, sendo caracterizado como sistema fechado (EMBRAPA, 2015; RAKOCY *et al.*, 2006).

Ainda Konig *et al.*, (2018); Junge *et al.*, (2017) reiteram que a aquaponia pode ser compreendida como uma atividade sustentável, se praticada com esse objetivo, com custo de investimento relativamente baixo e produtividade elevada, além da capacidade em ampliar a produção mundial de alimentos de forma significativa, contribuindo, assim, para a maior segurança alimentar no mundo. Visto que, o modelo predominante de agricultura, baseado na monocultura e cultivos em grandes áreas, com uso intensivo de insumos externos às propriedades, é responsável por causar diversos impactos negativos, como o uso excessivo de agrotóxicos, o comprometimento da biodiversidade e a retirada de biomassa, além de contribuir com o aumento dos Gases de Efeito Estufa - GEE (MARTINELLI *et al.*, 2010; DELONGE *et al.*, 2016).

Ao mesmo tempo que o sistema aquaponico promove a segurança alimentar, também torna mais eficiente o uso de recursos não renováveis, além de evitar a exploração do solo (TYSON *et al.*, 2011). Sendo que as interações entre os aspectos biológicos deste tipo de sistema agrícola, possibilita ao produtor rural tomar decisões mais eficientes com relação à composição da dieta, taxas de alimentação, tempo de colheita e liberação de nutrientes (ZOU *et al.*, 2016; QUAGRAINIE *et al.*, 2017). No entanto, a atividade em implantar sistemas aquaponicos não se limita apenas aos benefícios ambientais, pois para o pequeno produtor rural a lucratividade é o principal indicador para um investimento.

Logo, a nível internacional diversos estudos como os de Tokunaga *et al.*, (2015) no Haváí, Love *et al.*, (2015); Quagrainie *et al.*, (2017) nos Estados Unidos, Fang *et al.*, (2017) na China têm surgido para avaliar o desempenho econômico de sistemas aquaponicos. Já no Brasil estudos sobre viabilidade econômica ainda são escassos Castilho-Barros *et al.*, (2018), o

que pode gerar um impeditivo para a adoção por novos produtores. Embora, nos quatro estudos a viabilidade dos sistemas terem sido positiva, ainda se verifica que independentemente de serem sistemas aquaponicos implantados no Brasil ou em qualquer lugar do mundo, um dos fatores que influenciam no lucro do produtor é a dimensão do sistema, pois grandes sistemas necessitam de maiores níveis tecnológicos para manter o manejo e a produtividade equilibrada, exigindo maior desembolso inicial.

Pensando nisso, se optou por mensurar a viabilidade econômica de um sistema aquaponico de pequena escala, exclusivamente para agricultores familiares, através de um estudo de caso no município de São José dos Pinhais – Região metropolitana de Curitiba. Ainda, realizou-se a proposição de dois cenários alternativos. Espera-se que a avaliação do investimento forneça informações úteis aos setores privados (por exemplo, agricultores) e públicos, considerando os formuladores de políticas públicas.

Este trabalho está dividido em três seções além desta parte introdutória. A seção dois apresenta a revisão bibliográfica com destaque para aquaponia. Nas seções 3 e 4 são definidos os procedimentos metodológicos e resultados e discussão, respectivamente. Por fim, apresenta-se as considerações finais e as referências que embasaram o estudo.

## **2. ELEMENTOS TEÓRICOS DA PESQUISA**

### **2.1 Aquaponia**

Nos últimos anos, os hábitos de consumo por alimentos estão sendo alterados, tanto em países desenvolvidos quanto em desenvolvimento. Principalmente, em países de economia emergente do leste e oeste da Ásia, norte da África e América Latina, o aumento do poder aquisitivo elevou o nível do consumo e a maior demanda por alimentos processados, como: carne, laticínios e peixes (Godfray et al., 2010).

De acordo com a FAO (2018) em termos per capita, o consumo mundial de peixe deverá atingir 21,5 kg em 2030, acima dos 20,3 kg em 2016. Além disso, espera-se ainda maiores taxas de crescimento para a América Latina (+18%) e para a Ásia e Oceania (+8% cada). Neste cenário o Brasil, desempenha um papel importante na produção de alimentos, sendo o terceiro maior produtor mundial de frutas e hortaliças com cerca de 45 milhões de toneladas ao ano, em que o agricultor familiar é responsável por produzir 50% desse total (EMBRAPA, 2018). Já para a produção de peixe, o país se destaca com a quarta posição, tanto é, que em 2017 produziu aproximadamente 692 mil toneladas (ANUÁRIO, 2018).

Diante disso, a produção de peixe em cultivo controlado, independentemente de ser em água salgada ou doce tem se tornado cada vez mais frequente para satisfazer o mercado consumidor. Isso porque além das tendências de aumento da demanda, espera-se ainda diminuir a pressão sobre os ecossistemas aquáticos naturais, afim de preservar as populações de peixes e outros animais aquáticos. Já para Bostock et al., (2010), o aumento de cultivos de peixes pode gerar pressão nas fontes naturais de água, uma vez que, se executada de forma incorreta a utilização da água, descarte ou ciclagem dos resíduos gerados, pode levar a certo nível de degradação ambiental.

Tradicionalmente, a aquicultura é uma atividade conduzida em viveiros escavados de grandes dimensões, acima de 1.000 m<sup>2</sup>. Porém, nas últimas três décadas houve avanços significativos na aquicultura realizada em sistemas de recirculação, possibilitando à obtenção de produtividade muito superior aquelas observadas nos sistemas tradicionais (LOSORDO & WESTERMAN, 2007).

Dentro desse sistema, têm se destacado algumas espécies de peixes como a tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), bagre-do-canal (*Ictalurus punctatus*), bacalhau australiano (*Maccullochella pealii*), tambaqui (*Colossoma macropomum*), truta-arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) e pacu (*Piaractus mesopotamicus*), com ênfase para a primeira espécie citada, devido

a adequada adaptabilidade as características específicas do sistema. Já com relação ao componente hidropônico do sistema, as hortaliças comumente utilizadas são alface (*Lactuca sativa*), além disso tubérculos como beterraba (*Beta vulgaris*) e cenoura (*Daucus carota*) também são cultivados em aquaponias.

A literatura brasileira ainda é escassa no que se refere a aquaponia, com apenas algumas publicações recentes (ABREU, 2012; HUNDLEY e NAVARRO, 2013; JORDAN, et al., 2013; SILVA et al., 2013; BRAZ FILHO, 2014). No país, as ações da EMBRAPA têm sido importantes para os avanços técnicos e científicos sobre esse sistema, implantado no início de 2014, o Laboratório de Pesquisa em Aquaponia (LAPAq), pertencente a Embrapa Tabuleiros Costeiros, em Aracaju - SE.

A aquaponia pode ser considerada uma tecnologia alternativa para a produção de vegetais e peixes em um mesmo espaço, diminuindo a incidência de produtos químicos e, conseqüentemente, com maior potencial em atingir consumidores de produtos orgânicos. A diversificação de atividades no meio rural, pode-se configurar ainda, como alternativa para incrementar a renda dos produtores familiares (Machado *et al.*, 2011), visto que, à diversidade na produção diminui os riscos associados a perdas produtivas, quando comparada com uma única atividade.

Outra variável importante a ser considerada para justificar o estudo de sistemas de aquaponia é a preconização que ela faz da reutilização total da água (RAKOCY, LOSORDO E MASSER, 2006), evitando seu desperdício e diminuindo drasticamente, ou até eliminando, a liberação do efluente no meio ambiente (HUNDLEY et al., 2013), além disso, o volume de água necessário para um sistema de aquaponia é muito baixo se comparado aos sistemas tradicionais de agricultura e aquicultura (TYSON, TREADWELL E SIMONNE, 2011).

Estudos que mensuram a viabilidade econômica em sistemas de Aquaponia ainda são incipientes. Esse tipo de produção pode contribuir com a segurança alimentar do mundo, tanto é, que nas Filipinas adotam-se a aquaponia não só para o cultivo de hortaliças e peixes, mas também incluem frutas na produção, como o tomate. Apesar da inserção de frutas, o sistema ainda foi viável, com VPL estimado de 1,13 milhões de Peso Philippine (PHP) para a vida útil de 20 anos (BOSMA *et al.*, 2017). Assim como em Bangladesh, o tomate também foi integrado ao sistema (SALAM *et al.*, 2014). Além de ser uma produção lucrativa, a aquaponia é considerada uma prática sustentável, ainda que exercida em pequena escala, como no Hawái (TOKUNAGA *et al.*, 2015).

Enquanto que nos Estados Unidos um estudo foi elaborado para verificar os canais de comercialização dos produtos provenientes de sistemas aquaponicos, ao entrevistar 257 produtores rurais observou-se que a tilápia é a espécie aquática mais comercializada. Quanto aos métodos utilizados para esse tipo de produção são diversificados. Entre os produtores comerciais a ordem de classificação dos métodos mais utilizados foram: jangada flutuante (77%), leito de mídia (76%), técnica de filme de nutrientes (NFT) (29%), torres verticais (29%), camas absorventes (6%) e baldes holandeses (5%) (LOVE *et al.*, 2015).

No Quadro 1, pode-se observar as principais abordagens realizadas nos estudos relacionados aos sistemas de aquaponia. Por ser um sistema integrado, nota-se uma diversidade de benefícios ao adotá-lo, no entanto, predominam-se estudos sob a abordagem ambiental, limitando os tomadores de decisão, sejam esses produtores ou órgãos governamentais em investir neste tipo de sistema.

**Quadro 1.** Estudos realizados sobre os sistemas de aquaponia.

<b>Título</b>	<b>Foco da Análise</b>	<b>Revista</b>	<b>Autor</b>
Evaluación de un sistema experimental de acuaponia	Técnico	Avances en investigación agropecuária	García-Ulloa et al., (2005)

A comparison of three different hydroponic sub-systems (gravel bed, floating and nutrient film technique) in an Aquaponic test system.	Técnico	Aquaculture International	Lenard e Leonard (2006)
Aquaponics - Integration of hydroponics with aquaculture	Técnico	National Sustainable Agriculture Information Service	Diver (2006)
Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics - Integrating fish and plant culture.	Técnico	Southern Regional Aquaculture Center	Rakocy, Losordo, e Masser (2006)
Ten aquaponic systems around the world.	Técnico-Descritivo	Aquaponics Journal	Nelson (2007)
An analysis of biological, economic, and engineering factors affecting the cost of fish production in recirculating aquaculture systems.	Econômico	Journal of the World Aquaculture Society	Losordo e Westerman (2007)
Impacto das atividades de aquicultura e sistemas de tratamento de efluentes com macrófitas aquáticas – relato de caso.	Ambiental	Boletim do Instituto de Pesca	Henry-Silva e Camargo (2008)
Aquaponic systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production	Ambiental e Econômico	Desalination	Graber e Junge (2009)
Opportunities and Challenges to Sustainability in Aquaponic Systems	Sustentabilidade	HortTechnology	Tyson, Treadwell, Simonne (2011)
Effects of foliar spray of different Fe sources on pepper ( <i>Capsicum annum</i> L.) plants in aquaponic system.	Técnico	Scientia Horticulturae	Roosta e Mohsenian (2012)
Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes.	Ambiental	Embrapa Meio Ambiente	Silva, Losekann e Hisano (2013)
Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes.	Ambiental	Documentos Embrapa	Silva, Losekan e Hisano (2013)
Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do nilo para o crescimento de manjerona ( <i>Origanum majorana</i> ) e manjericão ( <i>Origanum basilicum</i> ) em sistemas de aquaponia.	Econômico	Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável	Hundley et al, (2013)
Feasibility of tomato production in aquaponic system using different substrates	Econômico	Progressive Agriculture	Salam et al., (2014)
Challenges of sustainable and commercial aquaponics	Ambiental e Econômico	Sustainability	Goddek et al., (2015)
Economics of Small-scale Commercial Aquaponics in Hawai'i	Econômico	Journal of the World Aquaculture Society	Tokunaga et al., (2015)
The financial feasibility of producing fish and vegetables through aquaponics	Econômico	Aquacultural Engineering	Bosma et al., (2017)

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Conforme apresentado no Quadro 1, verifica-se que somente sete estudos avaliam o aspecto econômico dos sistemas aquaponicos. Losordo e Westerman (2007) analisou sistemas aquaponicos na Carolina do Norte, em que auferiu os custos de produção, no entanto, não consideram análises de risco e sensibilidade. Já Graber e Junge (2009) verificaram a viabilidade em cultivar peixes, tubérculos e hortaliças na África, ao passo que Hundley et al, (2013) fez

uma avaliação para mensurar tanto o desempenho ambiental quanto o econômico da aquaponia no Brasil, utilizando o manjerição e a tilápia como forma integrada no sistema.

Enquanto Salam et al., (2014); Tokunaga et al., (2015) e Bosma et al., (2017), utilizam as técnicas de avaliação de investimento como o Valor Presente Líquido e a Taxa Interna de Retorno para determinar a rentabilidade de investir ou não na produção aquaponica. Em oposição, Goddek et al., (2015) executou apenas uma revisão de literatura sobre a temática. Logo, observa-se ausência de estudos que mensurem a viabilidade econômica dessa prática agrícola no Brasil, principalmente que utilizem indicadores financeiros e considerem o risco do investimento.

### **3. ELEMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA**

Para a realização deste estudo foi utilizado o método quali-quantitativo. Afim de analisar a viabilidade econômico-financeira de um sistema aquaponico para agricultores familiares, foram utilizadas as técnicas de investimento Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE), *Payback* atualizado, Índice de Lucratividade (IL), Taxa Interna de Retorno Modificada (TIRM), Capital Asset Price Model (CAPM) e análise de risco, com base em dados primários e secundários. A escolha por esses sistemas voltados para agricultores familiares ocorreu pelo potencial que a aquaponia tem de, ao integrar diferentes atividades, gerar renda diversificada e de forma constante, além de garantir também produtos para a subsistência das famílias.

#### **3.1 Descrição da área de estudo**

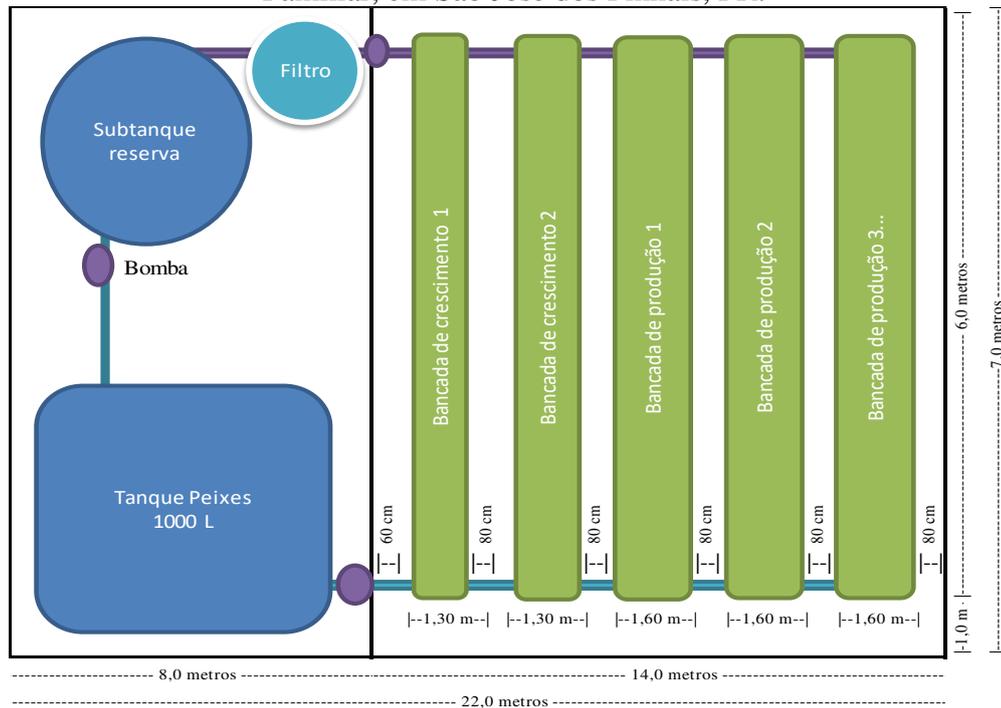
Neste estudo será modelado um sistema aquaponico para agricultores familiares do município de São José dos Pinhais, localizado na Região Metropolitana de Curitiba – Paraná. A área metropolitana de Curitiba compreende 26 municípios. A população do município está estimada em 317.476 mil habitantes para o ano de 2018, tornando-se o 6<sup>a</sup> mais populosa da Região Metropolitana, com densidade demográfica de 279,16 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2018). A classificação de Köppen para o clima da região é *Cfb* (clima subtropical nas terras altas), com terreno plano e áreas alagadas que contribui para o inverno ameno e úmido, a cidade fica em uma zona temperada.

#### **3.2 Caracterização do Sistema de Aquaponia**

A área destinada à implantação do sistema é de 154m<sup>2</sup>, sendo 56 m<sup>2</sup> destinados aos tanques para criação dos peixes e 98 m<sup>2</sup> destinados ao cultivo hidropônico de hortaliças, conforme ilustrado na Figura 2. Inicialmente serão utilizadas folhosas como alface, agrião, rúcula e radiche, pois essas plantas são menos exigentes para o cultivo, possuem ciclo curto, poucos problemas sanitários e nutricionais, além de alta demanda e mercado estável. Nesse projeto de aquaponia, desde que seja adaptada a infra-estrutura, as folhosas podem ser substituídas por outras espécies vegetais de médio e pequeno porte, como tomate, beterraba, morango, pimentão. A mudança irá depender da aptidão do produtor e da identificação de demanda para esses produtos no mercado, mas para fins desse projeto assumiremos apenas o cultivo de folhosas.

Os valores técnicos considerados para a produção de peixes no estudo econômico foram: a) ciclo de produção: 180 dias (SOMERVILLE et al., 2014); b) densidade: 20kg/m<sup>3</sup> (tanques de até 1000 L) (SOMERVILLE et al., 2014); c) produtividade: 33,3 kg/mês (tanques de até 1000 L) (CARNEIRO, 2015); d) taxa de mortalidade: 10% (tanques de até 1000L); e) taxa de conversão alimentar: 1:1,5 (tanques 1000L); f) peso médio de venda: 500g/unidade (SOMERVILLE et al., 2014); e g) preço médio de venda: R\$ 5,50/kg de tilápia (HEIN & BRIANESE, 2004).

**Figura 2.** Croqui do Sistema de Aquaponia proposto para propriedade de Agricultura Familiar, em São José dos Pinhais, PR.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A produtividade esperada para a produção de peixes é de 100kg em um prazo de 180 dias. Alguns fatores como as condições climáticas podem interferir sensivelmente na velocidade do crescimento, além disso a obtenção deste lote médio está condicionada ainda a homogeneidade do lote, qualidade da ração, qualidade de água estável, temperatura da água entre 26-28° C (HEIN & BRIANESE, 2004).

Para a produção de hortaliças hidropônicas via Canaleta ou NFT (*Nutrient Film Technique*), serão utilizadas as seguintes informações: a) após a semeadura, as mudas são transplantadas entre 25 e 30 dias, com um ciclo de produção final de 50 dias da semeadura até a colheita (SOMERVILLE et al., 2014); b) a densidade de 24 plantas/canal (SOMERVILLE et al., 2014); c) produtividade: 1.028 plantas/mês (SOMERVILLE et al., 2014) ; d) preço médio de venda R\$ 0,68/unidade foi estimado com base em dados da Ceasa/PR, o detalhamento para obtenção está na seção fonte dos dados.

As mudas serão transplantadas para os canais de cultivo quando atingirem cerca de três folhas definitivas, com aproximadamente 30 dias de crescimento, sendo distribuídas nos canais com espaçamento de 0,25 m entre si. O tempo aproximado para o crescimento é de três semanas. Ao finalizar o primeiro ciclo têm se então três fases em produção simultânea de forma que, a cada 21 dias, de transplantadas será feita a colheita de 720 plantas, totalizando 1.028 plantas/mês. O cálculo da produtividade, se baseou no trabalho de Somerville et al. (2014), que indica que para cada m<sup>2</sup> de área produtiva são produzidas até 25 plantas de alface.

A proporção entre a quantidade de peixes e de plantas que irão compor o sistema de aquaponia pode ocorrer de variadas formas, mas sempre estará ligada a densidade dos peixes e o quanto de nutrientes podem fornecer às plantas. A relação pode ser calculada pela proporção entre o volume do tanque de criação de peixes e do ambiente hidropônico, variando entre 1:1 e 1:4 (Nelson, 2007; Rakocy et al.,1997), pela quantidade de ração ofertada aos peixes (Rakocy et al.,1997), pela proporção das biomassas produzidas, como em 1:7 kg, de peixe e hortaliças, respectivamente (Nelson, 2007).

### 3.3 Fonte dos dados

Para a mensuração dos componentes de custos e receita bruta de vendas foram utilizados dados primários e secundários. Os custos relativos ao investimento foram obtidos a partir de orçamentos em empresas especializadas no fornecimento dos produtos necessários para a infraestrutura, localizadas na região de estudo. Já os demais custos tiveram origens secundárias conforme estabelecido pela literatura. Para calcular as receitas utilizou-se a série histórica de preços dos últimos cinco anos (2013 a 2017) através de uma projeção dos preços utilizando a taxa geométrica com auxílio da regressão a média.

Os preços são oriundos de uma série histórica disponibilizados pelo Central de Abastecimento de Alimentos (CEASA) para a capital do estado do Paraná. Utilizou-se a projeção dos preços para deflacionar o valor desses, afim de tirar as sazonalidades do período em virtude da variabilidade dos preços das hortaliças (alface) ao longo dos períodos de tempo. Enquanto que a indisponibilidade de dados impossibilitou o mesmo feito para o preço da tilápia, sendo estimado a partir do contato via instituição governamental (Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos) referente a área de estudo.

A produtividade esperada foi baseada em documentos técnicos da Embrapa Tabuleiros Costeiros (CARNEIRO *et al.*, 2015). Posteriormente, considerou o tributo de 2,3% sobre a receita bruta de vendas referente ao Fundo de Assistência ao Trabalhador Rural – FUNRURAL, tendo como base de incidência desse tributo, a comercialização da produção rural. Ainda, considerou-se os tributos incidentes sobre a atividade rural, como o Imposto Territorial Rural - ITR, a Contribuição Sindical Rural - CSR e o Certificado de Cadastro do Imóvel Rural – CCIR, cujas alíquotas correspondem à 0,03% ao ano; 0,2% ao ano acrescido de R\$ 52,50 e R\$ 3,60 ao ano, todos esses valores correspondem ao ano-calendário de 2017. Já a depreciação foi calculada pela seguinte fórmula:

$$[(VN - VR)/VUh]. HsTr$$

Onde:

VN = Valor do bem novo

VR = Valor residual do bem

VUh = Vida útil do bem definida em horas

HsTr = Total de horas trabalhadas por hectare pelo bem.

Sendo essa fórmula retirada do Custos de Produção Agrícola: A metodologia da Conab (2010), considerando sempre a vida útil do projeto de 10 anos (CONAB, 2010).

Para calcular a alíquota do Imposto de Renda Pessoa Física (IRPF) considerou-se a tabela disponibilizada pela Receita Federal (ano-calendário de 2016 e exercício de 2017). Partindo-se da hipótese que o terreno estava preparado para a instalação do investimento não calculou se os custos referentes a preparo do solo, no entanto considerou o valor da terra (1 hectare), ou seja, assume-se que o agricultor familiar não possui 1 ha de terra.

Também, optou-se por simular a utilização de recursos captados junto a instituição de crédito oficial (Banco do Brasil S.A), do programa denominado crédito de investimentos – PRONAF MAIS ALIMENTOS, com taxa de juros de 2,5% ao ano. O Modelo de Precificação de Ativos Financeiros também conhecido como *Capital Asset Price Model* (CAPM) foi utilizado para encontrar o valor de 15% para a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) ou o Custo de Oportunidade (CO) ou ainda, o Custo do Capital Próprio (CCP) ou como denominado na literatura internacional, o *Cost of Equity* (Ke) do produtor rural, com um percentual de 9,0160% ao ano.

### 3.4 Indicadores de viabilidade econômica

Após a elaboração do fluxo de caixa utilizando o *Software* Microsoft Excel, foi realizada a análise econômica do Sistema de aquaponia utilizando seis instrumentos de avaliação que,

segundo Rezende & Oliveira (2013), são os mais conhecidos e utilizados para este tipo de análise, sendo:

#### a) Valor presente líquido (VPL)

Segundo Rezende & Oliveira (2013) o VPL de um projeto de investimento pode ser definido como a soma algébrica dos valores descontados do fluxo de caixa a ele associado, sendo sua equação descrita abaixo (1).

$$VPL = \sum_{i=0}^n \frac{(B_i - C_i)}{(1+j)^i} \quad (1)$$

Onde:

$B_i$  = Benefício no ano  $i$  (entradas);

$C_i$  = Custos no ano  $i$  (saídas);

$j$  = taxa de desconto;

$i$  = período (ano)

$n$  = número de períodos do projeto ( $i = 0, \dots, n$ ).

A viabilidade econômica do projeto analisado pelo método VPL é indicada pela diferença positiva entre receitas e custos, atualizados de acordo com determinada taxa de desconto. Quanto maior o VPL, mais atrativo será o projeto. Quando o VPL for negativo, o projeto será economicamente inviável.

#### b) Taxa interna de retorno (TIR)

De acordo com Rezende & Oliveira (2013) a Taxa Interna de Retorno (TIR) de um projeto é a taxa anual de retorno do capital investido, tendo a propriedade de ser a taxa de desconto que iguala o valor atual das receitas (futuras) ao valor atual dos custos (futuros) do projeto. Assim temos na equação (2):

$$TIR = j, \text{ tal que } \sum_{i=0}^n \frac{(B_i - C_i)}{(1+j)^i} = 0 \quad (2)$$

Onde:

$B_i$  = fluxo de benefício no ano  $i$  (entradas);

$C_i$  = fluxo de custos no ano  $i$  (saídas);

$j$  = taxa de desconto;

$i$  = período (ano);

$n$  = número de períodos do projeto ( $i=0, \dots, n$ ).

#### c) Taxa mínima de atratividade (TMA)

Ao pensar em investir em um determinado projeto, deve ser levado em conta que uma série de fatores pode influenciar para o sucesso ou fracasso do empreendimento. Dentre os fatores que devem ser considerados pode ser citada a taxa mínima de atratividade que é pode ser definida como a meta econômica mínima que se está disposto a aceitar pelo investimento. Essa taxa, representa o menor valor de retorno que o investidor considera viável para manter sua escolha de investir e determinado projeto (ASSAF NETO & LIMA, 2009).

O Modelo de Precificação de Ativos Financeiros também conhecido como *Capital Asset Price Model* (CAPM) será utilizado para estimar a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) ou o Custo de Oportunidade (CO) ou ainda, o Custo do Capital Próprio (CCP) ou como denominado na literatura internacional, o *Cost of Equity* ( $K_e$ ) do produtor rural. Este método possibilita por meio de uma relação linear entre o risco e o retorno dos projetos de investimento apurar-se, para cada nível de risco assumido, a taxa de retorno que premia este risco (PÓVOA, 2007).

#### c) Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE)

O Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE) é aplicado habitualmente em investimentos renováveis. Esse elemento serve para determinar uma série anual uniforme que representa o fluxo de caixa descontado a uma certa Taxa Mínima de Atratividade (TMA), na qual o cenário com maior desempenho, ou seja, com maior valor do VAUE, se torna o melhor (ROSS; WESTERFIELD; JORDAN, 1998), conforme exposto na equação (3).

$$VAUE = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \times \frac{i \times (1+i)^t}{(1+i)^{t-1}} \quad (3)$$

Onde:

FC<sub>t</sub> = fluxo de caixa do projeto;

i = taxa de desconto do projeto, representada pela rentabilidade mínima requerida;

n = tempo de vida do projeto.

#### d) *Payback* atualizado

A opção pelo *payback* atualizado é justificada pelo fato de que este indicador leva em conta o valor do dinheiro no tempo, ao contrário do período de *payback* simples. Pode ser definido pelo tempo de recuperação do capital investido, considerando-se os fluxos de caixa descontados em determinada taxa (MENDONÇA *et al.*, 2009). Consiste em calcular o período necessário para que o valor investido seja recuperado. Para usar esse critério como método para avaliação econômica é necessário determinar o tempo para que o investimento reponha os recursos nele aplicados. O projeto mais viável será aquele que devolver esse valor investido o mais rápido (REZENDE e OLIVEIRA, 2013), conforme exposto na equação (4).

$$Payback = \text{mínimo } \{j\} \sum_{k=1}^j \frac{FC_k}{(1 + TMA)^k} \geq FC_0 \quad (4)$$

#### e) O Índice de Lucratividade (IL)

O Índice de Lucratividade (IL) é deliberado pela divisão do valor presente dos benefícios líquidos de caixa pelo valor presente dos desembolsos de capital; em outras palavras, é o quociente do valor presente dos fluxos de entrada de caixa pelo valor presente dos fluxos de saída (ROSS, 1995; BRIGHAN; HOUSTON, 1999), conforme exposto na equação (5).

$$\frac{\text{Valor presente dos benefícios}}{\text{Valor presente dos desembolsos de caixa}} \quad (5)$$

#### f) Taxa Interna de Retorno Modificada (TIRM)

A Taxa Interna de Retorno Modificada (TIRM) é uma adaptação da Taxa Interna de Retorno (TIR) visando reparar, as limitações desta última, quais sejam, o pressuposto de que os fluxos de caixa positivos são reinvestidos a mesma TIR e em determinados projetos de investimento, poderão ser obtidas múltiplas taxas (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2010), conforme exposto na equação (6).

$$TIRM = \sum_{j=0}^n [Y_j / (1+i)^{n-j}] / \sum_{j=0}^n [C_j / (1+i)^j] = (1 + TIRM)^n \quad (6)$$

Onde:

Y<sub>j</sub> = Fluxo de caixa positivo no período j;

C<sub>j</sub> = Fluxo de caixa negativo no período j;

i = taxa de desconto do projeto, representada pela rentabilidade mínima requerida.

Após o levantamento de todos os dados para cálculo dos indicadores de viabilidade econômica, procedeu-se com as análises dos resultados para discussão e proposição de novas propostas de pesquisa.

#### **4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

O investimento inicial para implantação do sistema de aquaponia foi de R\$ 2.367,89. Esse investimento considera toda a parte de equipamentos necessários para implantação do sistema (bomba, baldes, container IBC/100 litros, entre outros). Deste total, os custos estruturais representaram a maior fatia, sendo R\$ 1.041,55. Observa-se que do total dos custos variáveis os gastos com mão de obra representam 75%, isso ocorre pela exigência de manejo minucioso neste tipo de sistema, que exige atenção diária e em turnos diferentes do dia para evitar possíveis perdas causadas por algum mal funcionamento do sistema ou alguma interferência externa. Por conta disso, foi considerada para cálculo da mão-de-obra, 3 horas diárias em todos os dias da semana (7 dias). Ao analisar um cultivo de alface hidropônica em Santa Catarina, Rover et al. (2014) também encontraram na variável mão-de-obra o maior impacto nos custos do projeto de investimento. A mão-de-obra requerida se refere a implantação, manejo diário e controle do ambiente de cultivo dos peixes e das hortaliças e outros tratamentos necessários a atividade.

Por se tratar de um projeto destinado a agricultores familiares a estrutura do investimento é adaptada para melhor atendê-los, ou seja, todos os equipamentos e utensílios utilizados devem ser de fácil obtenção e a preços mais acessíveis. A adequação dos sistemas sempre irá ocorrer de acordo com as características locais e o perfil do produtor. No trabalho desenvolvido por Celestrino & Vieira (2018), por exemplo, a estrutura era menor que a proposta nesse trabalho, o que acarretou em desembolso para o investimento menor (R\$ 1.920,79), com produção de 144 hortaliças por ciclo, enquanto que neste estudo por ciclo são produzidas 720 unidades.

Apesar das diferenças quanto ao tamanho da estrutura de cada sistema, as vantagens dessa produção são as mesmas. São priorizados recursos hídricos neste tipo de sistema, diminui o uso de fertilizantes, assim como, permite a produção em ambientes urbanos, aproximando os agentes externos, além disso, pode ser viável aos produtores de pequeno porte (HUNDLEY & NAVARRO, 2013).

A receita gerada pela venda dos peixes e das hortaliças foi de R\$10.593,14 tomando por base um preço de R\$ 0,68 para a alface e R\$ 5,50 para o peixe. De acordo com a Tabela 1, observou-se que os custos totais superaram as receitas da atividade em R\$ 1.352,40. Já o fluxo de caixa do produtor se mostrou inviável ao longo do horizonte analisado, totalizando um prejuízo de R\$ 13.248,25. Um dos fatores que interferem no resultado do Fluxo de Caixa do Produtor (FCP), são os encargos incidentes de forma geral sobre o projeto de investimento, como o Imposto de Renda, Imposto Territorial Rural, Contribuição Sindical Rural, Certificado de Cadastro do Imóvel Rural e a depreciação, que geralmente não são considerados nos trabalhos que analisam a viabilidade econômico-financeira em sistemas mais complexos.

O sistema de aquaponia proposto apresentou VPL negativo, portanto a viabilidade econômico-financeira não foi comprovada. Ressalta-se, que o valor da terra foi considerado no projeto, partindo da situação hipotética de que o produtor rural deveria adquirir 1 hectare de terra para instalar o sistema. Caso o agricultor familiar já seja proprietário, outros resultados financeiros serão encontrados. Para a TIR o resultado obtido foi de -12,39% ao ano, sendo ainda mais vantajosa que uma aplicação bancária (poupança); essa taxa posicionou-se inferior a taxa de juros do capital de terceiros PRONAF mais alimentos de 2,5% ao ano e também ao custo do capital próprio de 9,01% ao ano determinado para este estudo.

Ao aplicar as técnicas de avaliação econômico-financeira ao investimento proposto neste estudo, verificam-se os resultados apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Resultados da aplicação das técnicas de avaliação do investimento no sistema de aquaponia proposto no estudo em questão.

<b>Técnicas de investimento</b>	<b>Resultados</b>	<b>Unidade</b>
Valor Presente Líquido (VPL)	-R\$22.275,25	R\$ há ano
Taxa Interna de Retorno (TIR)	-12,39%	% a.a
Índice de Lucratividade (IL)	-R\$0,28	R\$
Payback atualizado (anos)	-35,39	Anos
Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE)	-R\$3.473,38	R\$ há ano
Taxa Interna de Retorno Modificada (MIR)	-8,25%	% a.a

Fonte: Elaborado pelos autores.

De acordo com Bruni e Famá (2012), uma TIR maior que a Taxa Mínima de Atratividade indica que o projeto deve ser aceito, pois a expectativa de ganhos é maior que o custo de capital de suas fontes de financiamento (seja patrimônio líquido ou de terceiros). O projeto de aquaponia acabou gerando uma TIR de -12,39%, em que o produtor não obteve retorno ao capital investido.

Quanto ao prazo de recuperação do investimento, o retorno só ocorreria a cerca de 35 anos. Este resultado se aplica ao desembolso do investimento inicial, relacionado a infraestrutura e terra, além dos custos totais. Um estudo feito para a cidade de Araucária, com o mesmo intuito desse, apresentou Payback simples de 3,3 anos o que contrasta com o valor calculado no presente trabalho, apontando, relativamente, para o rápido retorno do investimento (RIBEIRO, 2017). Ressalta-se que cada projeto possui características estruturais diferentes, o que sempre irá resultar em dificuldade de comparativos entre diferentes projetos.

Além disso, também se calculou o IL do projeto de investimento, cujo o valor foi de -R\$0,28, isto significa que para cada R\$ 1,00 real investido, o projeto gera prejuízo de R\$ 0,28 de fluxo de caixa. Considerando um projeto apenas com a atividade da piscicultura, Furlaneto *et al.* (2006) encontraram um índice de Lucratividade de 10% para produção de tilápias em tanques-rede de 6 m<sup>3</sup>. E, por fim, os valores encontrados no VAUE e MIR para o investimento em questão foi de -R\$3.473,38 e -8,25% ao ano, respectivamente, apontando também para inviabilidade do projeto.

Pode-se observar que os resultados dos indicadores econômicos apontam para que o investidor opte por não investir no projeto de aquaponia. É importante deixar claro, que esse resultado está diretamente ligado a estrutura considerada para o sistema delimitado, em que se teve os valores para aquisição da terra e os custos com mão-de-obra com forte influência contra um melhor desempenho econômico do sistema. Dessa forma, irá se proceder com uma análise de cenários, considerando o impacto da mudança de algumas variáveis para o desempenho da atividade.

O dimensionamento e as características do sistema de aquaponia foram feitos de modo a atender os produtores familiares do município de São José dos Pinhais – PR. Para uma segunda parte da análise do sistema de aquaponia, optou-se por alterar algumas variáveis do sistema afim de identificar se de fato a atividade não deve ser uma opção para investimento na região. Dessa forma, foram considerados dois cenários diferentes para o sistema de aquaponia: primeiro cenário, pressupôs que o produtor familiar por utilizar apenas a mão-de-obra da família, poderia retirar os custos com essa variável para verificar se o projeto se tornaria viável; já no segundo cenário os custos com mão-de-obra e aquisição de terra não são contabilizados. Não foi considerado um cenário excluindo somente os custos com aquisição da terra, pois esse custo é fixo para o investidor.

**Tabela 1. Fluxo de Caixa**

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
<b>1. RECEITAS</b>		R\$10.593,14									
1.1 Tributos sobre a receita		R\$243,64									
<b>2. CUSTOS E DESPESAS VARIÁVEIS</b>		R\$11.273,95									
2.1 Mão de obra		R\$6.048,00									
2.2 Insumos		R\$5.225,95									
<b>3. MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO</b>		-R\$924,45									
<b>5. CUSTOS E DESPESAS FIXAS (exceto depreciação)</b>		R\$671,59									
5.1 Imposto Territorial Rural - ITR		R\$4,50									
5.2 Contribuição Sindical Rural - CSR		R\$82,50									
5.3 Certificado de Cadastro do Imóvel Rural - CCIR		R\$3,60									
5.4 Manutenção e reposição		R\$22,99									
5.5 Material de expediente		R\$558,00									
<b>6. LUCRO ANTES DOS JUROS E IR</b>		-R\$1.596,04									
6.1 IR (%)		R\$0,00									
<b>7. LUCRO OPERACIONAL LÍQUIDO</b>		-R\$1.596,04									
7.1 Depreciação		R\$278,49									
<b>8. (FCO) FLUXO DE CAIXA OPERACIONAL</b>		-R\$1.317,55									
<b>9. INVESTIMENTOS FIXOS</b>	R\$17.367,89										
9.1 Terra	R\$15.000,00										R\$15.000,00
9.2 Infraestrutura e equipamentos	R\$2.367,89										
<b>11. (FCL) FLUXO DE CAIXA LIVRE</b>	R\$17.367,89	-R\$1.317,55	R\$13.682,45								
12. Amortização de juros do financiamento bancário (PRONAF)		R\$434,20									
<b>13. FLUXO DE CAIXA DO PRODUTOR</b>	<b>-R\$17.367,89</b>	<b>-R\$1.751,75</b>	<b>R\$13.248,25</b>								

No primeiro cenário (tabela 3), observou-se uma mudança considerável nos indicadores em relação ao projeto inicial. Todos os valores que se apresentaram negativos agora estão positivos, o que torna o projeto de aquaponia uma opção viável para investimento. Pode-se destacar o IL, com um valor de R\$ 1,95 e o investimento inicial seria recuperado em 5 anos. Rover et al. (2014) também encontraram uma redução no prazo para recuperação do investimento ao considerar variações nos custos com a mão-de-obra.

**Tabela 3.** Cenário 1, que não considera dispêndio com a mão-de-obra

<b>Técnicas de investimento</b>	<b>Resultados</b>	<b>Unidade</b>
Valor Presente Líquido (VPL)	R\$16.511,42	R\$ há ano
Taxa Interna de Retorno (TIR)	24,31%	% a.a
Índice de Lucratividade (IL)	R\$1,95	R\$
Payback atualizado (anos)	5,13	Anos
Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE)	R\$2.574,62	R\$ há ano
Taxa Interna de Retorno Modificada (MIR)	16,55%	% a.a

Fonte: Elaborado pelos autores.

Vale ressaltar, que nesse cenário ignora-se os custos com mão-de-obra, pois o agricultor familiar é quem exerce a atividade, uma vez que, o sistema aquaponico seria mais uma atividade produtiva na propriedade, logo o tempo necessário para manejo e tratos culturais do sistema já estão embutidos na rotina da propriedade.

Já na Tabela 5, que representa o cenário 2 onde nem os custos com mão-de-obra e nem o valor para aquisição da terra foi levado em consideração para o cálculo da viabilidade econômica, foi observado valores para os indicadores econômicos mais atrativos que nos dois cenários anteriores. A TIR encontrada foi 197,27%, com um IL de R\$12,65 e um período de menos de um ano para recuperação do investido no projeto. Esses indicadores atestam a viabilidade econômica do projeto de aquaponia e a torna uma atividade atrativa aos produtores da região.

**Tabela 4.** Cenário que não considera aquisição da terra e nem custos com mão-de-obra

<b>Técnicas de investimento</b>	<b>Resultados</b>	<b>Unidade</b>
Valor Presente Líquido (VPL)	R\$27.589,48	R\$ há ano
Taxa Interna de Retorno (TIR)	197,27%	% a.a
Índice de Lucratividade (IL)	R\$12,65	R\$
Payback atualizado (anos)	0,79	Anos
Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE)	R\$4.302,02	R\$ há ano
Taxa Interna de Retorno Modificada (MIR)	40,51%	% a.a

Fonte: Elaborado pelos autores.

Verifica-se também a importância dos benefícios ambientais gerados pela atividade. Isso ocorre quando a água se torna recircular no sistema, evitando o desperdício dos recursos naturais, desde que comparada a produção de horticultura convencional e produção de pescados em tanques escavados, de modo que, as perdas de água para o ambiente se dão prioritariamente pela evapotranspiração do vegetal e pela evaporação da água do reservatório onde ficam alojados os peixes e o filtro (DIVER, 2006). Hundley & Navarro (2013) reiteram que a aquaponia além de ser uma produção sustentável, ainda contribui para o bem-estar social.

Outras vantagens da aquaponia são a utilização mínima de água para dois cultivos, capacidade de produção dentro de centros urbanos, aproveitamento integral de água e ração, capacidade de obter um sistema de alta densidade de peixes e hortaliças, produção de um produto com qualidade superior, sem utilização de agrotóxicos e antibióticos, diversificação e aumento da renda e menor investimento em fertilizantes para o cultivo das plantas (HERBERT, 2008; BRAZ FILHO, 2000; CARNEIRO et al., 2015).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A melhoria no aproveitamento de espaços e recursos naturais levam ao desenvolvimento de sistemas integrados de produção. A integração entre dois sistemas de cultivo, a aquicultura com a hidroponia (aquaponia) pode apresentar-se como uma solução para proporcionar o uso da água mais eficiente, promovendo a produção de peixes e vegetais, com redução no consumo de água, contendo a poluição de rios por efluentes provenientes da aquicultura sendo alocados como fertilizante natural para a planta de cultivo (MARISCAL-LAGARDA *et al.*, 2012).

O projeto dimensionado foi inviável para um produtor familiar, quando considerado todas os custos e despesas incorridas para o investimento, diminuindo as incertezas ao tomador de decisão. O sistema de aquaponia só se configurou como uma alternativa economicamente viável, a partir da modelação de cenários, em quem consideram a exclusão das variáveis aquisição de terra e mão-de-obra. Essa opção, foi sugerida por entender que o perfil dos produtores familiares permite tal adequação.

Devido à escassez de dados, uma das limitações do estudo foi a expansão da fronteira do sistema, exclusivamente no que diz respeito a comercialização da produção, já que a distância das propriedades dos centros consumidores, a frequência de fornecimento e demanda, podem impactar na viabilidade ou não da atividade, e portanto, serve como sugestão para estudos futuros. Outra limitação, refere-se a abrangência da área de estudo, pois esse passa a ser não probabilístico por considerar apenas uma região do Brasil.

Apesar de não ter sido o foco desse estudo, observou-se ainda uma série de benefícios ambientais ao utilizar o sistema, como o reaproveitamento da água, menor poluição das fontes naturais de água, que muitas vezes não são exaltados pela dificuldade em mensurá-los, e por isso sugere-se para estudos futuros formas de mensuração dos benefícios ambientais e também sociais, que acabam por serem negligenciados.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, S.P.M. Dossiê técnico: sistema aquaponico. Serviço brasileiro de respostas técnicas. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico. CDT/UnB. 2012. Disponível em: <http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NTY4NA>. Acesso em 28 de agosto de 2018.
- ANDRES, C., BHULLAR, G. S., 2016. Sustainable Intensification of Tropical AgroEcosystems: Need and Potentials. *Front. Environ. Sci.* 4:5.
- ANUÁRIO - Anuário Peixe BR, 2018. Disponível em: HYPERLINK "<http://www.aquaculturebrasil.com/wp-content/uploads/2018/02/numeros-piscicultura-2017-peixe-br-1.jpg>" <http://www.aquaculturebrasil.com/wp-content/uploads/2018/02/numeros-piscicultura-2017-peixe-br-1.jpg>. Acesso em: 05. Dez. 2018.
- BOSMA, H.; LACAMBRA, L.; LANDSTRA, Y.; PERINI, C.; POULIE, J.; SCHWANER, M. J.; YIN, Y. The financial feasibility of producing fish and vegetables through aquaponics. *Aquacultural Engineering*. Volume 78, Part B, August 2017, Pages 146-154.
- BOSTOCK, J.; et al. Aquaculture: global status and trends. *Phil. Trans. R. Soc. B* 365, 2897–2912. 2010.
- BRAZ FILHO, M.S. P. Aquaponia: Alternativa para sustentabilidade na aquicultura. XXIV Congresso Brasileiro de Zootecnia. UFES. Vitória, ES, 2014.
- BRAZ FILHO, M.S.P. Qualidade na produção de peixes em sistema de recirculação de água. Monografia (Pós Graduação em Qualidade nas Empresas) - Centro Universitário Nove de Julho, São Paulo. 2000. 41p.
- CARNEIRO, et al. Aquaponia: produção sustentável de peixes e vegetais. In: Tavares-Dias, M. & Mariano, W.S. (Org.). *Aquicultura no Brasil: novas perspectivas*. São Carlos, Editora Pedro & João, 2015.

CARNEIRO, P. C. F. et. al. Produção integrada de peixes e vegetais em Aquaponia. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, Documentos 189. 2015. 27 p. II.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITCKE, B. H. Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisões, estratégia empresarial. 11. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2010. 408 p.

CASTILHO-BARROS, L. ALMEIDA, F. H.. 2018. “Economic Evaluation of the Commercial Production between Brazilian Samphire and Whiteleg Shrimp in an Aquaponics System.”

CELESTRINO, R. B.; VIEIRA, S.C. Sistema aquaponico uma forma de produção sustentável na Agricultura Familiar e em área periurbana. RECoDAF. v. 4, n. 1. 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Custos de produção agrícola: a metodologia da Conab. -- Brasília : Conab, 2010. p, 60.

DELONGE, M. S.; MILES, A.; CARLISLE, L. Investing in the transition to sustainable agriculture. Environmental Science & Policy, v. 55, Part 1, p. 266–273, 2016.

DIVER, S. Aquaponics - Integration of Hydroponics with Aquaculture. National Sustainable Agriculture Information Service, Washington, EUA. 2006. p. 1-27.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Ciência que transforma - Frutas e hortaliças. Disponível em: <https://www.embrapa.br/grandes-contribuicoes-para-a-agricultura-brasileira/frutas-e-hortaliças>. Acesso em: 05. Dez. 2018.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Produção Integrada de Peixes e Vegetais em Aquaponia. Documentos 189. 2015.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Produção Integrada de Peixes e Vegetais em Aquaponia. Documentos 189. 2015.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#compare>>. Acesso em 28 de agosto de 2018.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. 2018.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018). THE STATE OF FOOD SECURITY AND NUTRITION IN THE WORLD BUILDING CLIMATE RESILIENCE FOR FOOD SECURITY AND NUTRITION, ROMA. Disponível em: <http://www.fao.org/3/I9553EN/i9553en.pdf>. Acesso em: 03 de dez. 2018.

HEIN, G. & BRIANESE, R. H. Modelo Emater de produção de tilápia. Disponível em: <<https://goo.gl/Bg47Vv>>. Acesso em: 02 set. 2018.

HERBERT, S. et al., Aquaponics in Australia - The integrations of Aquaculture and Hydroponics. Mudge, Australia, 2008, 28p.

HUNDLEY, G. M. C.; et al., Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do nilo para o crescimento de manjerona (*Origanum majorana*) e manjeriço (*Origanum basilicum*) em sistemas de aquaponia. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável. 2013.

HUNDLEY, G.C.; NAVARRO, R.D. Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, v. 3, n. 2, 2013.

HUNTER, M. C et al. “Agriculture in 2050: Recalibrating Targets for Sustainable Intensification.” 67(4): 386–91. 2017.

JORDAN, R. A.; et al. Aquicultura em sistema fechado e controlado - integração biodigestor/aquaponia – produção sustentável de peixes, hortaliças e bioenergia. XIII CONBRAVA. São Paulo, SP, 2013.

JUNGE, R. KÖNIG, B. VILLARROEL, M. KOMIVES, T. JIJAKLI, M. H. Strategic points in aquaponics Water, 9 (3) (2017), p. 182.

KÖNIG, B.; JANKER, J.; REINHARDT, T.; VILLARROEL, M.; JUNGE, R, 2018. Analysis of aquaponics as an emerging technological innovation system. Journal Clear Production 180, 232–243. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.037>.

LOSORDO, T.M.; WESTERMAN, P.W. An analysis of biological, economic, and engineering factors affecting the cost of fish production in recirculating aquaculture systems. *Journal of the World Aquaculture Society* 25:193-203, 2007.

LOVE, D.C.; FRY, J.P.; LI XIMIN, E.S.; GENELLO, L.; SEMMENS, K.; THOMPSON, K.E. Commercial aquaponics production and profitability: findings from an international survey. *Aquaculture*, v. 435, pp. 67-74, 2015.

MACHADO, L.; A.; Z.; BALBINO, L.; C.; CECCON, G.; Integração lavoura-pecuária-floresta. 1. Estruturação dos sistemas de integração lavoura-pecuária. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 46 p. 2011.

MARISCAL-LAGARDA, M. M.; PÁEZ-OSUNA, F.; ESQUER-MÉNDEZ, J. L.; GUERRERO-MONROY, I.; DEL VIVAR, A. R.; FÉLIX-GASTELUM, R. Integrated culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) with low salinity groundwater: management and production. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 366-367, p. 76-84, 2012.

MARTINELLI, L. A.; NAYLOR, R.; VITOUSEK, P. M.; MOUTINHO, P. Agriculture in Brazil: impacts, costs, and opportunities for a sustainable future. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 2, n. 5, p. 431–438, 2010.

MENDONÇA, T. G. de; LÍRIO, V. S.; MOURA, A. D.; REIS, B. S.; SILVEIRA, S. F. R. Avaliação da viabilidade econômica da produção de mamão em sistema convencional e de Produção Integrada de Frutas (PIF). *Revista Econômica do Nordeste*, v. 40, n. 1, p. 699-723, 2009. Disponível em: <<https://goo.gl/8YSciZ>>.

QUAGRAINIE, K. et al. 2017. “Economic Analysis of Aquaponics and Hydroponics Production in the U . S . Midwest.” *Journal of Applied Aquaculture* 00(00): 1–14. <https://doi.org/10.1080/10454438.2017.1414009>.

RAKOCY, J. E.; LOSORDO, T. M.; MASSER, M. P. Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics - Integrating fish and plant culture. Southern Reg. Aquaculture Center Publications No. 454. 2006.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. *Análise Econômica e Social de Projetos Florestais*. 3. ed. Viçosa-MG: Editora UFV. v. 1. 2013. 386 p.

RIBEIRO, G. *Plano de Negócios: Aquaponia Nilosul*. Curitiba: Nilosul, 2017. 38 p.

ROSS, S. A. *Administração financeira: corporate finance*. São Paulo: Atlas, 1995. 698p.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R.W.; JORDAN, B. D. *Princípios de administração financeira*. p. 433, 1998.

ROVER, Suélin et al. Viabilidade econômica da implantação de um sistema de cultivo de alface hidropônica no município de Tijucas-Santa Catarina. 2014.

SALAM, M. A.; JAHAN, N.; HASHEM, S.; RANA, K.M.S. Feasibility of tomato production in aquaponic system using different substrates. *Progressive Agriculture* > Vol 25 (2014).

SILVA, M.S.G.M.E.; LOSEKANN, M.E.; HISANO, H. *Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, (Documentos, 95), 2013.

TOKUNAGA, K. 2015. “Economics of Small-Scale Commercial Aquaponics in Hawai ‘I.” *Aquaculture* 46(1): 20–32.

TOKUNAGA, K.; TAMRU, C.; AKO, H.; LEUNG, P. S. Economics of small scale Aquaponics in Hawai. *World Aquac. Soc*, 46 (1) (2015), pp. 20-32.

TYSON, R.V.; TREADWELL, D.D.; SIMONNE, E.H. Opportunities and Challenges to Sustainability. *Hortscience*, 21: 6-13, 2011.

UNITED NATIONS. *World Population Prospects The 2017*. New York, 2017. Disponível em: <[https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017\\_KeyFindings.pdf](https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017_KeyFindings.pdf)>. Acesso em: 14 de nov. de 2018.

YINA, Z. et al. 2016. “Effect of Seasonal Variation on Nitrogen Transformations in Aquaponics of Northern China.” *Ecological Engineering* 94: 30–36. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.05.063>.