

Da hegemonia aquapônica: Um convite à prática

Aquaponics hegemony: An invitation of practice

Hegemonía de la acuapónica: Una invitación a la práctica

Recebido: 06/08/2024 | Revisado: 26/08/2024 | Aceitado: 29/08/2024 | Publicado: 31/08/2024

Jacyr Lora

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7361-5968>
Instituto Federal Goiano, Brasil
E-mail: jacyrlora@gmail.com

Wilker Alves Moraes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2336-6518>
Instituto Federal Goiano, Brasil
E-mail: wilker.alves.moraes@gmail.com

Frederico Antônio Loureiro Soares

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4152-5087>
Instituto Federal Goiano, Brasil
E-mail: frederico.soares@ifgoiano.edu.br

Aurélio Rúbio Neto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0517-1223>
Instituto Federal Goiano, Brasil
E-mail: aurelio.rubio@ifgoiano.edu.br

Resumo

Diante dos desafios ambientais e da crescente demanda por alimentos saudáveis, esta revisão objetiva apresentar a aquaponia como uma solução viável para minimizar o consumo de água, reduzir a poluição ambiental e mitigar a degradação dos solos. A revisão destaca a importância de superar os paradigmas tradicionais da agricultura e adotar práticas mais ecológicas. Para isso, foi realizada uma análise detalhada sobre o desenvolvimento e aplicação da aquaponia, suas vantagens em relação aos métodos convencionais e as diferentes abordagens tecnológicas, como o sistema DWC (Deep Water Culture). Além disso, foram discutidas as variáveis técnicas e econômicas que podem influenciar o sucesso da aquaponia, assim como as possibilidades de integração de novas tecnologias e práticas de automação. Os resultados evidenciam que a aquaponia utiliza até 90% menos água em comparação aos métodos tradicionais e pode ser implementada em espaços reduzidos, incluindo áreas urbanas e regiões áridas. A revisão também enfatiza a necessidade de conhecimento interdisciplinar para a operacionalização eficaz do sistema, destacando o potencial da aquaponia para produzir alimentos orgânicos de alta qualidade e com maior valor agregado. Conclui-se que a aquaponia representa uma solução promissora para a produção sustentável de alimentos, com benefícios econômicos e ecológicos significativos, especialmente quando integrada a políticas públicas voltadas para a segurança alimentar.

Palavras-chave: Aquaponia; Sustentabilidade; Produção de alimentos; Políticas públicas; Agricultura ecológica.

Abstract

Faced with environmental challenges and the growing demand for healthy food, this review aims to present aquaponics as a viable solution to minimize water consumption, reduce environmental pollution, and mitigate soil degradation. The review highlights the importance of overcoming traditional agricultural paradigms and adopting more ecological practices. A detailed analysis of the development and application of aquaponics was conducted, as well as its advantages over conventional methods and different technological approaches, such as the DWC (Deep Water Culture) system. Additionally, technical and economic variables that may influence the success of aquaponics were discussed, along with the possibilities of integrating new technologies and automation practices. The results show that aquaponics uses up to 90% less water compared to traditional methods and can be implemented in reduced spaces, including urban areas and arid regions. The review also emphasizes the need for interdisciplinary knowledge for the effective operation of the system, highlighting the potential of aquaponics to produce high-quality organic food with greater added value. It is concluded that aquaponics represents a promising solution for sustainable food production, with significant economic and ecological benefits, especially when integrated with public policies aimed at food security.

Keywords: Aquaponics; Sustainability; Food production; Public policies; Ecological agriculture.

Resumen

Ante los desafíos ambientales y la creciente demanda de alimentos saludables, esta revisión tiene como objetivo presentar la acuaponía como una solución viable para minimizar el consumo de agua, reducir la contaminación

ambiental y mitigar la degradación del suelo. La revisión destaca la importancia de superar los paradigmas tradicionales de la agricultura y adoptar prácticas más ecológicas. Se realizó un análisis detallado sobre el desarrollo y la aplicación de la acuaponía, así como sus ventajas en relación con los métodos convencionales y los diferentes enfoques tecnológicos, como el sistema DWC (Deep Water Culture). Además, se discutieron las variables técnicas y económicas que pueden influir en el éxito de la acuaponía, junto con las posibilidades de integrar nuevas tecnologías y prácticas de automatización. Los resultados muestran que la acuaponía utiliza hasta un 90% menos de agua en comparación con los métodos tradicionales y puede implementarse en espacios reducidos, incluidas áreas urbanas y regiones áridas. La revisión también enfatiza la necesidad de conocimiento interdisciplinario para la operación efectiva del sistema, destacando el potencial de la acuaponía para producir alimentos orgánicos de alta calidad con mayor valor agregado. Se concluye que la acuaponía representa una solución prometedora para la producción sostenible de alimentos, con beneficios económicos y ecológicos significativos, especialmente cuando se integra con políticas públicas orientadas a la seguridad alimentaria.

Palabras clave: Acuaponía; Sostenibilidad; Producción de alimentos; Políticas públicas; Agricultura ecológica.

1. Introdução

Atender a demanda crescente de alimentos para atender uma crescente população brasileira, é um contraponto a ser superado por todos aqueles que zelam em garantir os preceitos instituídos no DHAA (Direito Humano à Alimentação Adequada), incorporado na Constituição Federal Brasileira, em 2010.

Tendo a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) como égide maior, muitas instituições, a exemplo do CONSEA (Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional), trabalham no sentido de garantir a soberania alimentar. Muitas políticas públicas e programas sociais foram instituídos, tais como Fome Zero, Bolsa -Família, PRONAF (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar) e Programa de Aquisição de Alimentos, afim de melhorar os índices relacionados à alimentação e à pobreza (Duran, 2013).

Com o advento das monoculturas, houve uma perda significativa da diversidade alimentar e os hábitos alimentares tradicionais, também foram se perdendo. O que se constata, é um aumento exacerbado do consumo por produtos industrializados e ultraprocessados, por contas do marketing, e toda a logística de produção e distribuição desses alimentos. O que a sociedade tem, por consequência, é que estes novos hábitos alimentares estão impactando diretamente na saúde da população, incorrendo em doenças tais como obesidade, diabetes e hipertensão (Duran, 2013).

O agronegócio vêm avançando a passos largos a partir dos discursos hegemônicos dos prefeitos, a títulos de créditos facilitados de bancos públicos. Comprovadamente, os superávits da balança comercial, refletem o êxito destes investimentos.

O Brasil é o maior exportador de carne bovina e de frango do mundo (FAO,2019). As produções extensivas de bovinos destroem florestas, provocam o efeito estufa e exigem consumos insustentáveis de água. Destarte, devemos trabalhar para superar paradigmas, empíricos de produção, visando buscar incrementar novas cadeias produtivas, eficientes e sustentáveis, zelando para manter a biodiversidade, sem esgotar os recursos naturais não renováveis, mitigando assim os possíveis impactos ambientais decorrentes dos sistemas de produção convencionais (Bommarco et al., 2013; Joyce et al, 2019). Neste interim, a aquaponia vêm a ser a alternativa mais recorrente de sustentabilidade. Isto porque, embora não tenha sido estabelecida a pegada hídrica para a aquaponia, podemos ter a certeza de que seus índices serão inferiores aos já preconizados pela WFN (Water footprint network), pois sabe-se que a aquaponia, além de consumir menos água, permite a sua reutilização.

Segundo Hoekstra e Chapagain(2007), a pegada hídrica para se produzir 1 ton de milho, é de 1180 m³ e de sorgo, 1609 m³/ton, soja 1800 m³. Para se produzir uma camisa de algodão, são necessários 2700 litros de água. Para se produzir 1 Kg de carne suína, são necessários 6000 l de água. Nesse contexto, a Aquaponia se insere como uma alternativa oferecendo soluções para questões de sustentabilidade tais como disponibilidade de água, poluição ambiental e esgotamento dos solos. Acertadamente, a aquaponia é capaz de minimizar os efeitos decorrentes das atuais cadeias alimentares (Somerville et al.;

2014). Ainda, no que prevê o projeto de lei PLS 162/2015, a Aquaponia é apresentada para ser a menina dos olhos de todos os programas e políticas públicas que venham garantir a aquisição de alimentos saudáveis e de maneira permanente. Assim, objetivou-se tornar público a aquaponia e as mínimas questões relativas a esta atividade, desde sua implantação até o seu destino final, que é o mercado consumidor.

2. Metodologia

A revisão bibliográfica (Rother, 2007) aqui apresentada, foi realizada através de consultas no google acadêmico e scihub, utilizando as palavras-chave aplicação de silício em soja, em trigo, nas poáceas e outras culturas, explorando suas potencialidades.

3. Aquaponia

Conhecida há mais de mil anos pelos astecas, no México, a Aquaponia veio a ser explorada comercialmente há pouco mais de cinquenta anos (Lennard, 2017). O termo aquaponia é uma junção das palavras “aquicultura” e “hidroponia”. O primeiro como sendo cultivo de peixes e o segundo, cultivo de plantas (Rakocy, 2012). Yep & Zeng (2019), definiram aquaponia como um processo simbiótico de crescimento de plantas e organismos aquáticos. Realmente, este sistema de produção de alimentos, utilizando a água como meio comum, veio a incorporar mais um organismo vivo, a bactéria nitrificadora. São as bactérias quem irão reciclar os efluentes dos peixes para alimentar as plantas. As plantas, por sua vez, são responsáveis pela filtragem da água para os peixes. Isto posto, torna-se evidente a relação simbiótica entre os três componentes vivos do sistema (Rakocy et al. 2006; Love et al., 2014) Todos os três convergem para uma interação harmônica de produção integrada.

Constituindo-se de um sistema fechado de recirculação de água (Rakocy, 2004; König et al, 2018), a aquaponia vem ganhando popularidade por constituir-se de um sistema bio-integrado de produção de alimentos, com sustentabilidade (Konig et al, 2016). A grande vantagem é em relação à aquicultura, onde os efluentes dos peixes são descartados, lançados na natureza, gerando impactos ambientais. Na aquaponia, os resíduos dos peixes e das rações, são metabolizados pelas bactérias nitrificadoras, em componentes prontamente assimiláveis pelas plantas (Goddek, 2017)..

A aquaponia utiliza 90% a menos de água que no sistema convencional, além de permitir o seu reuso. Não havendo o lançamento de efluentes para fora do sistema, não haverão os danos decorrentes do sistema da aquicultura (König et al., 2018; Maucieri et al., 2018).

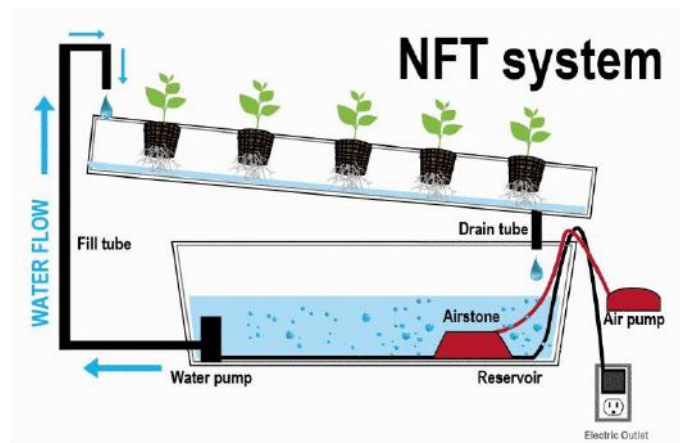
Não exigindo grandes espaços de terra para sua instalação, a aquaponia serve como uma solução de aproveitamento de terras marginais em áreas urbanas (Berstein, 2011), inclusive em regiões áridas, com grande escassez de água (Somerville et al., 2014). Apesar de se trabalhar em pequenos espaços físicos, a aquaponia comporta trabalhar com altas densidades de plantas e peixes.

Além de permitir uma antecipação das colheitas, a aquaponia garante a produção de produtos com maior qualidade e altas produtividades, livres de agrotóxicos, muito orgânicos e frescos, o que lhes confere um maior valor agregado.

Os principais tipos de sistemas aquapônicos são as camas de cultivo, o sistema NFT (Nutrient Film Technique) e sistema DWC (Deep Water Culture) (Somerville et al., 2014). O dimensionamento e as estruturas do sistema aquapônico podem variar conforme o interesse do proponente, se, para fins particulares ou para fins comerciais. O método de produção escolhido e as espécies de plantas e peixes, também podem exigir um melhor dimensionamento ou uma maior estrutura. Nessas escolhas, não se pode prescindir dos componentes mínimos necessários, para o funcionamento do sistema, quer seja, no sistema NFT, os tanques para criação dos peixes, as bancadas ou camas de cultivo para as plantas, os tanques decantadores, os

aeradores, os filtros mecânico e biológico e a bomba para acionar o sistema. A Figura 1, apresenta um modelo do sistema NFT (Nutrient Film Technique)

Figura 1 – Sistema NFT.



Fonte: Somerville et al. (2014).

Considerando as vantagens e desvantagens, o sistema DWC ou “Floating” é mais recomendável, pois permite que se trabalhe com altas densidades, a evapotranspiração é menor, o manuseio é mais fácil, não tem canos prá entupir e resiste às interrupções de eletricidade(Somerville et al.,2014). Ainda, e o que é importante, permite que se adote a tecnologia de produção BFT. A Figura 2, apresenta o sistema DWC (Deep Water Culture) ou também chamado de “Floating”.

Figura 2 - Sistema DWC.



Fonte: Somerville et al. (2014).

Sendo para fins comerciais, muita atenção deve ser dada ao público-alvo, para se estimar a demanda do mercado e relacioná-la com as espécies preferidas e volumes de produção. Conforme os objetivos do produtor as espécies de animais aquáticos podem variar. A técnica da aquaponia pode ser estendida para que se produza peixes, camarões e lagostas. Embora não sejam bem aceitos em todos os mercados, a tilápia e o bagre são as espécies de peixe mais recomendadas para a América do Sul (Pinho et al, 2021).

Quanto às espécies de plantas, é dada maior atenção àquelas com maior demanda e com menor exigências nutricionais. Segundo Somerville (2014), as espécies escolhidas são, geralmente, folhosas. A Aquaponia exige que se tenha o mínimo de conhecimentos interdisciplinares, para que se possa operacionalizar o sistema. O operador deve ser muito bem orientado, no sentido de, por si só, realizar o monitoramento e os ajustes necessários, para o perfeito funcionamento de toda estrutura. Algumas avaliações são diárias e outras semanais ou mensais (Somerville et al., 2014).

Criando um viés ecológico à produção extrativista, a Aquaponia vem para se consolidar como uma atividade regenerativa, indo além do paradigma da sustentabilidade. Mais do que quebrar o molde da agricultura tradicional, a Aquaponia, conciliando a sinergia que se estabelece entre as bactérias, as plantas e os peixes, oferece a possibilidade de se colocar à mesa, produtos certificadamente orgânicos e saudáveis. Esta é a principal garantia que pode projetar o investidor para além das suas próprias ambições. A certeza de poder oferecer aos consumidores produtos saudáveis, de extrema palatabilidade e digestibilidade (Somerville et al.; 2014).

Notadamente, a simbiose que se estabelece na aquaponia, entre as bactérias, os peixes e as plantas, num sistema de recirculação de água, enriquecida com nutrientes, completamente fechado, pode resultar em uma produção maior do que os padrões convencionas de produção de peixes e de plantas cultivadas, separadamente (Goddek et al 2018).

O investimento inicial é bastante oneroso mas em se optando pela aquaponia multiloop, isto é, direcionando as substâncias tóxicas em direção aos filtros e os nutrientes em direção às plantas, pode-se compatibilizar sustentabilidade com rentabilidade. Isto, sem considerar os custos iniciais e observando aspectos tais como, a localização, mercado, comportamento do consumidor, diversificação, produtividade e redução de custos (Baganz et al., 2020). Assim, esta produção eficiente de produção de alimentos, significará uma mudança na dieta das carnes e laticínios, diminuindo a pegada hídrica (Garnett, 2011)

No Brasil, a aquaponia, ainda não despertou o interesse dos investidores, talvez por contas da desinformação, ou por interesses comerciais dúbios, assim como também pela temerosidade em apostar na “novidade”. A tomada de decisão, passa pela demonstração e convencimento. Utilizando-se de ferramentas como palestras e dias de campo, o produtor pode ser convencido a investir na atividade.

Cabe ao poder público adotar a Aquaponia como fornecedora do Programa de Aquisição de Alimentos, disponibilizando linhas de crédito com juros diferenciados, para estimular a atividade.

4. Otimização da atividade aquapônica

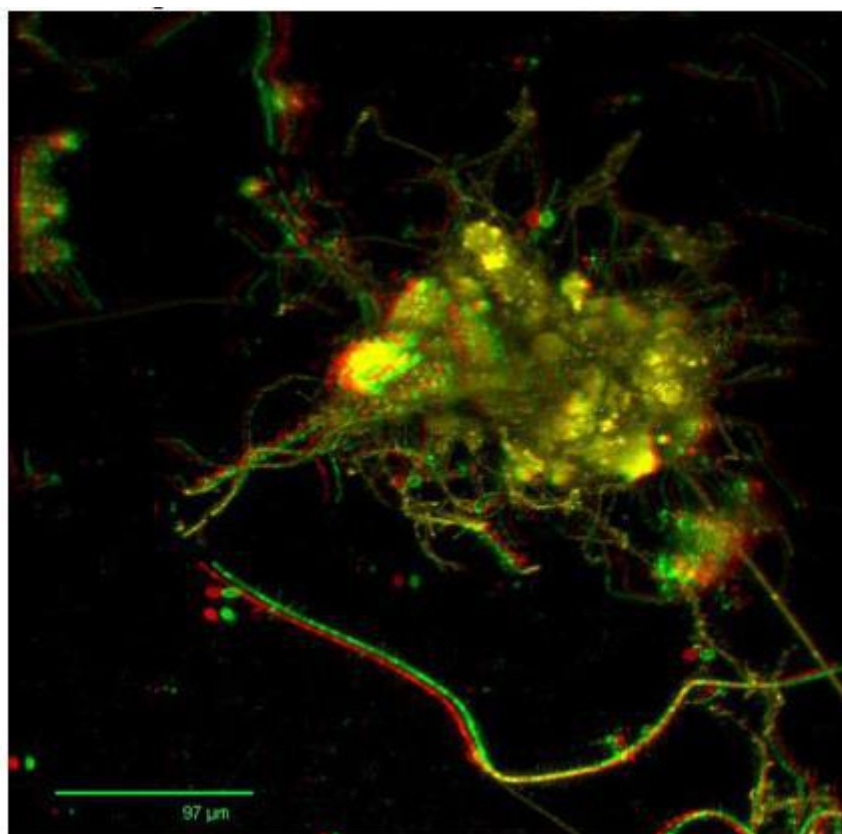
Goddeck et al. em 2018, observaram os fatores que podem impactar a atividade aquapônica: água, terra e energia. Minimizando estes fatores, com menos entrada de fertilizantes químicos, estaremos contribuindo para a sustentabilidade na produção de alimentos, através da aquaponia. Nesse sentido, se pensarmos em utilizar a água da chuva, já estaremos otimizando o sistema. Primeiro porque, a água da chuva é gratuita e segundo porque ela é de alta qualidade. A água da chuva não possui qualquer sal e possui o pH levemente ácido, sendo própria para áreas onde a água é mais alcalina (Somerville et al., 2014). Com relação a energia elétrica, o sistema pode operar completamente em se utilizando uma fonte de energia renovável. Placas fotovoltaicas podem converter a energia solar em energia termal ou eletricidade (Somerville et al., 2014). Com o mercado tecnológico em expansão, era de se esperar que a automação chegasse à aquaponia. Os benefícios em se automatizar o sistema, são a diminuição do trabalho manual, maior controle das ações, registro e análises dos dados, pelo aumento da acessibilidade e conectividade dos parâmetros. Com efeito, um projeto adequado facilita a gestão e a tomada de decisões (Martinez et al., 2019).

No sistema NFT, projetos com as unidades desacopladas, permitem uma regulação mais ajustada da água, em cada uma das respectivas unidades e já significarão um avanço. Segundo Delaide et al. (2016) e Goddek & Vermeulen (2018), a

alface cultivada no sistema aquapônico desacoplado, tem uma vantagem de 40% sobre o sistema hidropônico de última geração. Com o desacoplamento, as excretas dos peixes são separadas antes que estas, alcancem o sistema hidropônico, causando entupimentos. Adicionalmente, devem ser instalados biorreatores para o tratamento do lodo, evitando as perdas de nutrientes, principalmente o fósforo. (Monsees et al. 2015, Emerenciano et al. 2017). Esta tecnologia serve não apenas para a economia de água mas também como reciclagem de nutrientes (Goddek et al., 2018). Outra alternativa mais simples e vantajosa para a reciclagem dos efluentes dos peixes, é a utilização de minhocas. Primeiro porque elas decompõem rapidamente resíduos orgânicos e segundo, porque os seus resíduos são fertilizantes completos (Somerville et al.; 2014).

Considerada a nova “revolução azul”, a BFT (Tecnologia de Biofoco) é uma alternativa inteligente para se incorporar no sistema. Esta tecnologia garante o reuso da água e a reciclagem dos nutrientes, com pouca ou mesmo, nenhuma troca de água (Avnimelech, 2015). O segredo está no controle da relação C/N, que se pode manipular, acrescentando uma fonte de carbono orgânico, podendo ser o melaço da cana. O carbono é utilizado pelas bactérias, que se desenvolvem naturalmente no sistema e o convertem numa forma assimilável para as plantas (Ebeling et al., 2006, Emerenciano et al. 2017). A Figura 3 ilustra o biofoco.

Figura 3 - A imagem de um floco bacteriano com 21 dias de idade.

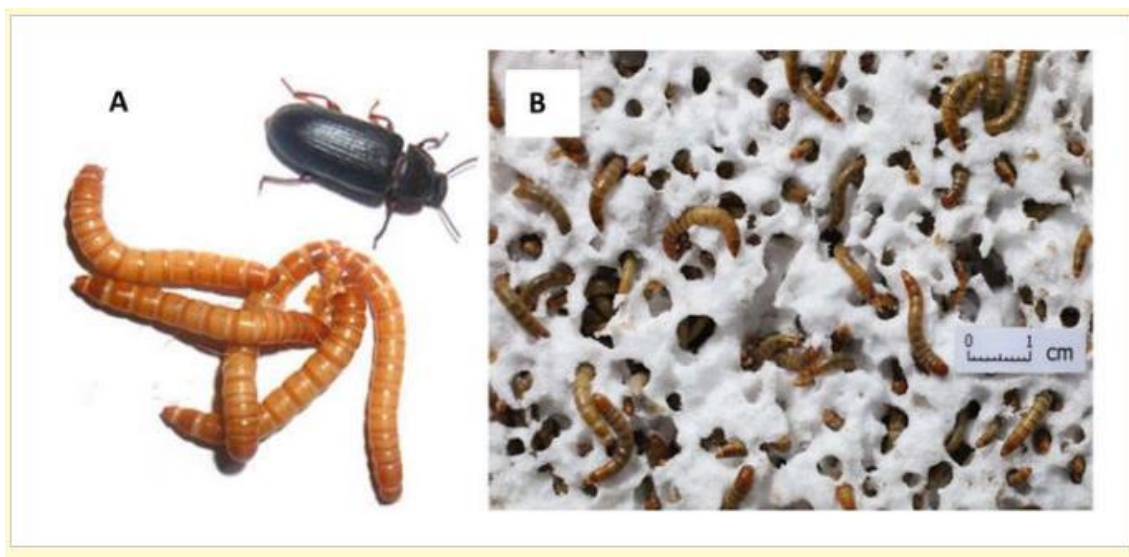


Fonte: Azim et al. (2008).

Para diminuir os inputs utilizados na alimentação dos animais aquáticos, podemos sugerir o uso de insetos para a sua nutrição. A criação de insetos é uma produção sustentável, pois estes insetos se alimentam de rejeitos industriais e resíduos orgânicos (Van Huis et al. 2013). Dentre as espécies já utilizadas para a alimentação de aves e peixes, as larvas do besouro *Tenebrio molitor*, que é endêmico nos países ocidentais, é de fácil criação, pois se alimenta de restos orgânicos. Outro aspecto importante, é que as larvas deste inseto possuem no seu trato digestivo, bactérias que degradam o plástico (Yang et al., 2015).

Na Figura 4, pode-se ver as larvas e o inseto adulto do inseto *Tenebrio Molitor*. Mais à direita, as larvas do inseto consumindo isopor.

Figura 4 - *Tenebrio Molitor*.



Fonte: Blogthinkbig.com.

Outro inseto, um díptero braquicero, originário da América do Norte, de ampla distribuição, que se alimenta de resíduos orgânicos, é a larva da *Hermetia Illucens*, conhecido como Black Soldier Fly (Cammack & Tomberlin, 2017; Spranghers et al., 2017). A Figura 5, ilustra o inseto adulto bem como, as suas larvas.

Figura 5 - *Hermetia Illucens*.



Fonte: Naturamediterraneo.com.

Rica em proteína e muito apreciada pelos peixes, especialmente pelas carpas e tilápias, a lentilha d'água, pode servir como um suplemento alimentar importantíssimo pois, a sua massa, dobra em volume em 1-2 dias, com as vantagens que pode ser produzida separadamente e até mesmo ser estocada, para ser administrada “a posteriori”. Estas pequenas algas podem ser vistas na Figura 6.

Figura 6 - *Lemna gibba*.



Fonte: Aphotoflora (2006).

Uma outra planta aquática, que pode ser utilizada na nutrição dos peixes, é a *azolla*. A diferença é que esta, fixa o nitrogênio do ar, possuindo portanto, um maior teor de proteína. (Somerville et al.;2014). A Figura 7, destaca a azolla, grande fixadora de nitrogênio.

Figura 7 - *Azolla sp.*



Fonte: Biodiversidade.org.

Além destas plantas, a *Moringa oleífera* é uma ótima opção, pois é rica em nutrientes, incluindo proteínas e vitaminas. Esta planta, típica de regiões de clima quente, é um super alimento, sendo que todas as partes da planta podem ser utilizadas. (Somerville et al.; 2014). Esta planta pode ser vista na Figura 8.

Figura 8 - *Moringa Oleifera*.



Fonte: Bodynutrition.org.

O monitoramento e controle dos parâmetros da água no tanque dos peixes, pode ser feito usando o microcontrolador Arduino. Conectado a uma bateria recarregável a energia solar, o microcontrolador pode monitorar o pH, temperatura, o fluxo da água e inclusive a alimentação dos peixes (Murad et al., 2017).

Como vimos, com simples adaptações e escolhas, podemos otimizar o sistema aquapônico, de maneira mais sustentável, com menos custos e maior rentabilidade. Tornar público este conhecimento é essencial para que se possa despertar o interesse de se produzir alimentos de maneira sustentável, atualizada e emergente.

5. Considerações Finais

O presente estudo destaca a relevância e o potencial transformador da aquaponia como uma solução sustentável para a produção de alimentos. Frente aos desafios ambientais e à crescente demanda por métodos de cultivo mais eficientes e ecologicamente responsáveis, a aquaponia se apresenta como uma alternativa viável e promissora. Além de reduzir significativamente o consumo de água e mitigar impactos ambientais negativos, o sistema aquapônico promove a produção de alimentos de alta qualidade, fortalecendo a segurança alimentar e contribuindo para a diversificação das práticas agrícolas. A implementação de políticas públicas que incentivem essa tecnologia, aliada ao desenvolvimento de conhecimentos interdisciplinares e à adoção de novas tecnologias, pode acelerar a transição para um modelo agrícola mais sustentável e resiliente. Portanto, a aquaponia não só representa um avanço técnico, mas também uma oportunidade para repensar e reformular as bases da produção agrícola global.

Referências

- Avnimelech, Y. (2015). Biofloc Technology- A practical guide book, (3ªed.). *The world Aquaculture Society*. Baton Rouge, Louisiana, EUA.
- Aphotoflora. (2006). Lemna gibba - Fat Duckweed. http://www.aphotoflora.com/images/lemnaceae/lemna_gibba_fat_duckweed_plants_24-09-06_2.jpg
- Azim, M. E. & Little, D. C. (2008). The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 283(1), 29-35. DOI:10.1016/j.aquaculture.2008.06.036
- Baganz, G.; Baganz, D.; Staacks, G.; Monsees, H.& Kloas, W. (2020) Profitability of multi-loop aquaponics: Year-long production data, economic scenarios and a comprehensive model case. *Aquaculture research*, 51, 2711-24. <https://doi.org/10.1111/are.14610>.
- Berstein, S. (2011) *Aquaponic gardening: step-by-step guide to risen vegetables and fish together*. *New Society Publishers*, Gabriola Islands.
- Bommarco, R.; Kleun, D. & Potts, S. G. (2013). Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology & Evolution* 28(4), 230-8. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.10.012>
- Cammack, J. A. & Tomberlin, J. K. (2017). O impacto da proteína dietética e do carboidrato em traços selecionados da vida do soldado negro (*Hermetia Illucens* L.) Diptera: Stratiomyidae. *Insetos*, 8,56. <https://doi.org/10.3390/insects8030056>

- Delaide, B.; Goddek, S.; Gott, J.; Soyeurt, H. & Jijacli, M. (2016). Lettuce (*Lactuca sativa* L. var. Sucrine) growth performance in complemented aquaponics solutions outperforms hydroponics. *Water* 8:467. <https://doi.org/10.3390/w8100467>
- Duran, A. C. D. F. L. (2013) Ambiente alimentar urbano em São Paulo, Brasil: avaliação, desigualdades e associação com consumo alimentar. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo – USP.
- Ebeling, J. M.; Timmons, M. B. & Bisogni, J. J. (2006). Engineering analysis of stoichiometry of photoautotrophic and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, 257:346-358. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.03.019>
- Emerenciano, M.; Carneiro, P.; Lapa, M.; Lapa, K.; Delaide, B. & Goddeck, S. (2017) Mineralização de sólidos. *Aqua Bras*: 21-26.
- Emerenciano, M.; Martinez-Cordova, L.R.; Martinez-Porchas, M. & Miranda-Baeza, A. (2017) Biofloc Technology (BFT): a tool for water quality management in aquaculture. In Tutu H. (Ed.) *Water Quality* New York: In Tech. P.91-109. <https://doi.org/10.5772/intechopen.68795>
- FAO (Organização da Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação) Food Outlook, 2019. <https://doi.org/10.4060/ca7444en>
- Garnett, T. (2011). Where are the best opportunities for reducing greenhouse gas emission in the food system (including the food chain) *Food Policy*, 36: S23-S32. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2010.10.010>
- Goddek, J. (2017). Opportunities and challenges of multi-loop Aquaponic System., 179 p. TPhD Thesis (Wageningen University , Wageningen, the Netherlands. Berlin, Germany. <https://doi.org/10.18174/400050>
- Goddek, S. & Vermeulen, T. (2018). Comparison of *Lactuca sativa* growth performance in conventional and RAS-based hydroponic systems. *Aquac Int*. 26: 1-10. <https://doi.org/10.1007/s10499-017-0206-8>
- Hoekstra, A. Y. & Chapagain, A. K. (2007). The water footprints of Marocco and the Netherlands: Global water use as a result of domestic consumption of agricultural commodities. *Ecological economics* , 64(1) <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.02.022>
- Joyce, A.; Goddek, S.; Kotzen, B. & Wuertz, S. (2019). *Aquaponics: closing the cycle on limited water, land and nutrient resources*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15943-6_2 . https://doi.org/10.1007/978-3-030-15943-6_2
- Junge, R.; Konig, B.; Villarroel, M.; Komibes, T. & Jijakli, M. H. (2017). Strategic points in aquaponics. *Water* 9 (3) 182. <https://doi.org/10.3390/w9030182>
- Konig, B.; Junge, R.; Bitsanszki, A.; Villarroel, M. & Komives, T. (2016). On the sustainability of aquaponics. *Ecocycles*, 2, 26-32. <https://doi.org/10.19040/ecocycles.v2i1.50>
- Konig, B.; Junker, J.; Reinhart, T.; Villarroel, M.; & Junge, R. (2018). Analysis of aquaponics as an emerging technological innovation system. *Journal of cleaner production*. 180, 232-243. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.037>. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.037>
- Lennard, W. (2017). Commercial aquaponic systems: integrating recirculation fish culture with hydroponic plant production. *In Press*. Austrália.
- Love, D., C.; Fry, J., P.; Genello, L.; Hill, E., S.; Frederick, J., A.; Li, X. & Semmens, K. (2014) An international survey of aquaponics practitioners. *PLoS One* 9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102662>
- Martinez, P.; Ahmad, R. & Al-Hussein, M. (2019). A vision-based for inspection of steel frame for manufacturing. *Autom. Construct.* 97:151-163. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.10.014>
- Maucieri, C.; Nicoletto, C.; Junge, R.; Schmautz, Z.; Sambo, P. & Borin, M. (2018). Sistemas hidropônicos e gestão da água em aquaponia: uma revisão. *Ital. J. Agron.* 13. <https://doi.org/10.4081/ija.2018.1012>
- Monsees, H.; Keitel, J.; Kloas, W. & Wuertz, S. (2015). Potential reuse of aquacultural waste for nutrient solutions in aquaponics. In: *Proc of aquaculture Europe*. Rotterdam, Netherlands. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23458.07363>
- Murad, S. A. Z.; Harun, A.; Moyer, S. N.; Sapawy, R. & Tem, S. Y. (2017). Design of aquaponics water monitoring system using Arduino microcontroller. Malaysia. <https://doi.org/10.1109/ICSIMA.2017.8312045>
- Pinho, S. M.; Molinari, D.; de Mello, G. L.; Fitzsimons, K. M. & Emerenciano, M. G. C. (2017). Effluent from a biofloc technology (BFT) tilapia culture on the aquaponic production of different lettuce varieties. *Ecol Eng*, 103:146-153. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.03.007>
- Pinho, S. M.; David, L. H.; Garcia, F.; Keesman, K. J.; Portella, M. C. & Gooddek, S. (2021). South American fish species suitable for aquaponics: a review. *Aquaculture International*, <https://doi.org/10.1007/s10499-020-00629-8>
- Rakocy, J., E. (2004). Aquaponic production of tilapia and basil: comparing a batch and staggered cropping system. *Acta Horticulture*. 648 p. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.648.8>
- Rakocy, J., E.; Masser, M. P. & Losordo, T. M. (2006). Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics integrating fish and plant culture. Stoneville, Mississippi: SRAC, p. 1-16. <https://doi.org/10.32473/edis-fa169-2006>
- Rakocy, J., E. (2012). *Aquaponics integrating fish and plant culture*; Wiley-Blackwell: Hoboken, NJ, USA, p.344-386. <https://doi.org/10.1002/9781118250105.ch12>
- Rother, E. T. (2007). Revisão sistemática x revisão narrativa. *Acta Paul. Enferm.* 20(2), DOI.org/10.1590/S0103-21002007000200001.
- Somerville, C.; Cohen, M.; Pantanella, E.; Stankus, A. & Lovatelli, A. (2014). Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming. nº589, Rome, FAO, 262 p. <https://doi.org/10.1007/s10499-016-0074-0>

SprangersS, T.; Ottoboni, M.; Klootwijk,C.; Deboosere, A. O. S.; De Meulenaer.B.; Michiels,J.; Eeckhout, M.; De Clercq,P.& De Smet, S.(2017). Composição nutricional de Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*), prepupaecriado em diferentes substratos de resíduos orgânicos. *Journal of the Science of food and Agriculture*, 97 (8), 2594-2600. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8081>

Van Huis, A.;Vanitterbeeck, J.;Klunder, H.;Mertens, E.; Halloran, A.& Muir, G.(2013). Edible insects:Future prospects for food and feed security, nº171. *Food and Agriculture Organization of the United Nations – Rome : FAO*. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2011.11.004>

Yang, Y.;Wu, W.; Zhao, J.; Song, Y.& Gao, L.(2015). Biodegradation and mineralization of polystyrene by plastic-eating by mealworms . Part 1: Chemical and physical characterizaction and isotopic tests.*Environmental Science and Technology*, 49 (1): 12080-12086. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b02661>

Yep, B.& Zheng, Y. (2019). Aquaponic trends and challenges: a review *J. Clean.Prod.*,228,15861599. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.232>