



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS DE CHAPADINHA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

GILCYVAN COSTA DE SOUSA

REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA E META-ANÁLISE SOBRE
AQUAPONIA

Chapadinha - MA

2025

GILCYVAN COSTA DE SOUSA

**REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA E META-ANÁLISE SOBRE
AQUAPONIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, do Centro de Ciências de Chapadinha, da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Meio Ambiente e Recursos Naturais

Linha de pesquisa: Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável

Orientadora: Profa. Dra. Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos

Coorientador: Prof. Dr. Alécio Matos Pereira

Chapadinha - MA

2025

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Sousa, Gilcyvan Costa de.

Revisão sistemática da literatura e meta-análise sobre
aquaponia / Gilcyvan Costa de Sousa. - 2025.
74 f.

Coorientador(a) 1: Alécio Matos Pereira.

Orientador(a): Raissa Rachel Salustruiano Silva-matos.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em
Ciências Ambientais/ccch, Universidade Federal do
Maranhão, Chapadinha-ma, 2025.

1. Recirculating Aquaculture Systems (ras). 2.
Oreochromis Niloticus. 3. Cyprinus Carpio. 4. Lactuca
Sativa. 5. Ocimum Basilicum. I. Pereira, Alécio Matos.
II. Silva-matos, Raissa Rachel Salustruiano. III. Título.

GILCYVAN COSTA DE SOUSA

**REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA E META-ANÁLISE SOBRE
AQUAPONIA**

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, do Centro de Ciências de Chapadinha, da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Meio ambiente e Recursos Naturais

Linha de pesquisa: Produção agrícola e desenvolvimento sustentável

Orientadora: Profª. Dra. Raissa Rachel S. da Silva-Matos

Coorientador: Prof. Dr. Alécio Matos Pereira

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Profª. Dra. Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos
Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCAM/UFMA)

Profª. Dra. Jane Mello Lopes
Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCAM/UFMA)

Profª. Dra. Izumy Pinheiro Doihara
Centro de Ciências de Chapadinha (CCCh/UFMA)

Chapadinha - MA

2025

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus e a minha família, especialmente aos meus preciosos pais.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por todo direcionamento para concretização deste projeto, bem como sua condução magnífica ao longo do mestrado. Sem dúvida, Ele me ajudou em todas as etapas, guiando-me de forma maestral. A Deus seja dada toda honra e glória para sempre! “Confie no Senhor de todo o seu coração e não se apoie em seu próprio entendimento; reconheça o Senhor em todos os seus caminhos, e Ele endireitará as suas veredas” (Provérbios 3:5-6).

Agradeço também aos meus queridos orientadores, Profa. Dra. Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos e Prof. Dr. Alécio Matos Pereira, maravilhosos amigos que Deus me concedeu e por quem tenho valorosa admiração.

Obrigado por toda a paciência, Profa. Raissa Matos. Cada sugestão, conselho, orientação, ideia... Vossa excelência muito contribui em minha história acadêmica e profissional, pois desenvolvi várias habilidades que levarei pela vida e aplicarei com apreço. Agradeço de coração por toda ajuda e lhe desejo cada vez mais grandes realizações profissionais e pessoais. Sua dedicação é um exemplo de que o profissionalismo é um atributo que merece ser cultivado e conservado, mesmo diante dos desafios inerentes ao âmbito profissional.

Ao meu querido coorientador Prof. Alécio Matos, também agradeço imensamente por toda parceria e colaboração ao longo dessa jornada de pós-graduação. Agradeço-lhe por todas as oportunidades profissionais, incluindo as atividades de aprimoramento docente, a participação em bancas, desenvolvimento de aulas... Cada experiência me fez alcançar um desejo ainda maior de seguir na carreira docente, embora tendo ciência que é repleta de desafios. Muito obrigado por toda a ajuda!

À minha família, especialmente meus pais, Gilvan Diniz de Sousa e Maria Antonia Costa de Sousa. Ao meu pai, agradeço por todo apoio e dedicação. À minha mãe, agradeço por toda ajuda, amor, cuidado..., gestos que realçam cada vez mais seu inestimável e genuíno caráter, minha Rainha. Amo vocês, meus lindos!

Aos meus queridos irmãos, Gildevan Costa de Sousa e Gilcyane Costa de Sousa, meu sobrinho, Nycolas Thiarlyson, e minha preciosa namorada, Girlanne Souza. Vocês são importantíssimos em minha vida!

Aos meus queridos amigos docentes, principalmente à Profa. Dra. Nathália Martins, Prof. Dr. Welligton e à Profa. Dra. Luma Castro. Obrigado por todo apoio rumo ao crescimento profissional.

A todos os amigos pertencentes aos grupos de pesquisa Bioima, Frutima e Florima, em especial Gerson, Fernando, Janaiane, Gabriel, Deise, Álvaro, Luís e João Pedro. Muito obrigado por toda valiosa parceria ao longo dessa fase, pessoal. Vocês são Show!

À CAPES (Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão), pela concessão de bolsa acadêmica que contribui para realização deste mestrado.

RESUMO

Há uma urgência por pesquisas científicas aprofundadas sobre aquaponia, especialmente com ênfase em suas variações, potencialidades e características. Diante disso, por meio deste estudo, buscou-se analisar, de forma sistemática e multidisciplinar, os principais aspectos da aquaponia enquanto sistema amplamente utilizado na produção de peixes e vegetais. Nesse contexto, com base nas diretrizes de revisão sistemática PRISMA, realizou-se uma análise abrangente e minuciosa de 2.025 artigos obtidos de três principais bases de dados: Web of Science, Science Direct e Scopus. Dentre os principais resultados, destaca-se que a produção científica envolvendo experimentação com aquaponia teve acentuada intensificação a partir de 2016, sendo os Estados Unidos o país com maior volume de publicações, com base no período temporal da revisão; A espécie de peixe mais utilizada nos estudos foi a tilápia (*Oreochromis niloticus*), enquanto na produção vegetal sobressaiu-se a alface (*Lactuca sativa*). O tipo de sistema com maior número de citações foi “Recirculating Aquaculture Systems (RAS)”, cuja alta taxa de aceitação provavelmente está atrelada à sua capacidade intensiva de suportar altas densidades de cultivo, baixo consumo de recursos hídricos e qualidade da água. Em relação à produção, a tilápia apresentou um ganho de peso médio superior (63,01 g) em comparação à carpa comum (45,37 g), além de uma taxa de crescimento específico (TCE) mais elevada (1,58% ao dia contra 1,22% ao dia). Quanto ao tempo de abate, no período de 45 a 56 dias, a tilápia apresentou o maior ganho de peso médio (30,53 g), sugerindo que condições iniciais favoráveis podem impulsionar um desempenho produtivo mais eficiente. Em períodos mais longos de produção (60 a 75 dias), entretanto, identificou-se uma estabilização no crescimento da espécie. Nesse sentido, os resultados desta dissertação evidenciam diferentes aspectos relevantes acerca da aquaponia, com potencial de nortear pesquisadores, incentivar inovação tecnológica e fundamentar futuros projetos de pesquisa na área.

Palavras-chave: Recirculating Aquaculture Systems (RAS); *Oreochromis niloticus*; *Cyprinus carpio*; *Lactuca sativa*; *Ocimum basilicum*.

ABSTRACT

There is an urgent need for in-depth scientific research on aquaponics, particularly with an emphasis on its variations, potential, and characteristics. Therefore, this study sought to systematically and multidisciplinary analyze the main aspects of aquaponics as a system widely used for the production of fish and vegetables. In this context, based on the PRISMA systematic review guidelines, a comprehensive and detailed analysis of 2,025 articles obtained from three major databases was conducted: Web of Science, Science Direct, and Scopus. Among the main results, it stands out that scientific production involving aquaponics experimentation intensified markedly from 2016 onwards, with the United States being the country with the highest volume of publications, based on the review's time frame. The most frequently used fish species in the studies was tilapia (*Oreochromis niloticus*), while in plant production, lettuce (*Lactuca sativa*) was the most prominent. The system type with the highest number of citations was "Recirculating Aquaculture Systems (RAS)", whose high acceptance rate is likely linked to its intensive capacity to support high stocking densities, low water consumption, and water quality. Regarding production, tilapia showed a higher average weight gain (63.01 g) compared to common carp (45.37 g), in addition to a higher specific growth rate (SGR) (1.58% per day vs. 1.22% per day). Concerning the time to harvest, within the 45 to 56-day period, tilapia exhibited the highest average weight gain (30.53 g), suggesting that favorable initial conditions can boost more efficient productive performance. However, in longer production periods (60 to 75 days), a stabilization in the species' growth was identified. In this sense, the results of this dissertation highlight different relevant aspects of aquaponics, with the potential to guide researchers, encourage technological innovation, and underpin future research projects in the field.

Keywords: Recirculating Aquaculture Systems (RAS); *Oreochromis niloticus*; *Cyprinus carpio*; *Lactuca sativa*; *Ocimum basilicum*.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1. Nutrient Film Technique.....	3
Figura 2. Deep Film Technique ou Floating.....	3
Figura 3. Media Bed Technique.....	4
Figura 4. Deep Water Culture.....	4
Figura 5. Resumo do processo de seleção de trabalhos científicos através da metodologia PRISMA.....	8

CAPÍTULO II

Figura 1. Fluxograma PRISMA das principais etapas da revisão sistemática sobre aquaponia, sendo “n” o número de resultados obtidos em cada processo.....	26
Figura 2. Distribuição quantitativa e temporal dos artigos selecionados sobre aquaponia, com base no período de 1993 a 2024.....	27
Figura 3. Distribuição geográfica dos três principais países em produção científica sobre aquaponia, com base no período de 1993 a 2024.....	28
Figura 4. Principais palavras-chave dos artigos sobre aquaponia, com base no período de 1993 a 2024.....	29
Figura 5. Principais áreas de pesquisa dos artigos sobre aquaponia, com base no período de 1993 a 2024.....	29
Figura 6. Principais espécies de peixes dos artigos sobre aquaponia, com base no período de 1993 a 2024.....	30
Figura 7. Principais espécies vegetais dos artigos sobre aquaponia, com base no período de 1993 a 2024.....	32
Figura 8. Principais tipos de sistema dos artigos sobre aquaponia, com base no período de 1993 a 2024.....	33

CAPÍTULO III

Figura 1. Fluxograma PRISMA das principais etapas da revisão sistemática sobre aquaponia, sendo “n” o número de resultados obtidos em cada processo.....	51
Figura 2. Forest-plot da comparação entre a produção de tilápia (Khater et al., 2023) e carpa comum (Velichkova et al., 2020) em sistema de aquaponia, com base em um período de 60 dias.....	52

Figura 3. Comparação das taxas de crescimento específico diário em tilápia (Khater et al., 2023) e carpa comum (Velichkova et al., 2020).....	54
Figura 4. Forest-plot dos estudos envolvendo produção de tilápia com aquaponia com enfoque principal na comparação entre diferentes intervalos de produção. Figura 3.A – 45 a 56 dias de produção.....	55

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO III

Tabela 1. Portfólio bibliográfico dos artigos selecionados para meta-análise.....50

Tabela 2. Organização de três grupos experimentais, em relação ao tempo de produção da tilápia em sistema de aquaponia, com base nos artigos selecionados para meta-análise.....54

APÊNDICES

Tabela 1. Lista completa dos 171 artigos que compõem o portfólio bibliográfico obtido através do estudo de revisão sistemática sobre o sistema de aquaponia.....59

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	1
1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	1
1.1 Hidroponia	1
1.2 Sistema aquapônico	1
1.3 Tipos de sistema aquapônico	2
1.4 Produção vegetal com aquaponia	4
1.5 Produção de peixes com aquaponia	5
1.6 Revisão bibliométrica	5
1.7 PRISMA	6
2. OBJETIVOS	9
2.1 Geral	9
2.3 Específicos	9
REFERÊNCIAS	10
CAPÍTULO II.....	22
1. Introdução	23
2. Fundamentação teórica	24
2.1 Produção sustentável e integrada	24
3. Metodologia	24
3.1 Delineamento da revisão sistemática	24
3.2 Pesquisa bibliográfica	24
3.3 Critérios de inclusão e seleção de estudos	25
4. Resultados e Discussão	25
4.1 Pesquisa sistemática	25
4.2 Análise bibliométrica	26
4.2.1 Distribuição temporal dos artigos	26

4.2.2 Produção científica	27
4.2.3 Principais palavras-chave e áreas de publicação	28
4.3 Análise sistemática dos estudos	30
4.3.1 Espécies mais utilizadas em aquaponia	30
4.3.2 Sistemas de aquaponia	33
5. Conclusões	33
REFERÊNCIAS	34
CAPÍTULO III	44
1. Introdução	45
2. Fundamentação teórica.....	46
2.1 Aquaponia	46
2.2 Eficiência produtiva em aquaponia	46
2.3 Desafios na produção	47
3. Metodologia	47
3.1 Delineamento Experimental	47
3.2 Pesquisa Bibliográfica	48
3.3 Critérios de Inclusão e Seleção de Estudos	48
3.4 Número amostral de peixes.....	49
3.5 Meta-análise.....	49
4. Resultados e discussão.....	50
4.1 Pesquisa sistemática.....	50
4.2 Meta-análise dos estudos	52
4.2.1 Comparação produtiva em ganho de peso	52
4.2.2 Taxa de crescimento específico das espécies (TCE).....	53
4.2.3 Análise do tempo em produção de tilápia	54
5. Conclusões	56
REFERÊNCIAS	57

ANEXOS	73
--------------	----