



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA
CURSO DE ENGENHARIA DE PESCA

VILANY VIEIRA SOARES DE MENEZES

APLICAÇÃO DA AQUAPONIA NO NORDESTE BRASILEIRO, UMA REVISÃO

FORTALEZA
2022

VILANY VIEIRA SOARES DE MENEZES

APLICAÇÃO DA AQUAPONIA NO NORDESTE BRASILEIRO, UMA REVISÃO

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Pesca do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Reynaldo Amorim Marinho

FORTALEZA
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M513a Menezes, Vilany Vieira Soares de.
Aplicação da aquaponia no nordeste brasileiro, uma revisão / Vilany Vieira Soares de Menezes. – 2022.
55 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2022.
Orientação: Prof. Dr. Reynaldo Amorim Marinho.

1. Sistema aquapônico,. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Semiárido. 4. Agricultura Familiar. I.
Título.

CDD 639.2

VILANY VIEIRA SOARES DE MENEZES

APLICAÇÃO DA AQUAPONIA NO NORDESTE BRASILEIRO, UMA REVISÃO

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Pesca do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro de Pesca.

Aprovada em: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Reynaldo Amorim Marinho (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Raimundo Nonato de Lima Conceição
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Ma. Iracilda Ferreira da Silva Lima

FORTALEZA
2022

À minha família.

À educação pública, gratuita e de qualidade.

Ao futuro da ciência brasileira.

Ao Nordeste brasileiro.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primordialmente a minha família, meu pai, mãe e irmão, por sempre me apoiar, por me incentivar a estudar, e acreditar muito em mim. Eu lembro muito de todo o esforço ainda na infância para que nós tivéssemos educação, o quanto era difícil, muito obrigada por não terem desistido.

Ao Prof. Dr. Oscar Pacheco, por ter me dado a primeira oportunidade de estágio. Na estação aprendi muitas coisas, e ganhei muita experiência. Foi lá onde tive o primeiro contato com a aquaponia e conheci pessoas maravilhosas, em especial Márcia Santana e Antônio Monte, vocês são símbolo de inspiração e força.

Ao Programa de Educação Tutorial pela oportunidade de participar desse grupo incrível durante três anos, onde conheci tantas pessoas que marcaram a minha história, foram muitos eventos, palestras, problemas resolvidos e muito amadurecimento. Em especial, agradeço ao Davi, nossa história é parecida, entramos juntos na UFC e no PET, obrigada meu bem por todo apoio e carinho envolvido. E claro as minhas duas meninas, Larissa Pinto e Thifany, a gente fez muitos trabalhos juntas e muitas fofocas tomando merenda na tia Graça.

Ao Projeto Mangue Vivo, por tantos aprendizados, pela oportunidade de conhecer diferentes assuntos e de vê-los na prática. Obrigada Prof. Dra. Gleire e Prof. Dr. Reynaldo pela oportunidade. Espero participar de outros trabalhos no futuro.

Aos meus grandes amigos que me acompanham literalmente desde o primeiro dia na UFC. Ao Jhonatas Teixeira, por todas as risadas, conversas e por tudo que me ensinou e tenho certeza que ainda vai ensinar, você já esteve presente em momentos muito difíceis seja nas obrigações da UFC ou na vida, mas sempre depois disso você transforma em uma história engraçada. À minha grande irmã, Geovannia Maria, que me acompanha desde o Pré-Agrárias, e mesmo que nossos destinos tenham sido diferentes continuamos juntas depois de cinco anos, obrigada por me apoiar, por tentar me ajudar em tudo, por me dar tanto amor e compartilhar tantos momentos maravilhosos na minha vida. Obrigada gente por tanto, eu não mereço vocês.

Ao Álvaro Luccas por tanto, todo amor, carinho e conversas. Você foi um grande presente da UFC pra mim, muitas vezes o motivo para eu continuar tentando e a pessoa que tem mais fé em mim do que eu mesma. Tenho certeza que é só o início da nossa história e que ainda vamos viver muitas coisas juntos.

Ao Prof. Dr. Reynaldo, obrigada por ter me acolhido, pelos conselhos, pelas histórias e todos os cafés. Agradeço também por ter aceitado o desafio de me orientar e sempre se mostrar disponível para ajudar. Espero trabalhar com o senhor outras vezes, e tomar muitos outros cafés.

Enfim, obrigada a todos os colegas e amigos que encontrei durante esses anos na UFC e que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até aqui. E também à Ma. Iracilda Ferreira da Silva Lima e Prof. Dr. Raimundo Nonato de Lima Conceição por ter aceitado o convite de participar da minha banca.

Para as profissionais que me acompanham, Ligiane Santiago e Lícia Mesquita. Obrigada por me ajudarem a continuar e fazer com que eu recuperasse a alegria de viver, vocês mais do que ninguém sabe das minhas dificuldades para eu chegar até aqui. Sem vocês nada disso seria possível.

Ter a oportunidade de conquistar mais esse sonho, contribuir com uma causa que acredito em meio a um contexto pandêmico, em um governo desumano e genocida e enfrentando tantos conflitos internos sufocantes, é um grande privilégio e um dos meus maiores agradecimentos. Obrigada meu Deus!

“Qual é o perigo da situação atual? A ignorância. A ignorância, muito mais que a miséria...

É num momento semelhante, diante de um perigo como esse, que se pensa em atacar, em mutilar, em sucatear todas essas instituições que têm como objetivo específico perseguir, combater e destruir a ignorância!”.

- **Victor Hugo (Discurso na Assembleia Constituinte em 10 de novembro de 1848).**

RESUMO

Dentre os principais problemas sociais e ambientais enfrentados pelo mundo atualmente, pode-se falar de três que estão diretamente interligados, sendo eles a disponibilidade da água, juntamente com a fome e o crescimento populacional. No Brasil, destaca-se a região Nordeste por possuir a segunda maior população do país que por conta do clima da região, predominantemente semiárido, sofre com sérias estiagens. Além disso cerca de 40% da população da região sofre com a insegurança alimentar. Neste cenário, a aquaponia se apresenta como uma das possíveis soluções que o setor agropecuário possui para minimizar e/ou sanar os danos sociais causados por estes problemas. A aquaponia é uma tecnologia sustentável de produção de alimentos, com baixo consumo de água, a qual une a aquicultura com a hidroponia. Com isso o objetivo do trabalho foi fazer uma revisão dos estudos com aquaponia no Brasil e no mundo, a fim de interligar as informações dessa tecnologia com os atuais problemas socioambientais, e também investigar se a mesma é uma alternativa de baixo impacto capaz de garantir segurança hídrica e alimentar para a agricultura familiar do Nordeste brasileiro, bem como identificar perspectivas futuras do presente trabalho nessa região. A pesquisa foi feita através da análise de trabalhos nacionais e internacionais, onde foram feitas sínteses e discussões sobre o assunto. Os peixes redondos e a Tilápia do Nilo que são atualmente as principais espécies cultivadas pela piscicultura brasileira, podem também ser produzidas por meio da aquaponia no semiárido. As principais plantas produzidas no Nordeste brasileiro que podem ser cultivadas em sistema aquapônico são: alface, coentro, cebolinha e couve, sendo que hortaliças folhosas melhor se adequam ao sistema UVI (*University of the Virgin Island*), que é o mais viável para região devido seu gasto mínimo de água e a possibilidade de se cultivar uma maior variedade de plantas no sistema. O trabalho de extensão em associações se apresenta como a melhor forma de aplicação, podendo ser uma maneira mais fácil e econômica, além de atingir um maior número de pessoas e facilitar o trabalho dos técnicos. Diante do exposto, é possível afirmar que a aquaponia é uma boa opção para produção de alimentos no Nordeste Brasileiro.

Palavras-chave: Sistema aquapônico, Desenvolvimento sustentável, Semiárido, Agricultura Familiar.

ABSTRACT

Among the main social and environmental problems faced by the world today, one can speak of three that are directly interconnected, namely the availability of water, along with hunger and population growth. In Brazil, the Northeast region stands out for having the second largest population in the country which, due to the region's climate, predominantly semi-arid, suffers from serious droughts. In addition, about 40% of the region's population suffers from food insecurity. In this scenario, aquaponics presents itself as one of the possible solutions that the agricultural sector has to minimize and/or remedy the social damage caused by these problems. Aquaponics is a sustainable food production technology, with low water consumption, which combines aquaculture with hydroponics. With that, the objective of the work was to review the studies with aquaponics in Brazil and in the world, in order to interconnect the information of this technology with the current socio-environmental problems, and also to investigate if it is a low-impact alternative capable of guaranteeing safety. water and food supply for family farming in the Brazilian Northeast, as well as identifying future perspectives of the present work in this region. The research was done through the analysis of national and international works, where syntheses and discussions on the subject were made. Round fish and Nile Tilapia, which are currently the main species cultivated by Brazilian fish farming, can also be produced using aquaponics in the semiarid region. The main plants produced in the Brazilian Northeast that can be grown in an aquaponic system are: lettuce, coriander, chives and cabbage, and leafy vegetables are better suited to the UVI system (*University of the Virgin Island*), which is the most viable for the region due to its minimal use of water and the possibility of growing a greater variety of plants in the system. Extension work in associations is presented as the best form of application, which can be an easier and more economical way, in addition to reaching a greater number of people and facilitating the work of technicians. Given the above, it is possible to say that aquaponics is a good option for food production in Northeast Brazil.

Keywords: Aquaponic system, Sustainable development, Semi-arid, Family Farming.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Produção mundial de pescado de origem da pesca e da aquicultura...	18
Figura 2	- Crescimento na produção brasileira da piscicultura nos últimos anos	20
Figura 3	- Produção total da carcinicultura brasileira no ano de 2020, com ênfase no Nordeste.....	21
Figura 4	- Plantas mais cultivadas pelos produtores de aquaponia mundialmente (257 produtores)	29
Figura 5	- Organismos aquáticos mais produzidos na aquaponia mundialmente (257 produtores)	31
Figura 6	- Ciclo de nitrificação na aquaponia.....	33
Figura 7	- Faixa de pH médio ideal para organismos aquáticos e plantas.....	34
Figura 8	- Faixa de temperatura média ideal para organismos aquáticos e plantas.....	35
Figura 9	- Açude Castanhão – CE.....	37
Figura 10	- Cisternas para armazenamento de água oriunda das chuvas.....	38
Figura 11	- Caldeirão, caverna natural para captar água das chuvas.....	38
Figura 12	- Sistema Mandala.....	39
Figura 13	- Sistema de dessalinização de água do Projeto Água Doce.....	40
Figura 14	- Diagrama de fluxo esquemático de um Sistema Aquapônico Desacoplado (DAS).....	42
Figura 15	- Diagrama de fluxo esquemático de um Sistema Aquapônico Desacoplado Recirculante (RDAS).....	42
Figura 16	- Diagrama de fluxo esquemático de um Sistema Aquapônico Desacoplado Não Recirculante (NRDAS).....	43
Figura 17	- Diagrama de fluxo esquemático de um Sistema Aquapônico Totalmente Recirculante (FRAS).....	44
Figura 18	- <i>Layout</i> do sistema <i>University of the Virgin Island (UVI)</i>	45

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

a.C.	Antes de Cristo
BFT	<i>Biofloc Technology System</i>
BNB	Banco do Nordeste
BPE	<i>Before Present Era</i>
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
DAS	<i>De-coupled Aquaponic System</i>
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
FRAS	<i>Fully Recirculating Aquaponic System</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ILPF	Integração Lavoura-Pecuária-Floresta
MDA	Ministério do Desenvolvimento Agrário
NFT	<i>Nutrient film technique</i>
NRDAS	<i>Non-recirculating De-coupled Aquaponic System</i>
OEAFs	Multiplicação de Organizações Econômicas da Agricultura Familiar
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
P1+2	Programa Uma Terra e Duas Águas
P1MC	Programa Um Milhão de Cisternas
pH	Potencial Hidrogeniônico
PNRH	Plano Nacional de Recursos Hídricos
Pronaf	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
RAS	<i>Recirculating Aquaculture Systems</i>
RDAS	<i>Recirculating De-coupled Aquaponic System</i>
SAF	Secretaria da Agricultura Familiar
UVI	<i>University of the Virgin Island</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Graus Celsius
ha	Hectare
hm ³	Hectômetro cúbico
NH ₄ ⁺	Íon amônio
m ³	Metro cúbico
mm	Milímetro
NO ₃ ⁻	Nitrato
NO ₂ ⁻	Nitrito
%	Porcento
kg	Quilograma
km	Quilômetro
km ³	Quilômetro cúbico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Aquicultura Mundial	17
2.2	Aquicultura No Brasil	19
2.3	Meio Ambiente, Crescimento Populacional, Fome e Sede	22
2.4	Sistemas Sustentáveis De Cultivo E Aquaponia	24
3	METODOLOGIA	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
	REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, problemas ambientais e sociais têm causado preocupações. Dentre as questões ambientais, uma das mais preocupantes é a água, sendo um recurso inestimável para a vida e por conta da poluição, a sua distribuição desigual e seu consumo inconsciente vem sendo levantada a preocupação de preservar esse recurso. De acordo com a Organização das Nações Unidas - ONU (2019), a agropecuária consome cerca de 2/3 das captações de água mundial.

Embora o setor agropecuário possua elevado consumo de água, sua atividade é essencial para produção de alimentos e combate à fome, que é um gravíssimo problema historicamente presente na humanidade. Atualmente dos 7,8 bilhões de pessoas que existem no mundo quase 10% passam fome (FAO, 2020).

Tem outro fator que está interligado com essas duas questões que também preocupa a comunidade científica, que é o crescimento populacional e o combate à fome. De acordo com a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* – FAO (2017) até 2050 a população mundial pode crescer mais de 3 bilhões de pessoas. A grande questão é como vai ficar a água e alimentação, sendo indispensáveis para a vida.

No Brasil, o Nordeste se destaca nessas problemáticas. Sendo a região onde a maior parte do clima é o semiárido, isso a torna mais suscetível à escassez hídrica e conseqüentemente a baixa produção de alimentos. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2018) o Nordeste é a segunda região mais populosa do país, ficando atrás apenas do Sudeste. Além disso, mais de 1/3 da sua população passa pela situação de insegurança alimentar, que no Brasil entende-se como a falta de acesso a uma alimentação adequada, condicionada, predominantemente, às questões de renda (BEZERRA *et al.*, 2020).

Com a finalidade de solucionar tais problemas, a comunidade científica segue pesquisando formas sustentáveis de produzir alimento. Dentre as tecnologias atualmente presentes em uma produção menos impactante ao meio ambiente, temos a aquaponia. Ela é uma tecnologia de cultivo integrado de organismos aquáticos com vegetais, onde os organismos nutrem a água para os vegetais e estes por sua vez, ao absorverem os nutrientes, devolvam uma água de melhor qualidade para os organismos aquáticos, independente da sua fase de desenvolvimento, em ambientes fechados e controlados (RAKOCY, 1989; CHAVES *et al.*, 2006). A aquaponia possui características favoráveis para a região do semiárido como por

exemplo, baixo consumo de água comparada com outros setores da agropecuária, além da possibilidade de se produzir dois alimentos com alto valor nutricional (RAKOCY *et al.*, 2006).

Pode-se dizer que a aquaponia é relativamente nova, sendo que o início aos estudos se deu por volta do ano de 1970 no Alabama, Estados Unidos (MCGRAW, 2021). No Brasil, as primeiras pesquisas surgiram por volta dos anos 2000 (CORTEZ *et al.*, 2000; NOGUEIRA FILHO *et al.*, 2003). Ainda hoje a quantidade de estudos é pouca no país com a maior parte deles se concentrando no Sul e Sudeste (COSMO *et al.*, 2019). Entretanto, desde a década de 70 a aquaponia vem sendo estudada em várias partes do mundo, e em países com clima que se assemelha muito ao do Brasil, principalmente ao do Nordeste (LENNARD, 2004; ESSA *et al.*, 2008; GOADA *et al.*, 2015; GÓMEZ-MERINO *et al.*, 2015; MCHUNU *et al.*, 2018; EL-ESSAWY *et al.*, 2019).

Desse modo, o objetivo do presente trabalho é fazer uma revisão dos estudos com aquaponia no Brasil e no mundo, a fim de interligar as informações dessa tecnologia com os atuais problemas socioambientais, e também investigar se a mesma é uma alternativa de baixo impacto capaz de garantir segurança hídrica e alimentar para a agricultura familiar do Nordeste brasileiro, bem como identificar perspectivas futuras do presente trabalho nessa região.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aquicultura Mundial

A aquicultura é uma atividade milenar, e dentre as tantas definições que ela possui, uma das mais difundidas é a da FAO, onde ela apresenta a aquicultura como a criação de organismos aquáticos, entre eles crustáceos, peixes, moluscos e algas. Essa atividade pode ser desenvolvida tanto em água doce como salgada bem como ser individual ou corporativa, mas deve estar sempre em ambientes controlados e seguir um planejamento e protocolos de criação (FAO, 1988).

Não se sabe ao certo quando a aquicultura começou. Costa-Pierce (2008) estima que ela deve ter início no Egito, onde eles obtinham e produziam alimentos a partir do Rio Nilo. Há alguns registros do Império Novo (séculos XVI e o XI a.C) que mostram a associação da tilápia com a religião, onde a mesma era ligada a deusa Hathor considerada símbolo de renascimento. Além disso é possível encontrar pinturas da prática da atividade. (COSTA-PIERCE, 2008).

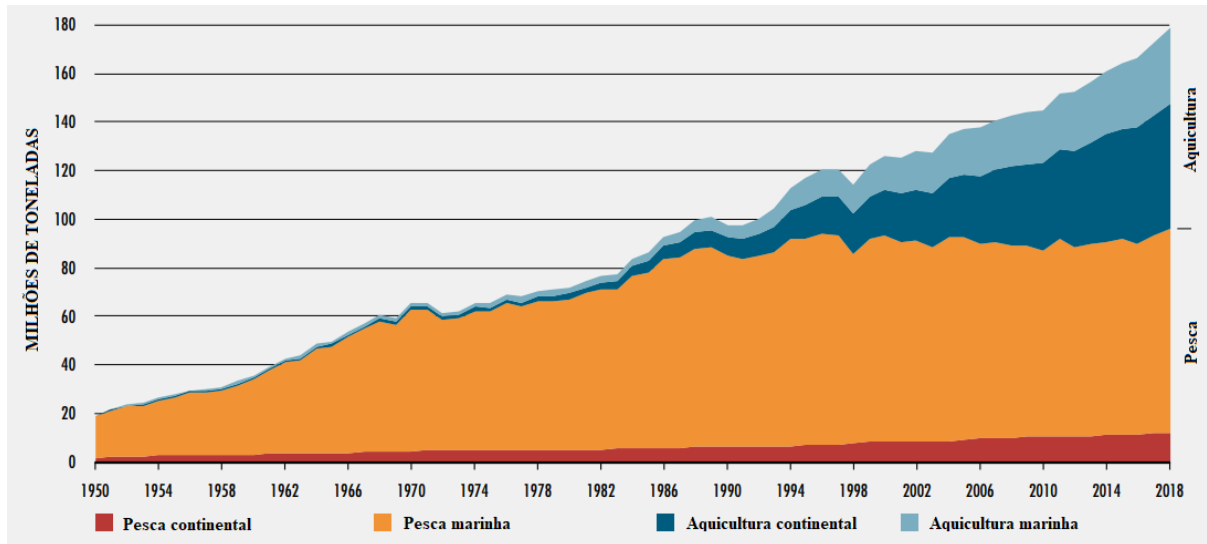
Outra suposição é que a aquicultura possa ter sido iniciada na Ásia, mais precisamente na China há mais de 5000 anos BPE (*Before Present Era*). Costa-Pierce (2008) indica que no Primeiro Império da China (2852 até 2737 BPE) havia criação de tainha (*Mugil cephalus*) e carpa (provavelmente a carpa comum, *Cyprinus carpio*), porém não há informações mais aprofundadas sobre a atividade.

Foi a partir dos anos de 1950 que a aquicultura começou a se desenvolver com mais intensidade, isso por conta da evolução dos meios de comunicação e dos meios de transporte, bem como o progresso da reprodução artificial e desenvolvimento de rações e alimentos balanceados para as espécies cultivadas. (AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2000; VINATEA, 1995). E com toda essa tecnologia sendo aplicada na aquicultura, na década de 90 ela ultrapassou a produção vinda da pesca. (FAO, 2012).

De acordo com o relatório da FAO 2020, a produção global de peixes advinda da aquicultura atingiu 46% em 2018, tendo um aumento de 25,7% em relação ao ano 2000. Foram produzidos no ano de 2018 cerca de 179 milhões de toneladas de peixes no valor total, sendo que 114,5 milhões de toneladas obtidas da aquicultura, atingindo outro recorde histórico (Figura 1). Ainda segundo a FAO 2020, o valor total obtido dessa atividade foi de 263,3 bilhões de dólares. No ano de 2018, 39 países, localizados em todas as regiões do mundo, exceto a

Oceania, obtiveram mais animais aquáticos pela aquicultura do que pela pesca. Liderando a produção, aparece a China, seguida de outros países da Ásia e países das Américas.

Figura 1: Produção mundial de pescado de origem da pesca e da aquicultura.



Fonte: FAO, 2020.

Sabe-se também que nos últimos 60 anos, o consumo de pescado subiu bastante de acordo com o crescimento populacional. É estimado que no período de 1961 até 2017 tenha aumentado cerca de 3,1% na taxa de consumo de pescado total por ano. Calcula-se que o consumo por cada indivíduo em 2018 chega a 20,5 kg. Esse aumento do consumo não é só devido ao impulsionamento da produção, mas também ao aumento da tecnologia de processamento de pescado, melhores armazenamentos, aumento da renda em todo o mundo, conhecimento dos benefícios do pescado, entre outros. Historicamente, os maiores consumidores de pescados são o Japão, Estados Unidos e a Europa (FAO, 2020).

Vale ressaltar que a nível global, desde 2016 a aquicultura tem sido a principal fonte de pescado para consumo humano, com aumento considerável, levando em consideração que em 1990 esta atividade era responsável por cerca de 19% da produção. Em 2018 a aquicultura contribuiu por 52% da produção, havendo estimativas de que esse número continuará aumentando em longo prazo (FAO, 2020).

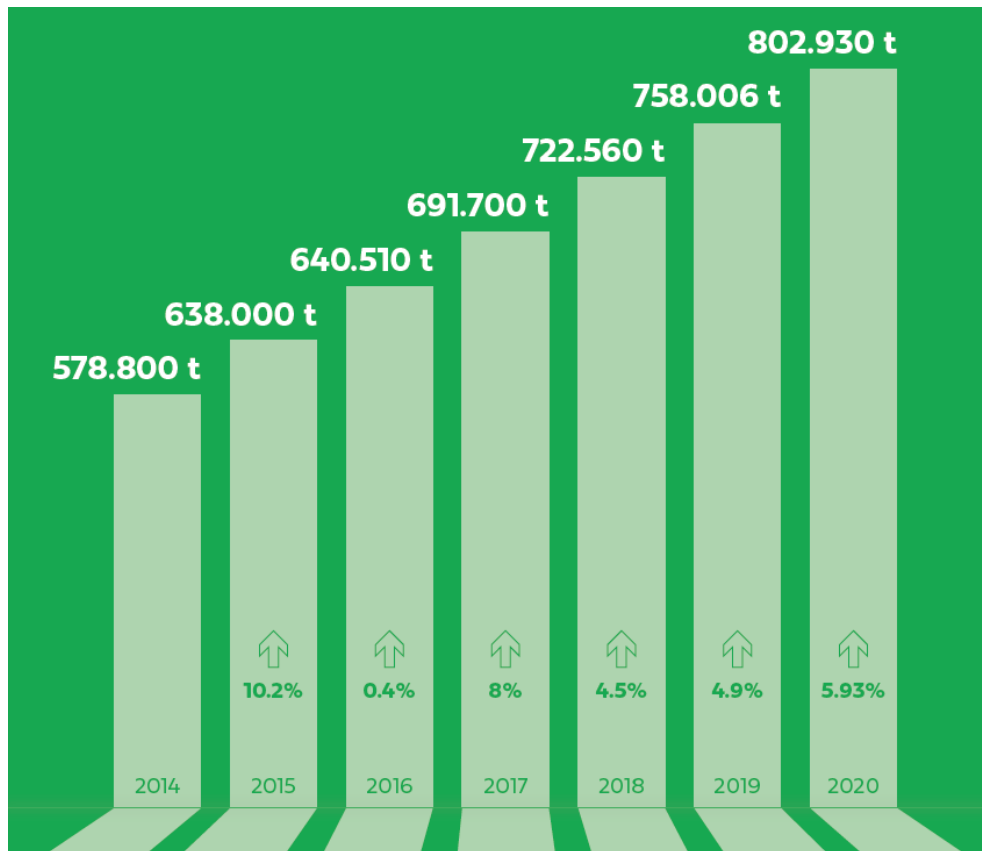
2.2 Aquicultura no Brasil

Há indícios de que o início da aquicultura no Brasil ocorreu por volta do século XVII, e ganhou força somente na década de 1970. (QUEIROZ *et al.*, 2013). As primeiras produções aquícolas ocorreram primeiramente no Nordeste, em Pernambuco entre os anos de 1630 e 1654, quando a região era governada por holandeses, os quais ao iniciarem a produção aquícola, já estavam cientes naquela época do potencial brasileiro para a aquicultura. Os peixes eram cultivados em uma espécie de lago que era enchido pelas marés, e a produção era ofertada na alimentação dos nordestinos. Vale frisar que desde o início da aquicultura no nosso país até meados dos anos de 1980, esta atividade era por pequenos produtores apenas como forma de subsistência (VALENTI. *et al.*, 2021).

O Brasil sempre teve grande capacidade para a produção do pescado, tanto na pesca quanto na aquicultura. Possuindo um litoral com mais 7,4 mil km de extensão, além de ser o país que contém a maior quantidade de água doce do planeta, tendo uma reserva de mais de 8 mil km³ de água (VALENTI *et al.*, 2021). Ademais, o clima é um fator que influencia positivamente a produção, sendo considerado adequado para o cultivo de espécies muito consumidas, como por exemplo a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), além de ter espécies nativas com boas características que favorecem tanto a produção em cativeiro, quanto a comercialização. É importante ressaltar que o Brasil não aproveita grande parte do seu potencial para a produção de pescados, porém tanto o consumo, quanto a criação de peixes, crustáceos e moluscos tem sido algo emergente no país (KUBITZA, 2015).

A produção da piscicultura brasileira no ano de 2020 cresceu cerca de 5,93%, ou seja, 802,9 mil toneladas de peixes, sendo o melhor desempenho visto desde 2014 (PEIXE BR, 2021) (Figura 2). Em relação à carcinicultura, o crescimento foi de 14,1% a mais do que foi produzido no ano anterior, o que equivale a uma quantidade de 63,2 mil toneladas de camarões despescados em 2019, evidenciando uma recuperação do vírus da mancha branca (IBGE, 2020). Deve-se levar em consideração o período pandêmico que foi vivenciado desde o início de 2020, e entre tantas dificuldades a produção na aquicultura ainda teve um resultado positivo.

Figura 2: Crescimento na produção brasileira da piscicultura nos últimos anos.



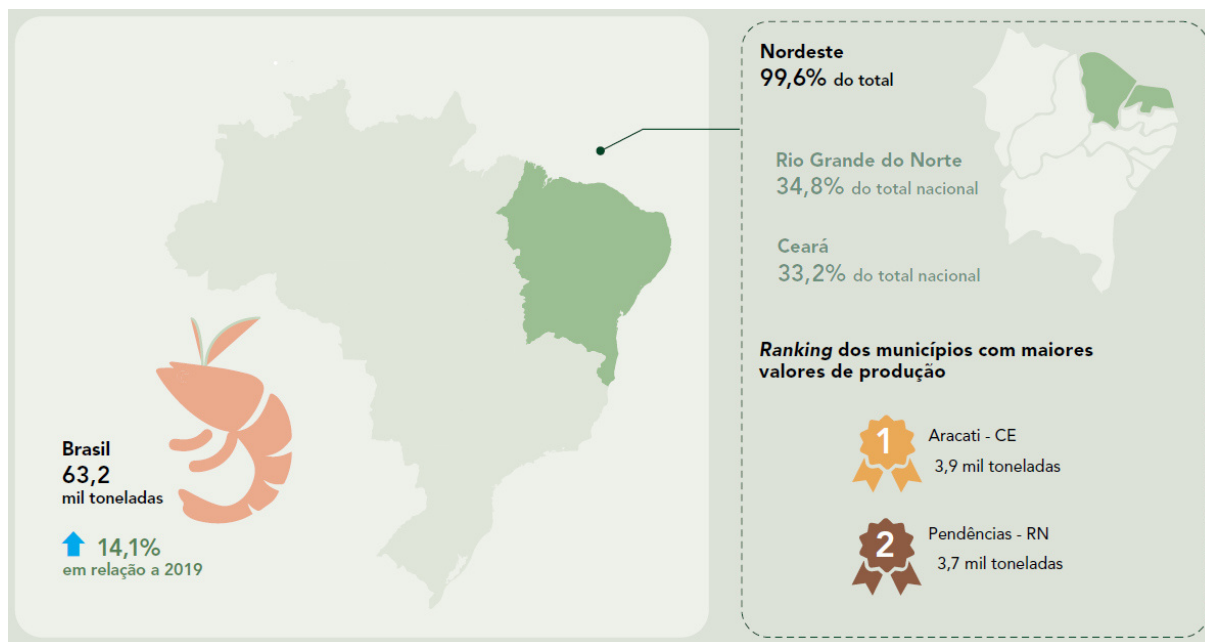
Fonte: Peixe BR, 2021.

Das espécies de peixes mais produzidas no país destacam-se a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), sendo ela responsável por mais da metade da produção da aquicultura no país, e os peixes redondos, que são o tambaqui (*Colossoma macropomum*), o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e seus híbridos, os quais mesmo tendo um decréscimo na produção no ano de 2020, com recuo em torno de 3,2%, ainda possui impacto grande na piscicultura do país. Outro organismo muito cultivado no Brasil é o camarão branco do pacífico (*Litopenaeus vannamei*), que mesmo enfrentando surtos de doenças virais e bacterianas, apresentou produção alta. Os animais citados anteriormente lideram a produção no país, porém, sabe-se que a aquicultura brasileira age tanto em peixes de água doce e de água salgada, camarões de água doce e camarões marinhos, assim como rãs, moluscos, tartarugas, invertebrados marinhos, microalgas e macroalgas (VALENTI *et al.*, 2021; PEIXE BR, 2021; IBGE, 2020)

Em relação à produção por região e estados, vem a região Sul em primeiro lugar, a Nordeste em segundo, e o Norte em terceiro. O Sul ele é extremamente importante para a piscicultura nacional, e a região que mais produz tilápia no Brasil, sendo o estado do Paraná o maior produtor. A região Nordeste tanto tem uma grande influência na produção de peixes,

quanto é principal produtor de camarão do país, tendo destaque o Rio Grande do Norte e o Ceará (Figura 3). O principal destaque da região Norte é na produção de peixes redondos, tendo Rondônia como o principal produtor (PEIXE BR, 2021).

Figura 3: Produção total da carcinicultura brasileira no ano de 2020, com ênfase no Nordeste.



Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Pesquisa da Pecuária Municipal 2020.

Vale ressaltar que a aquicultura do país é dominada por pequenos produtores, ou seja, produtores com propriedades que possuem viveiros menores de 2 ha até 4,9 ha (VALENTI *et al.*, 2021).

O principal modo de produção de peixes e camarões é a criação em viveiros com o fundo natural, porém outra forma de produção que vem crescendo ultimamente é a de tanque rede, visto que de acordo com Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), uma autarquia federal, o Brasil possui uma capacidade de produzir cerca de 2,5 milhões de toneladas (VALENTI *et al.*, 2021).

Além disso, outros sistemas também são muito utilizados, como por exemplo o Sistema de Recirculação de Água (RAS), principalmente para a produção de alevinos de peixes e camarões, bem como de ornamentais. Vale ressaltar que eles também possuem potencial para a engorda de organismos aquáticos, além de serem considerados mais benéficos para o meio ambiente (VALENTI *et al.*, 2021; KUBITZA, 2006, 2015). Dentro dessa ótica sustentável, uma outra atividade que vem crescendo bastante é a prática do sistema de bioflocos (BFT), que é uma prática para a criação superintensiva de peixes, em especial tilápia e camarões. Outra tecnologia também considerada sustentável, mas que ainda está emergindo no país é a

aquaponia, que assim como o BFT tem uma produção intensiva de organismos aquáticos, e como diferencial a produção de plantas em conjunto. Práticas que intensificam e aumentam a produção estão sendo cada vez mais estudadas para suprir o consumo da população. (KUBITZA, 2015; DURIGON *et al.*, 2017).

O consumo nacional vem aumentando nos últimos anos, e de acordo com a *Seafood Brasil*, no ano de 2021 foi de 10,2 kg de pescado por pessoa/ano, o que é ainda é um pouco abaixo do consumo recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), cuja recomendação é cerca de 12 kg por pessoa/ano. Mas, ainda que o valor esteja abaixo, já é bem maior do que no ano de 2009, por exemplo, em que o consumo domiciliar era estimado em 4 kg por habitante anualmente (SONODA *et al.*, 2012). Dados mostram que o consumo aumentou em 83% nos último 11 anos, sendo que este aumento tanto está ligado às importações de pescado como também ao sucesso da aquicultura ano após ano no Brasil (SANTOS, 2021).

A aquicultura de maneira geral possui perspectivas otimistas. Tendo a receita anual gerando na casa dos bilhões de dólares, pode-se dizer que os primeiros passos para isso estão sendo dados (PEIXE BR, 2021). Os principais organismos cultivados atualmente, ainda possuem muito espaço para crescer devido ao grande mercado interno, além disso há outras espécies, que não são as principais produzidas, mas que possuem um grande potencial de produção. Dos anos 2000 até atualmente, a piscicultura no país já cresceu quatro vezes mais. De acordo com a Peixe BR “em 20 anos, o Brasil será o maior produtor mundial de peixes de cultivo, com a liderança da tilápia”.

2.3 Meio Ambiente, Crescimento Populacional, Fome e Sede

Logo no início da produção o meio ambiente era considerado parte do sistema econômico em que estava inserido, sendo uma fonte inesgotável de recurso, ou seja, ele tinha que se adequar ao consumo e produção da população. Na década de 1970 despertou-se a preocupação coletiva com a problemática do meio ambiente, e os países começaram a se reunir a cada 10 anos, inicialmente no ano de 1972, em Conferências ambientais internacionais buscando formas de frear os impactos ambientais e preservar o meio (ELY, 1986). Dentre esses impactos ao meio ambiente podemos citar a poluição das águas, juntamente com o seu consumo inconsciente e sua distribuição desigual, como os fatores mais problemáticos. Entre as causas que podem contribuir para essa má distribuição está o alto consumo desse recurso em alguns setores, sendo a agropecuária uma delas, que consome por volta de 69% das captações de água mundial (ONU, 2019). Além disso, estima-se que esse consumo aumentará com o passar dos

anos, sendo que a demanda deva passar para 40% até 2030 e 55% até 2050, onde aproximadamente mais de 40% da população mundial viverá em áreas de grave estresse hídrico (EMBRAPA, 2018).

No Brasil o consumo segue princípio semelhante, com a utilização de aproximadamente 572 mil hm³/ano, do total de 3.700 milhões de hm³/ano obtidos (IBGE, 2017). Vale ressaltar, que o uso da água no meio rural utiliza uma grande parcela da captação total de água brasileira, representando cerca de 83%, dos quais 72% são destinados à irrigação, ou seja, uma prática agrícola que está em grande expansão (EMBRAPA, 2018). Enfatizando o Nordeste, que é a região mais sofredora com o racionamento de água no país, são utilizadas 67 mil hm³/ano do total de 191 mil hm³/ano captados (IBGE, 2017; ANA, 2020). Embora o consumo da agricultura seja alto, sua atividade é essencial para alimentar a população e combater a fome (MEDEIROS *et al.*, 2018).

A fome é um dos principais problemas sociais que historicamente assombra a humanidade. Atualmente, 690 milhões de pessoas passam fome no mundo, o que é aproximadamente 8,9% da população mundial. Dessas pessoas, cerca de 24 milhões estão situados na América do Sul (FAO, 2020). No Brasil, em torno de 25,8% da população vive em estado de insegurança alimentar, sendo que no Nordeste 41,9% dos que residem na região vive nessa situação (IBGE, 2013).

Outra questão preocupante é o crescimento populacional. Estima-se que até 2050 teremos 9,73 bilhões de pessoas no mundo, e espera-se que esse crescimento ocorra mais em países subdesenvolvidos (ONU, 2019). Assim, de acordo com os dados do IBGE (2018), estima-se que até o final da década de 40 e início da 50 o Brasil tenha um pouco mais de 233 milhões de pessoas. Com toda essa estimativa de crescimento populacional vem a preocupação com a quantidade de recursos necessários para suprir a população, visto que já não é bem distribuído hoje em dia (FAO, 2017).

Trazendo essas questões a nível nacional, a região Nordeste se destaca, pois a mesma possui em sua grande parte o clima semiárido, e conseqüentemente a região sofre um fenômeno natural de estiagem, que a deixa muito suscetível às adversidades ditas anteriormente (IBGE, 2013, 2018; ZANELLA, 2014). Além disso, essa é a segunda região mais populosa do país (IBGE, 2018). Há algumas tentativas de resoluções para diminuir o impacto da falta que a água faz na região, porém, muita das vezes não é acessível seja por falta de investimento ou por necessidade de políticas públicas, sendo esses um dos principais motivos pelos quais a região

participa tão ativamente da triste estatística mundial (BRASILEIRO, 2009; ALVES *et al.*, 2011; ZANELLA, 2014; COELHO *et al.* 2014).

2.4. Sistemas Sustentáveis de Cultivo e Aquaponia

De acordo com a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2020), o conceito de desenvolvimento sustentável foi dito pela primeira vez em 1987, e se trata do desenvolvimento das atividades, capazes de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer as futuras gerações, ou seja, um tipo de produção que não esgote os recursos e nem degrade o ambiente de forma excessiva (ELY, 1986).

Desde então, muitas técnicas e estudos foram analisados e aplicados a fim de produzir de maneira mais consciente. Dentre alguns exemplos das técnicas utilizadas na agropecuária, podemos citar: Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), sistemas agroflorestais, agricultura orgânica, sistema plantio direto, consórcio bovino com a floresta, manejo de pastagens (EMBRAPA, 2018; ROCHFEL, 2021).

Na aquicultura, a parte sustentável está crescendo. Nos últimos anos surgiram atividades que buscam produzir grande quantidade de pescado, com baixo impacto ambiental. Dentre essas atividades temos o sistema de bioflocos (*Biofloc Technology System – BFT*), o sistema de Recirculação de Água (*Recirculating Aquaculture Systems – RAS*), e a aquaponia (KUBITZA, 2006; VICENTE, 2014; DE OLIVEIRA, 2015; LAPA *et al.*, 2016; YEP *et al.*, 2019).

O sistema de bioflocos é empregada desde o início da década de 90, e tem como a característica principal baixa ou nenhuma renovação de água, bem como a criação de maneira intensiva, com alta densidade de estocagem e a utilização da comunidade microbiana presente no meio como uma forma de alimentação complementar para os animais cultivados (VICENTE, 2014). Desse modo, eles também são responsáveis por parte da manutenção da qualidade de água, visto que esses microrganismos atuam na ciclagem dos compostos nitrogenados que são liberados pelos organismos aquáticos e tóxicos para os mesmos (LARA *et al.*, 2012). O sistema de bioflocos precisa de mão de obra especializada e alto investimento inicial, sendo principalmente utilizada para criação de camarões e berçário de peixes (DURIGON *et al.*, 2017).

Os estudos sobre o sistema de recirculação de água foram intensificados na década 80 pelo Japão, Estados Unidos, Israel e diversos países europeus. Sabe-se que eles já eram utilizados para aquicultura ornamental, em laboratórios de pesquisa e em grandes aquários, públicos ou privados (KUBITZA, 2006; LAPA *et al.*, 2016). No Brasil, o sistema era utilizado com peixes ornamentais, laboratórios de reprodução de tilápia e nas larviculturas de camarão, passando a ter seu uso na reprodução e engorda no final da década de 90 (KUBTIZA, 2006). As principais características benéficas desse sistema são: a maior produtividade por área e redução da captação de água, bem como o tratamento dos efluentes, aumento da biossegurança e controle de doenças, além da possibilidade desse sistema ser feito próximo a centros urbanos. A grande questão é o investimento alto inicial, a necessidade constante de energia e mão de obra qualificada (AQUACULTURE BR, 2016).

Outro sistema de produção no setor de organismos aquáticos que vem crescendo nos últimos anos é a aquaponia, a qual é a junção de duas atividades: a hidroponia, que é o cultivo de plantas sem a utilização do solo, onde as raízes dessas plantas ficam imersas em líquido nutritivo, juntamente com a aquicultura, que resumidamente é a criação de organismos aquáticos (RAKOCY, 1989; OLIVEIRA, 2009).

Os estudos sobre o cultivo de animais aquáticos e plantas teve início na década de 1970 pelo Dr. James Rakocy, pesquisador que mais tarde seria conhecido como o fundador da aquaponia. A ideia foi desenvolvida quando o pesquisador estava terminando seu doutorado na *Auburn University* localizado no estado do Alabama (MCGRAW, 2021). A pesquisa se tratava do cultivo de peixes e plantas, de modo que os nutrientes das plantas, eram resíduos de fósforo e nitrogênio, fornecidos através da excreção dos peixes. Foi apenas na década de 80 que o primeiro sistema em escala comercial foi idealizado e construído pelo Rakocy na *University of the Virgin Islands* (UVI) (RAKOCY, 1989; MANNING, 2017). Durante os 30 anos seguintes ele e a sua equipe foram aperfeiçoando o sistema, obtendo colheitas regulares de peixes e plantas, sem troca de água e com pouca entrada de nutrientes suplementares, sendo que o projeto final da época exigia apenas a adição de hidróxido de cálcio e potássio para manter os níveis de pH em quantidade adequada e adição de ferro a cada três semanas para as plantas (MCGRAW, 2021).

Uma das características que torna a aquaponia sustentável e amigável ao meio ambiente, é o baixo consumo de água em relação a outros empreendimentos, visto que também é um tipo de sistema baseado na recirculação de água (RAS) (NOGUEIRA FILHO *et al.*, 2003; RAKOCY *et al.*, 2004). Além disso, a liberação de efluentes para o meio é baixa, visto que o

que seria antes liberado para o ambiente é utilizado pelas plantas como nutrientes. Outras características importantes são: boa adaptação a pequenos espaços, versatilidade de investimento econômico, além de ser um sistema que não precisa do uso de agrotóxicos (RIZAL *et al.*, 2018; YEP *et al.*, 2019).

É um sistema que se adapta bem às diferentes fases de organismos aquáticos cultivados e o resultado são dois alimentos de alta qualidade. No entanto, o sistema aquapônico possui algumas características negativas, como a necessidade de um técnico qualificado e uso constante de energia. Convém ressaltar que estudos estão sendo feitos com a finalidade de atingir a melhor forma de produção possível (GREENFELD *et al.*, 2021; DA SILVA *et al.*, 2022).

3 METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado mediante a análise de artigos nacionais e internacionais, livros, monografias, teses, dissertações, relatórios técnicos, anais de conferência nacional e internacional que abordavam assuntos relacionados a aquaponia. Por meio dessa consulta foram elaboradas sínteses, explicações e discussões.

Para obtenção destes trabalhos foram utilizadas algumas plataformas de pesquisas e alguns sites de maneira direta. A principal plataforma de pesquisa adotada foi o “Periódicos CAPES”, por meio da sua ferramenta de busca. Além dela utilizou-se também o *Scholar Google*, que é uma ferramenta de pesquisa científica do *Google*, sendo o mesmo princípio de funcionamento. Com relação aos sites, foram utilizados aqueles que atuam como uma biblioteca de artigos e livros científicos, em especial a *Elsevier* e a *SciELO*.

Para alcançar o êxito na procura desses materiais, utilizou-se palavras-chave (*Keywords*) nas plataformas citadas anteriormente, que foram: Sistema aquapônico, Desenvolvimento Sustentável, Sistema de Recirculação de Água, Agricultura Familiar, Semiárido. Esses termos foram pesquisados também em outras línguas, a fim de otimizar e abranger a pesquisa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Basicamente, todo o princípio de plantas mais procuradas para serem utilizadas no sistema aquapônico se baseia nas que são utilizadas em sistema hidropônico, isso tanto por conta da facilidade de já ter plantas que se adaptem fora do solo, ou seja, com as raízes imersas em solução nutritiva, quanto por conta da comercialidade das plantas (RAKOCY *et al.*, 2006; FURLANI *et al.* 2009; MELONIO, 2012).

Em hidroponia a planta mais utilizada no sistema é a alface (*Lactuca sativa* L.), que de acordo com Ohse *et al.* (2001), isso ocorre por conta da sua fácil adaptabilidade ao sistema NFT, que se mostra inclusive ser mais eficiente do que no cultivo tradicional no solo, possuindo um melhor rendimento e também um período de duração menor. Além disso, a alface, bem como as hortaliças no geral possuem uma ótima carga nutricional sendo bastante eficiente para a dieta humana, por conta do seu baixo valor calórico, seu alto conteúdo de fibras e sais minerais (OHSE *et al.*, 2012).

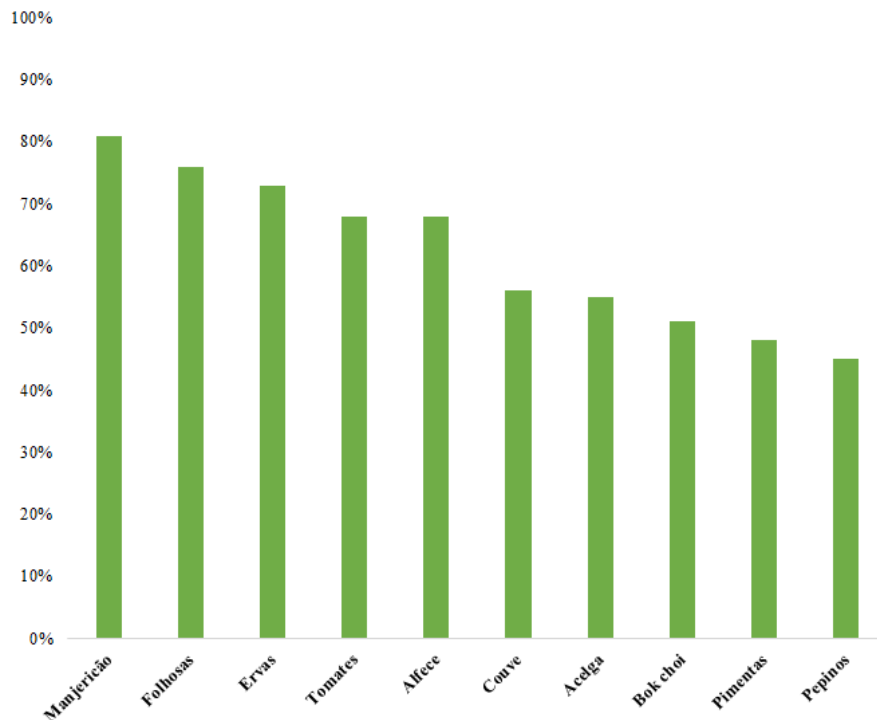
Embora a alface seja a mais produzida nesse sistema, é comum o cultivo de outras hortaliças. Das folhosas se tem: agrião, manjericão, cebolinha, chicória, couve, rúcula, salsa e coentro. Já das com frutos, que também é possível produzir nesse sistema, tem-se: morango, pepino, pimenta, pimentão, tomate e berinjela (FURLANI, P.R *et al.*, 2009). Além disso, são produzidos forrageiras para alimentação animal, mudas de árvores e plantas ornamentais (MELONIO, 2012). Baseado nessas plantas produzidas em sistema hidropônico, pesquisadores foram buscar saber a eficiência delas em sistema aquapônico (RAKOCY *et al.*, 1989, 2004, 2006; LENNARD, 2004).

Os primeiros trabalhos feitos com a finalidade de saber a eficiência do sistema aquapônico foram realizados por Rakocy, com a utilização da a alface (*Lactuca sativa*) e da tilápia do Nilo (RAKOCY *et al.*, 2004, 2006;). Durante esses quase 50 anos de pesquisa, esses organismos ainda são os mais utilizados pela comunidade científica para produzir trabalhos com diversas finalidades (RAKOCY *et al.*, 1989, 2004, 2006; LENNARD, 2004, 2017, 2019; LOVE *et al.*, 2014, 2015). Para a alface, a questão é sua grande adaptabilidade ao sistema, em relação aos nutrientes disponíveis, ao ciclo ser rápido e sua importância econômica. Já em relação ao organismo aquático escolhido, o princípio é praticamente o mesmo. A tilápia é um dos organismos mais produzidos e comercializados do mundo, por ser um animal rústico e muito resistente a situações de estresse e doenças, além de aguentar variações nos parâmetros de qualidade de água. (KUBITZA, 2015; EL-SAYED, 2006).

Embora eles sejam muito utilizados na comunidade científica, quanto comercial, pesquisadores já testaram e comprovaram que é possível para utilizar o sistema com diferentes espécies tanto de organismos aquáticos, quanto de plantas. Mostrando eficiência para outros organismos que também são importantes economicamente e que podem ser viáveis tanto para alimentação, quanto para outros fins (LOVE *et al.*, 2014, 2015).

De acordo com uma pesquisa de Love *et al.* (2015) as plantas mais utilizadas por produtores comerciais aquapônicos são: o manjeriço (*Ocimum basilicum*), como um dos mais produzidos (81%), seguido de verduras folhosas (76%), ervas no geral (73%), tomates (*Solanum lycopersicum*) com 68%, a alface (*Lactuca sativa*, 68%), couve (*Brassica oleracea*, 56%), acelga (*Beta vulgaris* subespécie cicla, 55%), bok choi (*Brassica rapa* subespécie chinensis, 51%), pimentas (*Capsicum annuum*, 48%) e pepinos (*Cucumis sativus*, 45%) (Figura 4). Convém salientar que a pesquisa foi feita com 257 pessoas. E algumas espécies de plantas se encaixam dentro de outras categorias, como por exemplo alface, couve e acelga que pertencem à estatística de verduras folhosas, porém, a produção delas é tão alta que foi separada por cada espécie.

Figura 4: Plantas mais cultivadas pelos produtores de aquaponia mundialmente (257 produtores).



Fonte: O autor. Adaptado: Love *et al.*, 2015.

Na maior parte dos casos, tanto ervas quanto hortaliças folhosas são as mais escolhidas por produtores aquapônicos pelo fato da demanda dos consumidores ser alta, pelo ciclo de produção ser rápido, e por se darem bem em água com grande nível de nitrogênio (OHSE *et al.*, 2001; RAKOCY, 2004). Em relação à outra duas classes de plantas, plantas com frutos e flores, há dois grandes fatores a serem considerados. O das plantas com frutos é que embora o valor dos produtos seja muito maior do que das ervas e hortaliças, o rendimento é pouco e o período de produção é longo, além de o sistema ser um pouco mais complexo (YEP *et al.*, 2019). Já sobre as flores, elas também possuem o valor bem elevado, quando comparado com as plantas mais produzidas, porém, elas têm necessidades nutricionais especiais, como potássio e fósforo, possuem o ciclo de crescimento muito extenso, maior suscetibilidade à pragas e doenças e esses fatores tornam mais difícil a adaptação dessa classe de planta no sistema aquapônico, mas mesmo assim estudiosos consideram necessários mais estudos (RAKOCY, 2004; BAILEY E FERRAREZI, 2017; YEP *et al.*, 2019).

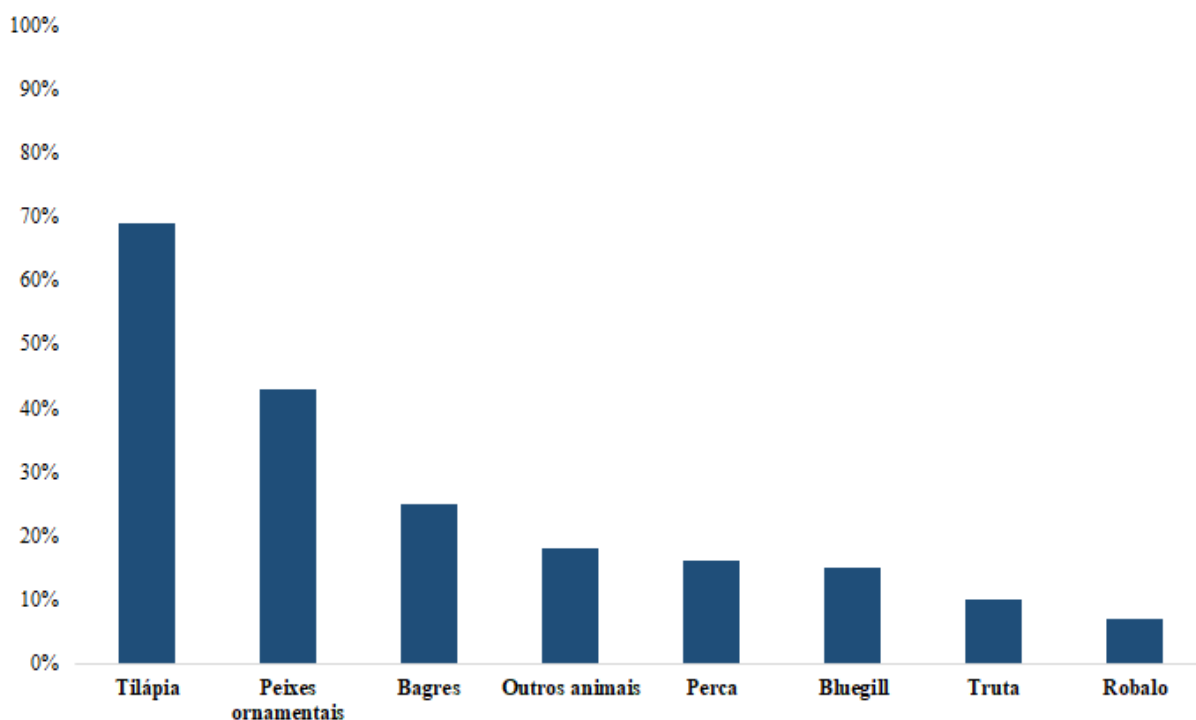
No geral, a característica principal para um organismo aquático ser utilizado em sistema aquapônico é a sua capacidade de tolerar altas densidades de organismos, além de tolerar altos níveis de nitrogênio, fósforo, potássio e sólidos totais suspensos (RAKOCY *et al.*, 2006; TIMMONS E EBLING, 2010). Sendo assim, dos organismos aquáticos mais produzidos tem-se a tilápia do Nilo em primeiro lugar (*Tilapia* spp., 69%), peixes ornamentais (43%), bagres (ordem Siluriformes, 25%), outros animais aquáticos (18%), perca (*Perca* spp., 16%), bluegill (*Lepomis macrochirus*, 15%), truta (*Oncorhynchus* spp., *Salmo* spp., *Salvelinus* spp., 10%), e robalo (*Micropterus* spp., *Morone* spp., 7%). A categoria “outros” incluiu animais como camarão de água doce e salgada (subordem Dendrobranchiata), lagostins (Astacoidea e Famílias Parastacoidea), peixinhos, carpas (Família Cyprinidae), pacu (*Colossoma* spp., *Piaractus* spp., etc.), barramundi (*Lates calcarifer*), pangásius (*Pangasius* spp.), e outros peixes, de acordo com um estudo internacional, que utilizou uma amostra de 257 pessoas, lançado por Love *et al.* (2015) (Figura 5).

Há estatísticas que mostram produtores adotando três ou mais espécies de peixes na aquaponia. Embora não seja comprovado alguns autores propuseram que um policultivo, ou seja, o uso de mais de uma espécie aquática no sistema poderia ajudar na quantidade de nutrientes disponíveis na água, no entanto, outras pesquisas são necessárias (BAILEY e FERRAREZI, 2017; ENGLE, 2015)

Convém salientar que os estudos internacionais utilizados para expor quais espécies de indivíduos aquáticos e plantas mais utilizadas tiveram em sua maioria produtores dos

Estados Unidos, embora eles tenham consultado outras amostras de outros países a quantidade chega a ser irrisória. Ou seja, como o clima e a cultura desses países é diferente da do Brasil, algumas espécies de organismos podem não ser produzidas no país, tanto porque a aquaponia é algo recente, quanto pela cultura e clima (LOVE *et al.*, 2014, 2015).

Figura 5: Organismos aquáticos mais produzidos na aquaponia mundialmente (257 produtores).



Fonte: O autor. Adaptado: Love *et al.*, 2015.

O Brasil é um excelente país para o desenvolvimento da agropecuária, levando em consideração características com o clima e o espaço ser bastante amplo, o que facilita a produção de grandes quantidades de alimentos tanto de origem vegetal, quanto animal. Além disso, é um fator extremamente importante para a economia do país, que tem como o objetivo a produção para a exportação (EMBRAPA, 2018; RODRIGUES, 2019). Com isso, para determinar quais melhores organismos para produzir em aquaponia na região, foi feito um levantamento de dados mostrando quais as principais práticas de produção agropecuária no Brasil, enfatizando a região Nordeste.

A produção agrícola do país se destaca com o cultivo de plantas em lavouras temporárias (o arroz, o abacaxi, o algodão herbáceo, o feijão, o milho, a soja com 49,94%), seguida pelas lavouras permanentes (o abacate, a banana, a ameixa, o cacau, o café, a laranja com 8,63%) e a horticultura (algumas frutas, hortaliças, verduras, legumes e árvores 2,19%)

(IBGE, 2017). Vale reforçar, que os principais vegetais que são utilizados em aquaponia, encontram-se na horticultura, que compõe a terceira maior produção de plantas do país. Além de que uma explicação para a produção de plantas em lavouras temporárias ser extremamente alta, é que além de terem os principais grãos consumidos pelo brasileiro, que é o arroz e feijão, uma parcela muito grande dessa produção é destinada a fabricação de rações para animais de grande porte para corte, que é o caso da soja, por exemplo (LOVE *et al.*, 2014; IBGE, 2017).

Já a aquicultura no Brasil, como visto anteriormente está em ascensão, tendo como os principais organismos aquáticos produzidos a tilápia do Nilo, seguido pelos peixes redondos e seus híbridos e em terceiro camarão branco do pacífico. Além deles, o país produz outros organismos aquáticos que também estão crescendo na produção, que é o caso carpa, truta e pangasius (PEIXE BR, 2021; IBGE, 2020).

Trazendo para o Nordeste, os peixes mais produzidos na região são a tilápia e os peixes redondos, com o destaque para o tambaqui, além de ser a região que mais produz camarão branco do pacífico. Outro fator importante a ser ressaltado é que o pangasius começou a ser cultivado por alguns produtores da região e possuem uma visão otimista de produção (VIDAL, 2016; XIMENES, 2021; BRAINER, 2021).

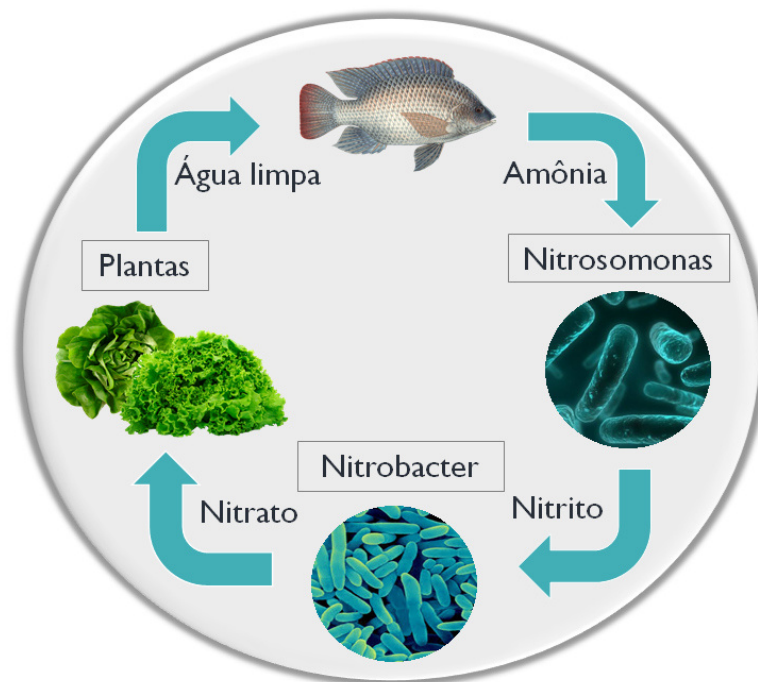
De acordo com o Censo Agropecuário 2017 do Banco do Nordeste, o Nordeste é a região que mais possui estabelecimentos de horticultura no país, com cerca de 41,0%. Sendo que os principais produtos presentes nesses estabelecimentos são o milho verde (32,6%), a batata-doce (27,6%), o coentro (27,1%), a alface (24,0%) e a cebolinha (22,8%) (BRAINER, 2021). Desses vegetais citados apenas o milho verde e a batata-doce não dão para cultivar no sistema aquapônico (GODDEK, 2016; LENNARD *et al.*, 2019). Porém, dentro de todas essas plantas mais produzidas e comercializadas na região, tem-se outras que também possuem grande potencial para produção do sistema aquapônico que é o caso da couve, pimentão, tomate, pimenta, salsa, rúcula, entre outros. Além disso, embora não seja nem o mais produzido e consumido na região, o manjeriço possui grande potencial para produção no local, lembrando que é a espécie mais cultivada em aquaponia no mundo.

Algo importante de ser salientado é que mais de 90,0% da produção na Região é destinado ao mercado interno, além de que a agricultura familiar é responsável por 82,0% dos estabelecimentos com horticultura, 71,1% do valor da produção e 70,9% do valor das vendas de hortaliças. Em média, 94,8% da produção de hortaliças dessa Região é destinada à venda, de acordo com a Área de Atuação do Banco do Nordeste – BNB (BRAINER, 2021).

Sabe-se que para escolher os organismos para compor o sistema aquapônico é necessário que eles tenham características paramétricas parecidas, principalmente com o outro organismo extremamente importante que compõe o sistema, que são as bactérias nitrificantes. São essas bactérias que farão a ciclagem do nitrogênio no ambiente, fazendo que se torne possível a absorção desses nutrientes pelas plantas, por isso é muito importante que o local também seja propício para a sua proliferação (RAKOCY *et al.*, 2006; MARTINS *et al.*, 2019).

As bactérias nitrificantes são compostas principalmente pelas *Nitrossomonas*, que fazem a oxidação do íon amônio (NH_4^+) em nitrito (NO_2^-) e as *Nitrobacter*, que são responsáveis pela oxidação do nitrito em nitrato (NO_3^-) (Figura 6) (ALEXANDER, M., CLARK, F. E, 1965; ARAUJO *et al.*, 2018).

Figura 6: Ciclo de nitrificação na aquaponia.



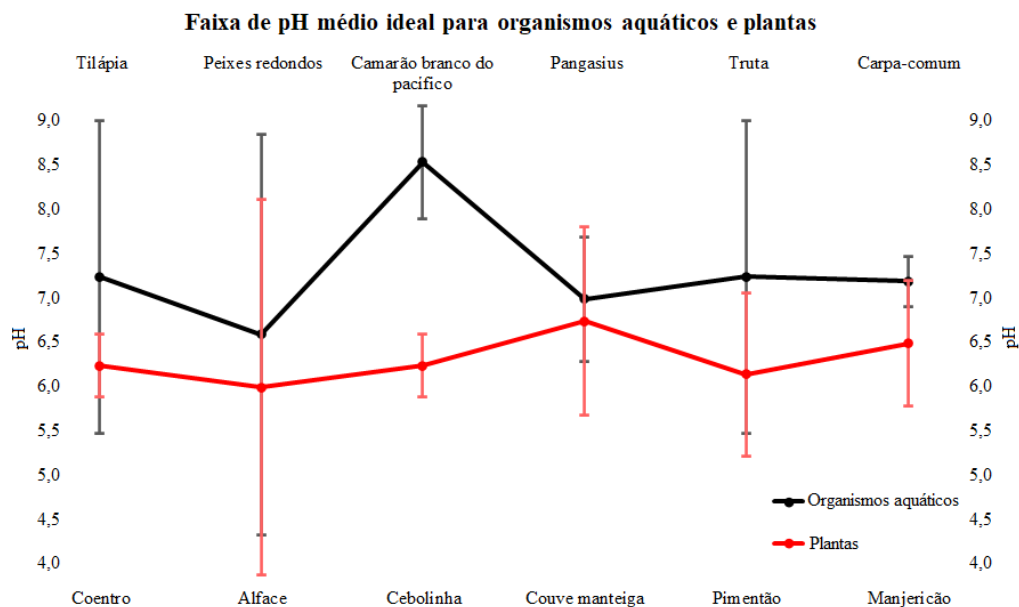
Fonte: Adaptado de Willy Pessoa, 2021.

Fatores que influenciam a proliferação das bactérias nitrificantes são o pH e a temperatura, sendo que de acordo com Jordão *et al.* (2005) a faixa de pH ideal para a nitrificação está entre 7,2 e 8,6. Além disso, as bactérias começam a ser produzidas a partir de 15°C , mas é apenas com 20°C que elas começam a ter uma quantidade significativa, de modo que, o ápice da quantidade de bactérias nitrificantes ocorre até 35°C , passando a ter redução em temperaturas superiores a esta. Vale ressaltar que, quanto maior a temperatura maior é o consumo de oxigênio por essas bactérias (GUERRA, 2017). Aliás, por conta das bactérias e dos outros organismos

do sistema, que ele precisa de uma aeração constante, pois o oxigênio é muito solicitado (RAKOCY *et al.*, 2006; LAPA *et al.*, 2016; MARTINS *et al.*, 2019).

Observando as informações dos parâmetros exigidos pelas plantas mais cultivadas no semiárido com potencial para aquaponia, temos que o coentro necessita de pH entre 6,0 até 6,5 e a temperatura para o seu desenvolvimento deve ser de 18 a 25°C, para realização de colheita entre 30 a 40 dias após o plantio (MATHIAS, 2019). Para a alface a temperatura recomendada é de 15 a 25°C e o pH de 4,5 até 7,5 (MARTINEZ, 2006; FURLANI *et al.*, 1999) com o ciclo de 30 a 45 dias. Para a cebolinha o pH mais indicado é entre 6,0 e 6,5 e temperatura entre 8 e 22°C com o ciclo de 55 a 60 dias após o plantio (FILGUEIRA, 2008). A couve manteiga necessita de temperatura entre 16 e 22°C, tolerando até 28°C, e o pH adequado deve estar entre 6,0 e 7,5 com o ciclo em torno de 50 dias (TRANI *et al.*, 2015; MATHIAS, 2015). O pimentão apresenta melhor crescimento em temperatura entre 18 a 32°C e o pH na faixa de 5,5 a 6,8 com o ciclo ficando por volta de 100 dias (HENZ *et al.*, 2007; MATHIAS, 2013). O manjeriço desenvolve-se com temperatura variando entre 21 a 25°C e o pH entre 6,0 e 7,0 para um ciclo de 60 dias (MATHIAS, 2018) (Figura 7 e 8).

Figura 7: Faixa de pH médio ideal para organismos aquáticos e plantas.

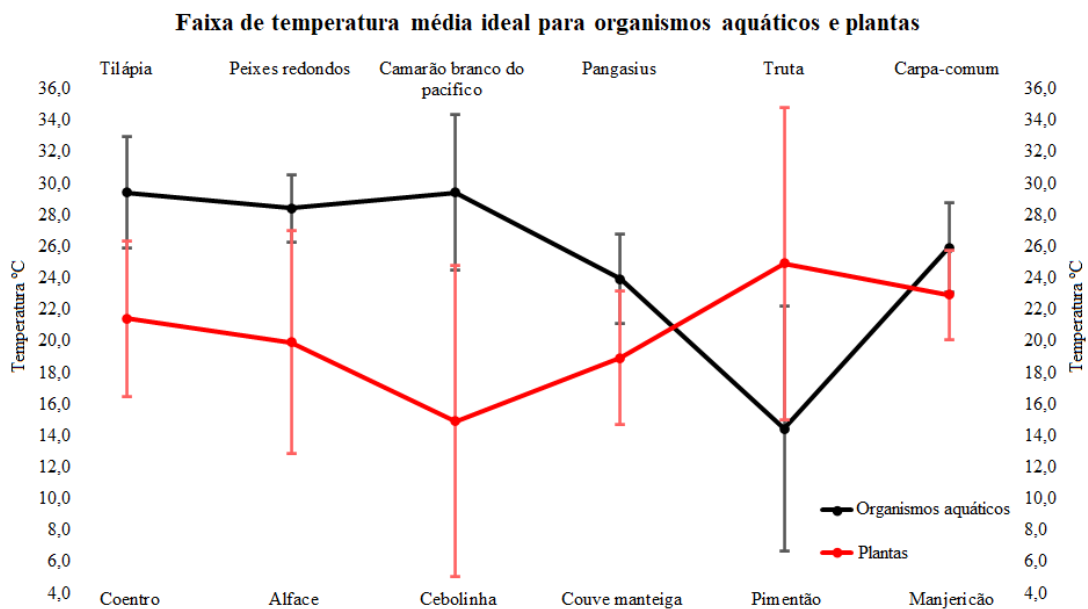


Fonte: O autor.

Para os peixes mais produzidos no Brasil e no Nordeste com potencial para aquaponia, temos que na criação da tilápia o pH exigido por esta espécie deve ser mantido entre 6,0 até 8,5 com conforto térmico entre 27 e 32°C (KUBITZA, 2000). Peixes redondos possuem conforto térmico entre 27 a 30°C, tolerando bem até 35°C, e exigem pH na faixa entre 5,0 até

8,2 (CUNHA, 2017). O camarão branco do pacífico, necessita de temperatura com variação entre 26 °C e 33 °C, e pH na faixa ideal de 8,1 até 9,0 (NUNES, 2002; HERNÁNDEZ; NUNES, 2001; DE PAIVA *et al.*, 2012). Para o pangasius a temperatura ótima varia entre 22 e 26°C e o pH entre 6,5 e 7,5 (FAO, 2018). Para a criação da truta, a temperatura ideal vai de 9 até 20°C, e o pH entre 6,0 até 8,5 (BLANCO CACHAFEIRO, 1995). Para a carpa-comum a temperatura que lhe permite obter bom desenvolvimento varia de 24 a 28°C, tolerando variações entre 8 a 30°C e seu pH ideal está na faixa de 7,0 até 7,4 (GRAEFF & PRUNER, 1999; ALBUQUERQUE FILHO, 1977) (Figura 7 e 8).

Figura 8: Faixa de temperatura média ideal para organismos aquáticos e plantas.



Fonte: O autor.

Considerando o local de aplicação, o semiárido brasileiro, compreende grande parte da região Nordeste, que é considerada a região semiárida mais populosa do mundo (ZANELLA *et al.*, 2014; RUFINO *et al.*, 2017). Dentre as características desse clima temos a temperatura com altos índices, e faixa de média anual entre 26 a 28°C, exceto em locais com maiores altitudes que podem apresentar de 20°C a temperaturas inferiores. Além disso, a amplitude térmica anual pode variar de 2 a 5°C. Mas, a principal questão problemática da região é a estiagem (TROLEIS *et al.*, 2005; DE MOURA *et al.*, 2007; TAVARES *et al.*, 2019).

Basicamente, há uma irregularidade no regime de precipitação pluviométrica, tanto no tempo, como no espaço, ocorrendo em até quatro meses (geralmente de fevereiro até maio), que vai de um mínimo de 300 mm até 800 mm, sendo o restante do ano caracterizado com baixas precipitações. Além disso, o fato da evapotranspiração na região ser alta, contribui mais

ainda para a pouca quantidade de água na região, visto que de acordo com estudos, o que acontece é que a chuva é menor do que a água que evapora, sendo essa taxa de evaporação de 3.000 mm/ano, o que é três vezes maior do que a precipitação, o que favorece a concentração de solutos nas fontes hídricas superficiais e diminui a qualidade da água por meio da eutrofização e salinização (LEAL, 1999; SILVA *et al.*, 2010; BRITO *et al.*, 2007; MALVEZZI, 2007; DA SILVA *et al.*, 2010; TROLEIS *et al.*, 2011).

Em relação às fontes de águas subterrâneas as mesmas são cloretadas sódicas, e apresentam Sólidos Totais Dissolvidos acima do que é considerado potável, o que se deve principalmente ao fato do solo ser composto por rochas cristalinas, fazendo com que essa água precise passar por um tratamento, visto que sendo considerada salobra ela é imprópria para consumo (DA SILVA LOPES *et al.*, 2021; RUFINO *et al.*, 2017; FEITOSA *et al.*, 2011). Desse modo, a grande questão levantada possivelmente não se refira a quantidade de água, mas como é feita sua gestão (BRASILEIRO *et al.*, 2009; CAMPOS, 2014; DA SILVA LOPES *et al.*, 2021).

Em 1997 com o lançamento da Política Nacional de Recursos Hídricos que foi criado o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), que visava melhorar a disponibilidade hídrica tanto em quantidade quanto em qualidade seja ela subterrânea ou superficial, bem como levantar a conservação hídrica como uma questão socioambiental, além estabelecer um conforto em meio a questões hídricas críticas, como as estiagens (BRASILEIRO *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2010). Para isso, foram implementadas algumas ações estratégicas tanto de formas isoladas, quanto de maneira integrada com programas de governo nas esferas federal, estadual e municipal, ou por meio de políticas públicas, como é o caso da PNRH (DA SILVA *et al.*, 2010).

As ações feitas tentar trazer um conforto hídrico à população do semiárido baseia-se principalmente no armazenamento da água da chuva, para nos períodos de baixas precipitações pluviométricas a população tenha água disponível para uso durante a estiagem (BRITO *et al.*, 2007; DE MOURA *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2010). De acordo com Carvalho *et al.* (2019) dentre as formas de obter essa água tem-se a construção de açudes, sendo os principais já construídos o Castanhão (Figura 9), o Orós, o Armando Ribeiro Gonçalves, e o Curema-Mãe D'água. Todos eles foram construídos por uma autarquia federal com o nome de Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), que foi responsável por construir 327 açudes públicos de médio e grande portes, e 632 açudes em regime de cooperação, totalizando um volume acumulado de 27,3 bilhões de m³ de água.

Esses açudes também possuem grande importância para a piscicultura, pois neles são criados peixes em tanque-redes, mas há algumas questões a serem consideradas, como o fato do local ficar sujeito a eutrofização, devido adição de ração àquele ambiente. Além disso, como os açudes são abertos ficam sujeitos a evapotranspiração do semiárido, como comentado anteriormente é extremamente alta podendo chegar até 3.000 mm/ano (CARVALHO *et al.*, 2019).

Figura 9: Açude Castanhão – CE.



Fonte: Carlos Holanda, 2018.

O Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2), é um projeto muito importante de Convivência do Semiárido, que pretende fornecer terra e água tanto para o consumo da população como para os animais fazendo com que assim o sertanejo tenha acesso e manejo sustentável garantindo a segurança alimentar, muito parecido com o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) (BRITO *et al.*, 2007). Com P1MC mais de 200.000 cisternas foram construídas no semiárido até junho de 2007, de maneira descentralizada sendo financiadas pelo governo e pelo setor privado (Figura 10). De acordo com Silva *et al.* (1988) uma cisterna com capacidade de armazenamento de 16 m³ é suficiente para atender todas as necessidades básicas de uma família de até 5 pessoas por até 8 meses. Com o projeto P1+2 que também visa colocar um para produção de alimentos, é possível ter um criatório de pequenos animais ou uma área para plantação (BRITO *et al.*, 2007).

Figura 10: Cisternas para armazenamento de água oriunda das chuvas.



Fonte: Agência Brasil, 2020.

Além dessas tecnologias de captação de água da chuva, temos também o caldeirão, que é uma caverna natural utilizada no armazenamento de água da chuva para uso humano, animal e agrícola (Figura 11). Outra forma de captação é o barreiro trincheira ou barreiro para irrigação de salvação, feito para complementar água de cultivos anuais (BRITO *et al.*, 2007).

Figura 11: Caldeirão, caverna natural para captar água das chuvas.

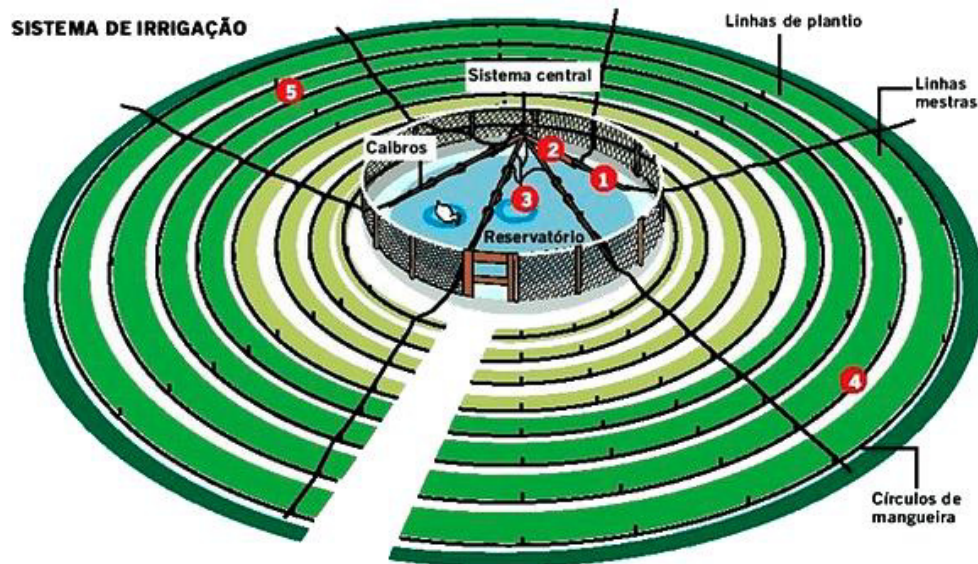


Fonte: Semiárido vivo, 2021.

Também há disponível a mandala que é uma tecnologia de permacultura, por definição é um sistema de assentamento humano sustentável que integra as atividades sociais,

com o objetivo de racionalizar e otimizar o uso da água de um pequeno reservatório cônico que serve tanto para irrigação por gotejamento, quanto para criatórios de peixes e aves, o reservatório tem em média uma capacidade de armazenar 30 m³ (Figura 12) (PENSAMENTO VERDE, 2014; BRITO, 2007).

Figura 12: Sistema Mandala.



Fonte: Labad e Rodrigues, 2006.

Outra forma disponível para amenizar os problemas ocorridos durante a estiagem é a barragem subterrânea que aproveita água das enxurradas e de pequenos riachos disponíveis na região. Também utiliza-se o poço, o qual é obtido de fontes subterrâneas. No entanto, muitas vezes a qualidade da água não é adequada, por possuir salinidade elevada, e desse modo precisar passar por um tratamento (LEAL, 1999; PORTO *et al.*, 2004; BRITO *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2010). Nesse último caso, desde a década de 90 que são implementados dessalinizadores na região semiárida, porém, como a base do funcionamento é a osmose reversa, o efluente gerado pode ser de 40 a 70% do total de volume da água salobra a ser dessalinizada. Caso esses efluentes sejam jogados diretamente no solo, podem trazer sérios problemas ambientais (DA SILVA *et al.*, 2014).

Dentre as alternativas para a utilização desses efluentes, tem-se a criação de tilápia vermelha em viveiros impermeabilizados (Figura 13) para evitar a sua infiltração no solo. Isso é possível pois existem espécies de tilápia que sobrevivem e toleram bem água salobra. Outra solução adotada é o cultivo do feno erva-sal (*Atriplex Revolutio*) por irrigação, que é uma alternativa seguida para complementar a dieta de ovinos e caprinos (BRITO *et al.*, 2007).

Figura 13: Sistema de dessalinização de água do Projeto Água Doce.



Fonte: Brasil, 2021.

Sabendo que a aquaponia é uma tecnologia que visa utilizar pouca quantidade de água, a mesma se adapta bem a região, isso é comprovado estudos sobre a produção em outros países com o mesmo clima (LENNARD, 2004; ESSA *et al.*, 2008; GOADA *et al.*, 2015; GÓMEZ-MERINO, 2015; MCHUNU *et al.*, 2018; EL-ESSAWY *et al.*, 2019). Porém, dentre as formas de captação da água existentes, as que melhor se adaptam são das águas provenientes de cisterna, principalmente através do projeto P1+2 que visa à produção de alimentos, bem como as águas subterrâneas depois do processo de dessalinização, pois embora algumas espécies de organismos aquáticos se adaptem à águas salobras, como no caso da tilápia e dos camarões por exemplo, as hortaliças no geral não são produzidas de maneira eficiente, conforme ressalta um estudo feito por Alves *et al.* (2011), o qual mostra que a alface não cresce tão bem em água salobra. De maneira geral, para a implementação desse sistema é necessário verificar os parâmetros e a qualidade da água para garantir o sucesso de produção (RAKOCY *et al.*, 2004; ESSA *et al.*, 2008).

Outro sistema comentado foi a mandala, que embora seja um sistema integrado entre plantas, peixes e até aves, não é considerado um sistema aquapônico por definição, mas ainda assim é uma boa alternativa para produção de alimentos no semiárido brasileiro com a utilização da água de forma consciente (RAKOCY *et al.*, 2006).

Há diversas formas de fazer um sistema aquapônico, sendo basicamente uma extensão de um sistema de recirculação de água com a adição das plantas. De acordo com Rakocy *et al.*, (2006) os elementos essenciais para sua montagem são: o tanque de criação de peixes, um filtro para a partículas sólidas com a remoção por decantação, telas, um filtro

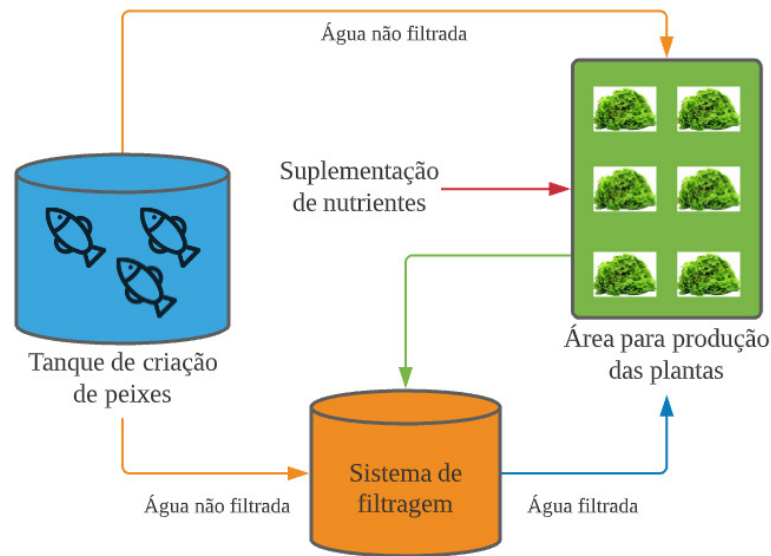
biológico, as bancadas de hidroponia, onde tanto no filtro biológico quanto nas raízes das plantas ficam as bactérias nitrificantes (*Nitrosomonas* e *Nitrobacter*), e uma caixa de coleta para o retorno da água tratada ao sistema de cultivo.

O funcionamento se baseia primeiramente com a água de cultivo saindo do tanque dos peixes, indo para o filtro mecânico onde o material particulado será retirado, indo o fluxo posteriormente para o filtro biológico onde a ação das bactérias nitrificantes fará a ciclagem do nitrogênio, seguindo para a absorção dos nutrientes pelas plantas. Após tudo isso a água segue para o reservatório onde posteriormente será direcionada para o tanque dos peixes (SANTOS, 2019).

Dos tipos de sistemas aquapônicos, tem-se o primeiro criado pelo Rakocy, sendo considerado um modelo padrão, que se chama UVI (*University of the Virgin Island*) (Figura 14). Além dele há outras variações, tais como o sistema aquapônico totalmente recirculante (*Fully Recirculating Aquaponic System – FRAS*), sistema aquapônico desacoplado (*Decoupled Aquaponic System – DAS*), sistema aquapônico sem recirculação (*Non-recirculating De-coupled Aquaponic System – NRDAS*) e recirculação de sistema aquapônico desacoplado (*Recirculating De-coupled Aquaponic System – RDAS*) (LENNARD, 2017; SANTOS, 2019).

Resumidamente, desses sistemas o DAS, RDAS e NRDAS são considerados melhores para cultivo de vegetais com maior exigência nutricional, que são geralmente os vegetais que formam frutos. Porém, nesses sistemas a água não volta para o cultivo de peixes. No DAS (Figura 14), não é usado a água dos peixes, mas sim os resíduos gerados que podem ser tratados ou não antes de irem para a bancada das plantas. Além disso, caso seja necessário, é possível fazer uma suplementação com alguns nutrientes, e essa água não volta para o cultivo (SANTOS, 2019).

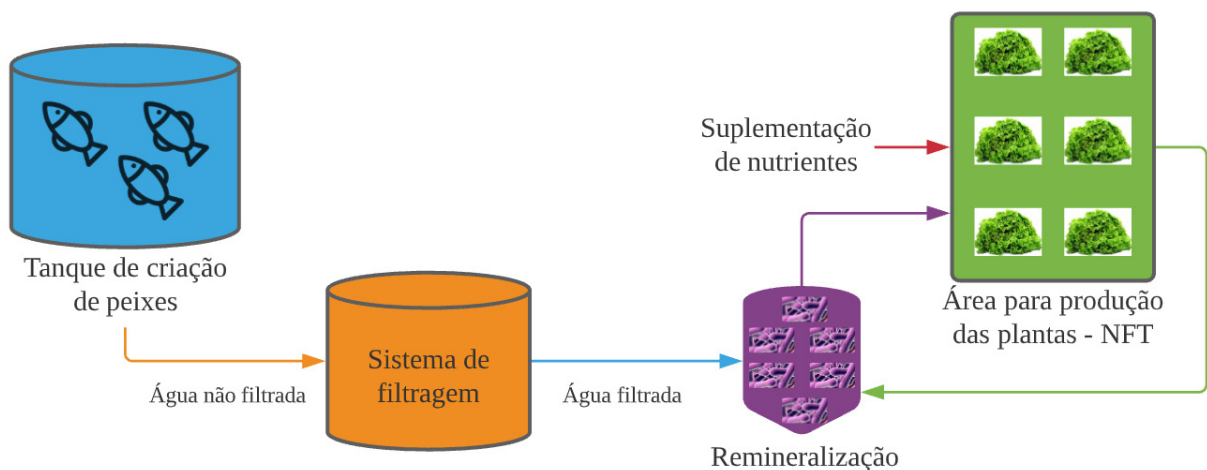
Figura 14: Diagrama de fluxo esquemático de um Sistema Aquapônico Desacoplado (DAS).



Fonte: O autor. Adaptado: Lennard, 2017.

No RDAS (Figura 15), a água obtida do tanque de peixes fica recirculando no sistema hidropônico até ser totalmente descartada. Vale ressaltar que nesse tipo de sistema a água é tratada, re-mineralizada e também pode haver uma adição de nutrientes (LENNARD, 2017).

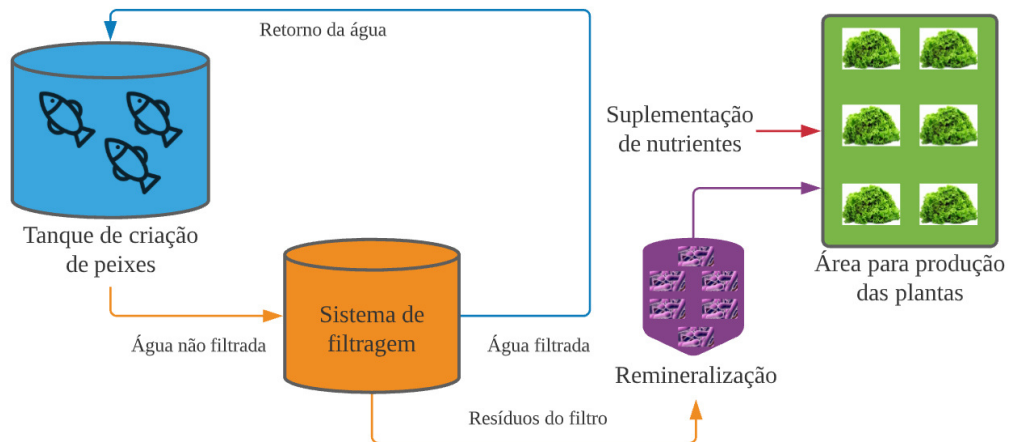
Figura 15: Diagrama de fluxo esquemático de um Sistema Aquapônico Desacoplado Recirculante (RDAS).



Fonte: O autor. Adaptado: Lennard, 2017.

No sistema NRDAS (Figura 16), os peixes são criados em RAS e os resíduos obtidos da limpeza dos filtros são levados para um reservatório onde passarão por um processo de re-mineralização com adição de alguns nutrientes antes ser levado para as plantas, e a água não volta para o cultivo de peixes (LENNARD, 2017).

Figura 16: Diagrama de fluxo esquemático de um Sistema Aquapônico Desacoplado Não Recirculante (NRDAS).

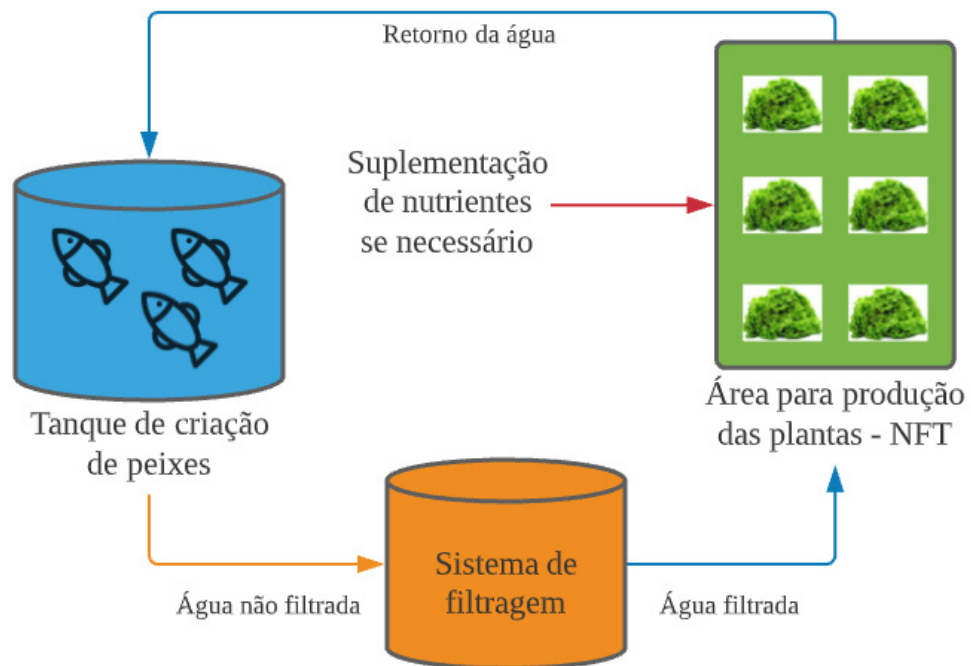


Fonte: O autor. Adaptado: Lennard, 2017.

Nos sistemas de UVI e FRAS, a água é fornecida para as plantas e retornam praticamente em sua totalidade, sendo muito adequado para regiões com escassez de água, que é o caso do semiárido brasileiro (SANTOS, 2019).

O sistema FRAS (Figura 17) é um sistema que é um braço do UVI, sendo basicamente um sistema em que a água volta praticamente em toda sua totalidade, podendo ter um leito hidropônico tanto em cascalho ou argila expandida, calhas de fluxo profundo ou NFT (*Nutrient Film Technique*), sendo que basicamente esse tipo de sistema é a junção do UVI com o NFT o que possibilita grandes fluxos de água e uma constante renovação. Mas esse alto fluxo faz com que muitas vezes a planta não consiga captar os nutrientes necessários precisando de uma suplementação, além disso não permite uma variedade de plantas, sendo um sistema adequado para uma cultura única com plantas que exijam poucos nutrientes (LENNARD, 2017).

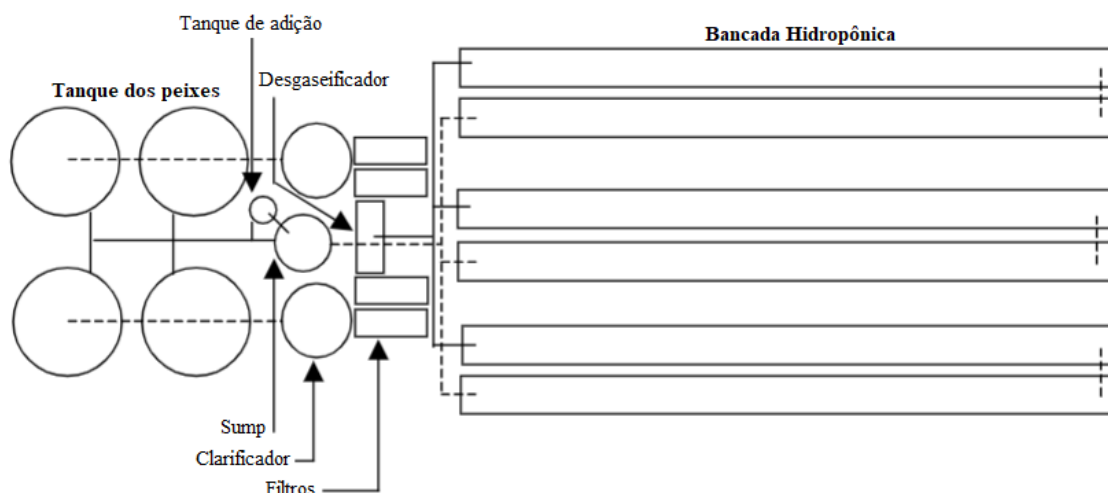
Figura 17: Diagrama de fluxo esquemático de um Sistema Aquapônico Totalmente Recirculante (FRAS).



Fonte: O autor. Adaptado: Lennard, 2017.

O sistema de UVI (Figura 18) possui uma vantagem em relação à nutrição das plantas, pois nos tanques hidropônicos são usados em sua maioria calhas flutuantes, que fazem com que as plantas tenham um bom volume de água rica em nutrientes. Além disso esse sistema também permite que se tenha uma maior variedade de plantas e a água retorna quase que por completo para o criatório dos peixes. No entanto, deve-se ter atenção com o dimensionamento dos organismos, pois como este sistema comporta uma grande quantidade de plantas, e uma certa variedade, cada planta possui uma quantidade nutricional, de modo que faz-se necessário a presença de uma quantidade de peixes que seja adequada e forneça nutrientes para as plantas, trazendo assim, o sucesso do sistema (LENNARD, 2017).

Figura 18: *Layout* do sistema *University of the Virgin Island* (UVI).



Fonte: Adaptado de Rakocy *et al.*, 2004.

Diante do exposto, uma sugestão para a produção no semiárido com pequenos produtores visando a subsistência e talvez o comércio do excedente, o sistema de UVI se encaixaria melhor, tanto pela quantidade de água utilizada, como pelas variedades de plantas produzidas.

Em relação aos organismos que podem ser colocados nesse sistema, como ele é um sistema com o *design* que favorece a variedade de plantas, poderia ser implementados duas variedades, uma para cada lado, tais como por exemplo, a alface e a couve, ou mesmo quatro variedades de plantas, como alface, couve, coentro e cebolinha dentre outras.

Em relação aos organismos aquáticos cultivados, temos como destaque a tilápia tanto em relação a quantidade de estudos que facilitam a sua produção, seguido da sua alta aceitabilidade pelo público, além de ser muito resistente a situações de estresse e a facilidade de encontrar alevinos para engorda. Como o ciclo da tilápia é de seis meses, para obter em diferentes períodos poderiam ser colocados esses organismos em estágios diferentes, outro fator que seria interessante é que a quantidade de nutrientes no meio será diferente, o que pode ser interessante para produção (KUBITZA, 2000).

Outra estratégia de produção, seria colocar duas espécies de peixes no cultivo, por exemplo, tilápia e tambaqui visto anteriormente que há estudos que mostram que como a quantidade de nutrientes liberada pode ser diferente por cada espécie, o interessante seria mais uma opção de peixe para oferecer para a população local (YEP *et al.*, 2019). Lembrando que são sugestões, e que há outras espécies que se adequam ao ambiente, que é o caso do pangásius,

carpa e camarão branco do pacífico, porém, a maior questão é que os alevinos podem ser um pouco mais difíceis de encontrar na região. A espécie pangasius por questão ambiental não é liberada em todos os locais, e o camarão tanto pode ser mais onerosa a sua criação, quanto mais técnica, sendo que ele é muito vulnerável (HERNÁNDEZ *et al.*, 2001; DO NASCIMENTO *et al.*, 2020; RODRIGUES, 2020).

Já em relação a acessibilidade do sistema para a população, teria que ter um trabalho de extensão, sendo mais indicado a aplicação em associações rurais. Foi a partir da década de 1990 com o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) e os programas de reforma agrária, que os pequenos produtores passaram a ter benefícios através de políticas públicas (DA ROCHA BARROS *et al.*, 1999).

Posteriormente em 1999 tem-se o surgimento do Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) com uma Secretaria da Agricultura Familiar (SAF) e a multiplicação de organizações econômicas da agricultura familiar (OEAFs), sendo esse último onde se encontram as associações. Elas acabam assumindo um papel de interface entre a sociedade local e a sociedade moderna, tais como administração, órgãos públicos, e economia de mercado (DA ROCHA BARROS *et al.*, 1999; ANJOS *et al.*, 2018). Outro fator importante é que isso acaba beneficiando tanto os pequenos produtores quanto aos órgãos públicos, visto que facilita o acesso da infraestrutura, ao financiamento público, além de facilitar o trabalho de extensão (DA ROCHA BARROS *et al.*, 1999; BRASILEIRO, 2009; CAMPOS, 2014).

Desse modo, a aplicação da aquaponia em associações rurais possui viabilidade, visto que facilitaria tanto o trabalho técnico, quanto o treinamento dos produtores sobre o funcionamento do sistema. Além disso, seria economicamente mais viável. Na aquaponia o investimento inicial é relativamente alto, por conta da construção do sistema, do sistema de bombas e de filtros, após isso o maior custo será em relação a energia e a utilização de ração para alimentar os organismos aquáticos do sistema (ESSA *et al.*, 2008; ANJOS *et al.*, 2018).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aquaponia é uma boa alternativa para a produção de alimentos no Nordeste brasileiro, principalmente pelo uso moderado da água. Esse sistema pode ser usado na região que comporta parte do semiárido brasileiro para produção de subsistência de alimentos, além de ser uma forma de educação ambiental. Sabendo disso o tipo de sistema mais indicado é o UVI, por conta da recirculação completa da água no meio, não tendo descartes e por ser um sistema que se adequa melhor a criação de diferentes tipos de plantas no mesmo período.

Dos organismos aquáticos mais produzidos no Brasil, e em aquaponia no mundo, os que mais se adequam ao sistema no semiárido são a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), os peixes redondos, camarão branco do pacífico (*Litopenaeus vannamei*), pangásio (*Pangasianodon hypophthalmus*) e a carpa-comum (*Cyprinus carpio*). Dos animais citados, destacam-se a tilápia e o tambaqui, pela aceitação do público, bem como a facilidade de encontrar alevinos, além de serem rústicos e se adaptarem bem ao sistema.

Das plantas mais produzidas no Nordeste, que são muito consumidas pela população, e que podem ser aplicadas no sistema aquapônico UVI tem-se: a alface, a cebolinha, coentro e a couve.

Para a aplicação na região, seria indicado fazer um trabalho de extensão no semiárido, tentando levar o sistema para associações rurais, podendo assim investir em um grande sistema, que seja mais complexo, mas que atenda uma comunidade, assim beneficiando uma maior quantidade de pessoas. É mais viável economicamente, além de ser mais fácil para os técnicos passarem o conhecimento para a população. Antes de ser aplicado o sistema no semiárido serão necessárias mais pesquisas principalmente no dimensionamento do sistema.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020**: informe anual / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Brasília, ANA, 2020.
- AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FISHERIES DEPARTMENT. **The State of World Fisheries and Aquaculture, 2000**. Food & Agriculture Org., 2000.
- ALBUQUERQUE FILHO, G. C. (1977). **Piscicultura Continental**. Editora Veja.
- ALEXANDER, M., & CLARK, F. E. **Nitrifying Revolution. Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties**, v. 9, p. 1477-1483, 1965.
- ALVES, M. S.; SOARES, T. M.; SILVA, L. T.; FERNANDES, J. P.; OLIVEIRA, M. L. A.; PAZ, V. P. S. Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.L.], v. 15, n. 5, p. 491-498, maio 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-43662011000500009>
- ANJOS, E., OLIVEIRA, C. C., DA SILVA, A. P. R., & SANTOS, V. C. As demandas das associações comunitárias que contribuem para o desenvolvimento rural. **COLÓQUIO-Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 15, n. 2, p. 59-76, 2018.
- ARAUJO, J. C. D., CAMPOS, A. P., SILVA, E. C., OLIVEIRA, R. C. D., & CHERNICHARO, C. A. D. L. Comparação de métodos para quantificação de bactérias nitrificantes. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 23, p. 299-305, 2018.
- BAILEY, D.S., FERRAREZI, R.S., 2017. Valuation of vegetable crops produced in the UVI Revolutio aquaponic system. **Aquac. Reports** 7, 77e82. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2017.06.002>.
- BEZERRA, M. S.; JACOB, M. C. M.; FERREIRA, M. A. F.; VALE, D.; MIRABAL, I. R. B.; LYRA, C. O. Insegurança alimentar e nutricional no Brasil e sua correlação com indicadores de vulnerabilidade. **Ciência & Saúde Coletiva**, [S.L.], v. 25, n. 10, p. 3833-3846, out. 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1413-812320202510.35882018>.
- BLANCO CACHAFEIRO, M.C. **La Trucha – Cria Industrial**. Ediciones Mundi-Prensa, Libros, Madrid, 2. Ed, 1995, 503p.
- BRAINER, M. S. D. C. P. **Produção de hortaliças na área de atuação do BNB**. 2021.
- BRASILEIRO, R. S. Alternativas de desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino: da degradação à conservação. **Scientia Plena**, Pernambuco, v. 5, n. 5, p. 1-12, 16 maio 2009.
- BRITO, LT de L.; DE MOURA, M. S. B.; GAMA, G. F. B. **Potencialidades da água de chuva no Semi-árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007., 2007.
- CAMPOS, J. N. B. Secas e políticas públicas no semiárido: ideias, pensadores e períodos. **Estudos Avançados**, [S.L.], v. 28, n. 82, p. 65-88, dez. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142014000300005>.

CARNEIRO, W. M. A. **Produção de Grãos do Nordeste em 2020**. 2020.

CARVALHO, J. M. M. de; BORGES, C.; GUERRA, A. J. de N.; OLIVEIRA, J. N. de; SABOYA NETO, F. V. de; SEGUNDO, A. E. G. (org.). **DNOCS: desenvolvimento e gestão dos recursos hídricos no semiárido nordestino**. Fortaleza: [S.I.], 2019. 57 p.

CHAVES, S. W.P.; SILVA, I. Integração da piscicultura com a agricultura irrigada. **Thesis**, v. 6, n. 1, 2006.

COELHO, V. H. R.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ALMEIDA, C. N.; LIMA, E. R. V.; RIBEIRO NETO, A.; MOURA, G. S. S. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.L.], v. 18, n. 1, p. 64-72, jan. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-43662014000100009>.

CORTEZ, G.P.; ARAÚJO, J. A. C.; BELLINGIERI, P. A. Cultivo de Alface em hidroponia associada à criação de peixes. I. qualidade da água. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, p.192-193, 2000, suplemento Julho.

COSMO, B. M. N., GALERIANI, T. M., & ZANETTI, W. A. L. Aquaponia: Duplo Sucesso Produtivo. In: **VIII JORNACITEC-Jornada Científica e Tecnológica**. 2019.

COSTA-PIERCE, B. A. (Ed.). **Ecological aquaculture: the evolution of the blue revolution**. John Wiley & Sons, 2008.

CUNHA, M.C.D.S., COSTA, A.C.V., BOOR, M.A.V., & COSTA, F.N.. Características microbiológicas e físico-químicas da água utilizada para a espécie Tambaqui *Colossoma macropomum*, no Estado do Maranhão. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 18, p. 430-438, 2017.

DA ROCHA BARROS, E., SABOURIN, E., PERES, J. I. G., & CARON, P. **Associações de agricultores familiares: uma alternativa de convivência no semi-árido. O caso de Massaroca** (Juazeiro, BA). 1999.

DA SILVA CEROZI, B., DE OLIVEIRA NETO, J. W., LEONEL, R. A. R. C. D., & DO CARMO ALVES, A. P. Nutrient release coefficient: a proposed batch reactor assay to determine the elemental composition of aquaponic nutrient solutions. **Aquaculture International**, p. 1-12, 2022.

DA SILVA LOPES, W., LAMBAIS, G. R., NERY, G. K. M., DE MELLO, A. C. P., DE SOUSA MEDEIROS, S., & NERY, J. F. Qualidade das águas de fontes alternativas para usos múltiplos no semiárido paraibano. **Revista Geama**, v. 7, n. 2, p. 28-38, 2021.

DA SILVA, H. K. P., SILVA, V. N. L., & DA SILVA, M. M. Projeto de recuperação e manutenção de dessalinizadores de água subterrânea no semiárido do Estado de Pernambuco. **Águas Subterrâneas**, 2014.

DA SILVA, P. C. G., DE MOURA, M. S. B., KIILL, L. H. P., BRITO, L. D. L., PEREIRA, L. A., SÁ, I. B. & GUIMARÃES FILHO, C. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. **Embrapa Semiárido-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2010.

DE MOURA, M. S. B., GALVINCIO, J. D., BRITO, L. D. L., SOUZA, L. D., SÁ, I. D. S., & DA SILVA, T. G. F. Clima e água de chuva no Semi-Árido. **Embrapa Semiárido-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2007.

DE OLIVEIRA, R. C. O panorama da aqüicultura no Brasil: a prática com foco na sustentabilidade. **Revista INTERTOX de toxicologia, risco ambiental e sociedade**, v. 2, n. 1, p. 71-89, 2015.

DE PAIVA MAIA, E., MODESTO, G. A., BRITO, L. O., & GÁLVEZ, A. O. Crescimento, sobrevivência e produção de *Litopenaeus vannamei* cultivado em sistema intensivo. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 17, n. 1, p. 15-19, 2012.

DO NASCIMENTO, L. T., MALATO, B. V., GOMES, P. W. P., DE MELO, T., MURIBECA, A. D. J. B., & GOMES, P. W. P. QUALIDADE DA ÁGUA PARA PRODUÇÃO DE *Colossoma macropomum* (SERASSALMIDAE) EM SALVATERRA, ESTADO DO PARÁ. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 10, n. 3, p. 12-15, 2020.

DURIGON, E. G.; PINHO, S. M.; BROL, J.; EMERENCIANO, M. G. C. Bioflocos e seus benefícios nutricionais na pré-engorda de tilápias: *tayna sgnaulin*. **Aquaculture Brasil**, Laguna, v. 8, p. 50-54, 01 set. 2017. Mensal.

EL-ESSAWY, H.; NASR, P.; SEWILAM, H. **Aquaponics: a sustainable alternative to conventional agriculture in egypt: a pilot scale investigation**. *Environmental Science And Pollution Research*, v. 26, n. 16, p. 15872-15883, 6 abr. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-019-04970-0>.

ELY, A. **Economia do meio ambiente: uma apreciação introdutória interdisciplinar da poluição, ecologia e qualidade ambiental**. Fundação de economia e estatística, 1986.

ENGLE, C.R., 2015. **Economics of aquaponics**. SRAC Publ. – South. Reg. Aquac. Cent. No. 5006, 1e4.

ESSA, M. A., GODA, A. M. A. S., HANAFY, M. A., EL-SHEBLY, A. A., MOHAMED, R. A., & EL-EBIARY, E. H. Small-scale fish culture: guiding models of aquaponics and net-enclosures fish farming in Egypt. **Egyptian Journal of Aquatic Research**, v. 34, n. 3, p. 320-337, 2008.

FAO (1988). Definition of aquaculture, Seventh Session of the IPFC Working Party of Experts on Aquaculture, IPFC/WPA/WPZ, p.1-3, RAPA/FAO, Bangkok.

FAO, F. *et al.* **The future of food and agriculture – Trends and challenges**. Annual Report, 2017.

FAO, F. The state of world fisheries and aquaculture. **Opportunities and challenges**. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, 2012.

FAO. 2018. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2018** – Meeting the sustainable development goals. Rome.

FAO. 2020. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020**. Sustainability in action. Rome.

FAO; IFAD; UNICEF; WFP; WHO. **The State of Food Security and Nutrition in the World 2020**. Transforming food systems for affordable healthy diets. Rome, FAO, 2020.

FEITOSA, F. A., & DINIZ, J. A. O. Água subterrânea no cristalino da região semiárida brasileira. **Águas Subterrâneas**, 2011.

FILGUEIRA, F. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2008.

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas: IAC, 1999. 52p. **Boletim técnico**, 180.

FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo Hidropônico de Plantas: Parte 3 – Produção de mudas para hidroponia**. 2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/hidroponiap3/index.htm>. Acesso em: 15 jan. 2022

GEOGRAFANDO os espaços áridos e semiáridos do globo terrestre. In: TROLEIS, Adriano Lima; SANTOS, Ana Cláudia Ventura dos. **Estudos do Semiárido**. 2. ed. Natal: Edufrn, 2005. Cap. 2. p. 5-197. Disponível em: http://bibliotecadigital.sedis.ufrn.br/pdf/geografia/Est_Sem_Livro_WEB.pdf. Acesso em: 25 jan. 2022.

GOADA, A. M. A-S; ESSA, M. A.; HASSAAN, M. S.; SHARAWY, Z. Bio Economic Features for Aquaponic Systems in Egypt. **Turkish Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences**, v. 15, n. 2, p. 525-532, 2015. Central Fisheries Research Institute. http://dx.doi.org/10.4194/1303-2712-v15_2_40.

GODDEK, S., ESPINAL, C. A., DELAIDE, B., JIJAKLI, M. H., SCHMAUTZ, Z., WUERTZ, S., & KEESMAN, K. J. Navigating towards decoupled aquaponic systems: a system dynamics design approach. **Water**, v. 8, n. 7, p. 303, 2016.

GÓMEZ-MERINO, F. C., ORTEGA-LÓPEZ, N. E., TREJO-TÉLLEZ, L. I., SÁNCHEZ-PÁEZ, R., SALAZAR-MARCIAL, E., & SALAZAR-ORTIZ, J. Aquaponics: sustainable and potential alternative for food production in Mexico. **Agroproductividad**, v. 8, n. 3, p. 60-65, 2015.

GRAEFF, A. & PRUNER, E. N. (1999). Efeito da densidade de estocagem na produtividade final de carpas, *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 (var. *specularis*) na fase de engorda período – inverno. **Ciênc. Agrotec.** 23 (4): 958-967.

GREENFELD, A., BECKER, N., BORNMAN, J. F., SPATARI, S., & ANGEL, D. L. Monetizing environmental impact of integrated aquaponic farming compared to separate systems. **Science of the Total Environment**, v. 792, p. 148459, 2021.

GUERRA, T. F. M. F. **Determinação das constantes cinéticas de nitrificação e nitratação em função da temperatura**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Sanitária) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017.

HENZ, G. P. et al. Alta produtividade. **Caderno Técnico: Como cultivar Pimentão**. Emater – DF, 2007.

HERNÁNDEZ, J. Z.; NUNES, A. J. P. Biossegurança no cultivo de camarão marinho: qualidade da água e fatores ambientais. **Revista da ABCC**, v. 3, n. 2, p. 55-59, 2001

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sidra. **Censo Agropecuário 2017**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6722>>. Acesso em: 17 jan. 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Pecuária Municipal 2020**. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2020_v48_br_informativo.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2022

IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio**, Rio de Janeiro, v. 33, p.1-133, 2013.

IBGE. **Contas econômicas ambientais da água**. 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/estatisticas-e-indicadores-ambientais/20207-contas-economicas-ambientais-da-agua-brasil.html?edicao=27599&t=resultados>. Acesso em: 05 jun. 2021

IBGE. **Rendimento de todas as fontes: 2018**. Rio de Janeiro: IBGE, Coordenação de Trabalho e Rendimento, 2018. 12 p. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101673_informativo.pdf. Acesso em: 05 jun. 2021.

INTENSIFICAÇÃO E SUSTENTABILIDADE DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLAS. In: BRASIL. EMBRAPA. **VISÃO 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília: Agropensa, 2018. Cap. 5. p. 11-212. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/9543845/Vis%C3%A3o+2030+-+o+futuro+da+agricultura+brasileira/2a9a0f27-0ead-991a-8cbf-af8e89d62829>. Acesso em: 17 jan. 2022.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 4 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2005.

KUBITZA, F. Aquicultura no Brasil: principais espécies, áreas de cultivo, rações, fatores limitantes e desafios. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 150, p. 10-23, 01 jul. 2015. Mensal.

KUBITZA, F. Sistemas de Recirculação: sistemas fechados com tratamento e reuso da água. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 95, p. 3-10, 30 jun. 2006. Mensal.

KUBITZA, F. Tilápias: Qualidade da água, sistemas de cultivo, planejamento da produção, manejo nutricional e alimentar e sanidade – Parte I. **Panorama da aquicultura**, São Paulo, edição 59, jun. 2000. Disponível em: <https://panoramadaaquicultura.com.br/52evoluti-qualidade-da-agua-sistemas-de-cultivo-planejamento-da-producao-manejo-nutricional-e-alimentar-e-sanidade-parte-i/> Acesso em: 16 jan. 2022.

LAPA, K. R.; ARANA, L. A. V. **SISTEMAS DE RECIRCULAÇÃO AQUÍCOLA – RAS: quando utilizar?. QUANDO UTILIZAR?.** 2016. Publicada por Aquaculture Brasil. Disponível em: <https://www.aquaculturebrasil.com/artigo/12/sistemas-de-recirculacao-aquicola-%E2%80%93-ras-%E2%80%93-quando-utilizar>. Acesso em: 17 jan. 2022.

LARA, G. R. de. **Técnicas de manejo aplicadas à redução das concentrações de nitrito na água de cultivo de *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos.** 2012. Dissertação de Mestrado.

LEAL, A.S. 1999. **As águas subterrâneas no Brasil. Ocorrências, disponibilidades e usos.** O Estado das Águas no Brasil. (Série Estudos e Informações Hidrológicas e Energéticas. ÁGUA). ANEEL. Brasília. CDROM.

LENNARD, W. A. Aquaponics research at RMIT university, Melbourne Australia. **Aquaponics Journal**, v. 35, p. p18-24, 2004.

LENNARD, W. **Commercial aquaponic systems: integrating recirculating fish culture with hydroponic plant production.** Wilson Lennard, 2017.

LENNARD, W.; WARD, J. A comparison of plant growth rates between an NFT hydroponic system and an NFT aquaponic system. **Horticulturae**, v. 5, n. 2, p. 27, 2019.

LOVE, D. C., FRY, J. P., GENELLO, L., HILL, E. S., FREDERICK, J. A., LI, X., & SEMMENS, K. An international survey of aquaponics practitioners. **PloS one**, v. 9, n. 7, p. e102662, 2014.

LOVE, D. C., FRY, J. P., LI, X., HILL, E. S., GENELLO, L., SEMMENS, K., & THOMPSON, R. E. Commercial aquaponics production and profitability: Findings from an international survey. **Aquaculture**, v. 435, p. 67-74, 2015.

MALVEZZI, R. Semi-árido. **Uma Visão Holística–Brasília: Confea**, 2007.

MANNING, C. **A life and career unexpected.** 2017. Publicada por Greenhouse Management. Disponível em: <https://www.greenhousemag.com/article/aquaponics-dr-james-rakocy-ngma-structures/>. Acesso em: 15 jan. 2022.

MARTINEZ, H. E. P. **Manual prático de hidroponia. Viçosa: Aprenda Fácil**, 2006. 271p.

MARTINS, G. O.; SOUZA, A. R.; SILVA FILHO, M. V.; SINISCALCHI, L. A. B. Cultivo de bactérias nitrificantes a partir do biofilme de filtro biológico aerado submerso tratando esgoto. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.6, p.77-91, 2019. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.006.0008>

MATHIAS, J. **Como plantar coentro.** 2019. Publicada por Globo Rural. Disponível em: <https://revistagloborural.globo.com/vida-na-fazenda/como-plantar/noticia/2019/12/como-plantar-coentro.html>. Acesso em: 17 jan. 2022.

MATHIAS, J. **Como plantar couve.** 2015. Publicada por Globo Rural. Disponível em: <https://revistagloborural.globo.com/vida-na-fazenda/como-plantar/noticia/2015/05/como-plantar->

BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13., 2004, Cuiabá, MT. Livro de resumos... Cuiabá: ABAS, 2004. 1 CD-ROM., 2004.

QUEIROZ, L.; ROSSI, S.; MEIRELES, J.; COELHO, C.. Shrimp aquaculture in the federal state of Ceará, 1970–2012: trends after mangrove forest privatization in Brazil. **Ocean & Coastal Management**, [S.L.], v. 73, p. 54-62, mar. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2012.11.009>.

RAKOCY, J. E. Island Perspectives. **Virgin Islands Agricultural Experiment Station: Saint Croix, VI, USA**, p. 5-10, 1989.

RAKOCY, J. E., BAILEY, D. S., THOMAN, E. S., & SHULTZ, R. C. Intensive tank culture of tilapia with a suspended, bacterial-based, treatment process. In: **New Dimensions on Farmed Tilapia: Proceedings of the Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture**. 2004. p. 584-596.

RAKOCY, J. E.; HARGREAVES, J. A. Integration of vegetable hydroponics with fish culture: a review. In.: **Techniques for Modern Aquaculture – Aquacultural Engineering Conference**, Spokane. Proceedings... Spokane: ASAE, 1993. p.112–36, 1993.

RAKOCY, J. E.; MASSER, M. P.; LOSORDO, T. M. **Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics—integrating fish and plant culture**. Southern Regional Aquaculture Center, publication no. 454. 2006.

RIZAL, A., DHAHIYAT, Y., ANDRIANI, Y., HANDAKA, A. A., & SAHIDIN, A. The economic and social benefits of an aquaponic system for the integrated production of fish and water plants. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP publishing, 2018. p. 012098.

ROCHFÉ. **Pecuária sustentável**: saiba o que é e como pode beneficiar seu negócio. 2021. Disponível em: <https://blog.rochfer.com.br/pecuaria-sustentavel/#:~:text=A%20pecu%C3%A1ria%20sustent%C3%A1vel%20%C3%A9%20uma,simbiose%20com%20o%20meio%20natural>. Acesso em: 17 jan. 2022.

RODRIGUES, J. S. **Densidade de estocagem de Pangasius hypophthalmus** (Sauvage, 1878) criado em sistema raceway. 2020.

RODRIGUES, L. N. **Água para produção de alimento**. 2019. Publicado pela Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/42157533/artigo-agua-para-producao-de-alimento>. Acesso em: 17 jan. 2022.

RUFINO, I. A. A., & SILVA, S. T. D. Análise das relações entre dinâmica populacional, clima e vetores de mudança no semiárido brasileiro: Uma abordagem metodológica. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 23, p. 166-181, 2017.

SANTOS, A. D. L. **Tipos de Sistemas de Aquaponia e sua Estrutura Física**. 2019. 20 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Pesca e Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias e Aplicadas, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2019.

SANTOS, W. **Você sabe quanto o brasileiro realmente come de pescado?** 2021. Seafood Brasil. Disponível em: <https://www.seafoodbrasil.com.br/voce-sabe-quanto-o-brasileiro-realmente-come-de-pescado>. Acesso em: 15 jan. 2022.

SONODA, D. Y.; SHIROTA, R. Consumo de pescado no Brasil fica abaixo da média internacional. **Visão agrícola**, v. 11, n. 1, p. 1-3, 2012.

TAVARES, V. C., DE ARRUDA, Í. R. P., & DA SILVA, D. G. Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido brasileiro: uma revisão bibliográfica. **Geosul**, v. 34, n. 70, p. 385-405, 2019.

TRAJETÓRIA DA AGRICULTURA BRASILEIRA. In: BRASIL. EMBRAPA. **VISÃO 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília: Agropensa, 2018. Cap. 2. p. 11-212. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/9543845/Vis%C3%A3o+2030+-+o+futuro+da+agricultura+brasileira/2a9a0f27-0ead-991a-8cbf-af8e89d62829>. Acesso em: 17 jan. 2022.

TRANI, P. E.; TIVELLI, S. W.; BLAT, S. F.; PRELA-PANTANO, A.; TEIXEIRA, E. P.; ARAÚJO, H. S.; FELTRAN, J. C.; PASSOS, F. A.; FIGUEIREDO, G. J. B. de.; NOVO, M. C. S. S. Couve de folha: do plantio à pós-colheita. **IAC – Boletim Técnico** nr. 214, Campinas, 2015.

UNIDAS, Organização das Nações (org.). **A ONU e o meio ambiente**. 2020. Publicado pela ONU. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91223-onu-e-o-meio-ambiente#:~:text=%E2%80%9CO%20desenvolvimento%20sustent%C3%A1vel%20%C3%A9%20o,de%20atender%20suas%20pr%C3%B3prias%20necessidades.%E2%80%9D>. Acesso em: 15 jan. 2022.

UNITED NATIONS DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS. 2019
Revision of world population prospects. 2019.

VALENTI, W. C.; BARROS, H. P.; MORAES-VALENTI, P.; BUENO, G. W.; CAVALLI, R. O. Aquicultura no Brasil: uma indústria de 1 bilhão de dólares. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 182, p. 34-49, 04 jun. 2021. Mensal.

VALENTI, W. C.; BARROS, H. P.; MORAES-VALENTI, P.; BUENO, G. W.; CAVALLI, R. O.. Aquaculture in Brazil: past, present and future. **Aquaculture Reports**, [S.L.], v. 19, p. 100611, mar. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100611>.

VERDE, Redação Pensamento. **Agricultura sustentável: Conheça o sistema agrícola mandala**. 2014. Pensamento Verde. Disponível em: <https://www.pensamentoverde.com.br/sustentabilidade/agricultura-sustentavel-conheca-o-sistema-agricola-mandala/>. Acesso em: 18 jan. 2022.

VICENTE, A. L. **Sistemas de cultivo em meios heterotróficos (Bioflocos)**. 2014. Publicado por GIA. Disponível em: <https://gia.org.br/portal/bioflocos-2/>. Acesso em: 15 jan. 2022

VIDAL, M. de F. **Panorama da piscicultura no Nordeste**. 2016.

VINATEA, L. **Aqüicultura: Evolução Histórica**. 1995. Panorama da Aqüicultura. Disponível em: <https://panoramadaaquicultura.com.br/aquicultura-evolucao-historica/>. Acesso em: 15 jan. 2022.

XIMENES, L. F. **Produção de pescado no Brasil e no Nordeste brasileiro**. 2021.

YEP, B., ZHENG, Y. Aquaponic trends and challenges—A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 228, p. 1586-1599, 2019.

ZANELLA, M. E. Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n.36, Volume Especial, p. 126-142, 2014. CONSIDERAÇÕES SOBRE O CLIMA E OS RECURSOS HÍDRICOS DO SEMIÁRIDO NORDESTINO. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. 1, n. 36, p. 126-142, 2014.