

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA**

ETEC PROF. IDIO ZUCCHI

Técnico em Agronegócio

Caio Felipe Candido

Carlos Henrique Dos Santos Rodrigues

Danilo Garcia Isaac

Luciano De Paula Roque

Rodolfo Henrique Da Silva Gomes

Thiago Lapola Alves

**PISCICULTURA EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO AQUÍCOLA –
RAS, NA AGRICULTURA FAMILIAR**

Bebedouro

2022

Caio Felipe Candido

Carlos Henrique Dos Santos Rodrigues

Danilo Garcia Isaac

Luciano De Paula Roque

Rodolfo Henrique Da Silva Gomes

Thiago Lapola Alves

**PISCICULTURA EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO AQUÍCOLA –
RAS, NA AGRICULTURA FAMILIAR**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado à ETEC Prof. Idio Zucchi,
como requisito para conclusão do curso
Técnico em Agronegócio.

Orientadora: Prof. Lisandra Cunha Godoy

Bebedouro

2022

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor(es): Caio Felipe Candido

Carlos Henrique Dos Santos Rodrigues

Danilo Garcia Isaac

Luciano De Paula Roque

Rodolfo Henrique Da Silva Gomes

Thiago Lapola Alves

Título: Piscicultura em sistema de recirculação aquícola – RAS, na agricultura familiar

Curso Técnico em Agronegócio / III Módulo / Noturno

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em ___ / ___ / 2022

com MENÇÃO (), pela banca de validação:

(Assinatura) _

(Assinatura) _

(Assinatura) _

Prof.^a

Prof.^a Responsável pelo Componente Curricular Desenvolvimento do TCC

Curso de Técnico em Agronegócio

ETEC Prof. Idio Zucchi

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por até aqui ter nos ajudado e fortalecido os laços de amizade que criamos.

Somos gratos aos nossos familiares pelo apoio e a compreensão pela nossa ausência em muitos momentos enquanto nos dedicávamos aos estudos e a este trabalho.

Agradecemos aos professores pelos ensinamentos e conhecimentos passados contribuindo com nosso desenvolvimento tanto profissional quanto humano.

Em especial a professora Lisandra Cunha Godoy por aceitar ser nossa orientadora, pela paciência, ajuda e conselhos com o qual contribuiu com a elaboração deste trabalho.

Aos colegas da turma pelo companheirismo ao longo desta jornada.

A todos aqueles que contribuíram, de alguma forma, para a realização deste trabalho.

Agradecemos de modo representativo a ETEC Prof. Idio Zucchi e a Fundação Coopercitrus Credicitrus por toda a estrutura a nós disponível.

Não poderíamos deixar de agradecer efusivamente o agricultor familiar Sr. Lucas Rodrigues Alvarenga por ter aberto as porteiras de sua propriedade para que pudéssemos realizar este trabalho, pela atenção, o tempo despendido e a gentileza a qual sempre nos tratou.

Somos gratos pela amizade que cresceu a cada dia entre nós. Com certeza sempre nos lembraremos com alegria do nosso grupo Pancada Seca.

**“Semeia um pensamento, colhe um ato.
Semeia um ato, colhe um hábito.
Semeia um hábito, colhe um caráter.
Semeia um caráter, colhe um destino.”**

Marion Laurence

RESUMO

O Brasil é uma potência agropecuária, mas em relação a aquicultura não ocupa papel de destaque, mesmo assim é o país com o maior potencial de crescimento de produção no mundo, sua vastidão continental e litorânea, aliada a abundância de mananciais de água, faz que se vislumbre um futuro grandioso no setor. No entanto é necessário aplicar novas tecnologias e métodos de produção, sendo assim a produção de pescado de cultivo em sistema de recirculação aquícola (RAS) torna-se uma técnica viável, devido ao sistema ser intensivo de produção em circuito fechado com baixo uso hídrico e reaproveitamento constante da água de cultivo. O sistema de recirculação apresenta-se como um dos mais sustentáveis, com excelente produtividade e alto valor agregado. Assim sendo, este trabalho mostra a implantação de um projeto de sistema RAS em uma propriedade de agricultura familiar no município de Bebedouro – SP, onde foram usados materiais sem uso na propriedade afim de colaborar ainda mais com a sustentabilidade. Com baixo investimento de implantação, agricultores familiares tem mais uma opção de diversificar a produção, bem como, poderem consumir proteína animal de alto valor biológico, produzida de forma sustentável, segura e saudável.

Palavras-chave: piscicultura, sistema fechado, recirculação, agricultura familiar.

ABSTRACT

Brazil is an agricultural power, but in relation to aquaculture it does not occupy a prominent role, even so it is the country with the greatest potential for production growth in the world, its continental and coastal vastness, combined with the abundance of water sources, makes a great future in the sector can be seen. However, it is necessary to apply new technologies and production methods, so the production of fish from cultured aquaculture recirculation system (RAS) becomes a viable technique, due to the system being intensive in closed circuit production with low water use and constant reuse of crop water. The recirculation system is one of the most sustainable, with excellent productivity and high added value. Therefore, this work shows the implementation of a RAS system project in a family farming property in the municipality of Bebedouro - SP, where unused materials were used on the property to collaborate even more with sustainability. With low implementation investment, family farmers have one more option to diversify production, as well as being able to consume animal protein of high biological value, produced in a sustainable, safe, and healthy way.

Keywords: fish farming, closed system, recirculation, family farming.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1 - Mapa da divisão das regiões de produção pesqueira brasileira.....	13
Ilustração 2 - Crescimento da produção brasileira de peixes de cultivo, nos últimos 8 anos.....	14
Ilustração 3 - Evolução da produção de peixes de cultivo por regiões.....	15
Ilustração 4 - Produção da piscicultura de cultivo paulista nos últimos 5 anos e as espécies mais produzidas em 2021.....	17
Ilustração 5 - Sistema de recirculação de água do Laboratório de Aquicultura (LAQ) da UDESC/Laguna.....	22
Ilustração 6 - Tanques de cultivo para engorda dos peixes.....	28
Ilustração 7 - Decantador de sólidos.....	29
Ilustração 8 - Sistema misto de filtragem mecânica e biológica.....	29
Ilustração 9 - Filtro biológico, sump, e mídias biológicas.....	30
Ilustração 10 - Filtragem adicional com outras espécies de peixes.....	31
Ilustração 11 - Tanques de cultivo para cria de alevinos.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Os 10 maiores produtores de peixes de cultivo do Brasil.....	16
Tabela 02 - Dados combinados das tecnologias apresentadas.....	26
Tabela 03 - Orçamento de materiais usados na montagem do sistema na propriedade de agricultura familiar no município de Bebedouro – SP.....	32

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	4
RESUMO	6
ABSTRACT	7
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	8
LISTA DE TABELAS	9
INTRODUÇÃO	9
2 A PISCICULTURA	11
2.1 A piscicultura mundial.....	11
2.2 A piscicultura brasileira	12
2.3 Piscicultura no estado de São Paulo	16
3 SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO AQUÍCOLA – RAS	19
3.1 Componentes do Sistema	21
3.1.1 Tanque de Cultivo.....	22
3.1.2 Decantadores e Filtros Mecânicos	23
3.1.3 Biofiltros	23
3.1.4 Sistema de Aeração/Oxigenação.....	24
3.1.5 Sistemas de Bombas e Tubulação de Drenagem e Retorno.....	24
3.1.6 Unidades de Quarentena.....	25
3.2 Comparativo entre Diferentes Sistemas de Produção.....	25
4 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA RAS NA AGRICULTURA FAMILIAR	27
4.1 Implantação do Projeto	27
4.2 Custos de Implantação	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
ANEXO A – Entrevista com agricultor familiar Sr. Lucas Rodrigues Alvarenga proprietário do Sítio Nossa Senhora Aparecida no município de Bebedouro – SP acerca da implantação do Sistema de Recirculação Aquícola – RAS em sua propriedade. Entrevista concedida no dia 06 de junho de 2022.	38

INTRODUÇÃO

A crescente demanda mundial por alimentos impulsionada pelo aumento populacional, elevação da renda per capita, mudança nos padrões de consumo e crescimento da urbanização global esbarra na limitada disponibilidade dos recursos naturais. De acordo com a ONU (2012) a população mundial alcançará a marca de 8 bilhões de pessoas em 2024, chegando a 9,6 bilhões em 2050. Isso exigirá uma maior oferta de alimentos e requer que as atividades de produção de alimentos sejam realizadas de forma intensiva, utilizando menos recursos e buscando ser sustentável, valendo-se de toda tecnologia possível que possa ser integrada aos meios produtivos.

Na mesma via de regra, o consumo de proteína animal aumentou exponencialmente, conseqüentemente a busca por novas alternativas de proteínas e principalmente proteínas de qualidade, elevaram os números do consumo de pescado no mundo todo (BRAZ FILHO, 2000). O pescado se encontra entre os primeiros alimentos utilizados pela humanidade e se prima por ser uma fonte de proteína de ótima qualidade e alto valor biológico. Em todo o mundo encontramos seus consumidores, sendo que o pescado representa a principal fonte alimentar para muitas culturas (BRAZ FILHO, 2000). Nesse contexto a pesca extrativista se encontra em uma posição de vulnerabilidade, seja por questões de sustentabilidade, com países colocando barreiras a pesca predatória, seja por questões climáticas, ou mesmo pela crise do setor pesqueiro tradicional, onde monitoramento dos estoques pesqueiros indicam um contínuo declínio das espécies marinhas e de água doce mundial. Entretanto a produção de pescado em cativeiro vem crescendo e de certa forma oxigenando a indústria da pesca em todo o planeta com peixes de qualidade, saudáveis e de grande aceitação pelos consumidores. De acordo com Secretaria de Pesca e Aquicultura do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2021) a esse tipo de criação de peixes em cativeiro dá-se o nome de piscicultura e está englobado dentro de um ramo da zootecnia que estuda a produção racional de organismos aquáticos, chamado de aquicultura ou aquacultura. A Secretaria de Pesca e Aquicultura (MAPA, 2021) exemplifica, que além da piscicultura, temos outros tipos de criações na aquicultura, sendo:

- Carcinicultura: criação de camarões e lagostas;
- Maricultura: aquacultura em água salgada;
- Malacocultura: criação de moluscos (caramujos, chocos, lulas e polvos);

- Mitilicultura: criação de mexilhão;
- Ostreicultura: criação de ostras;
- Pectinicultura: criação de vieiras;
- Algicultura: cultivo de algas;
- Ranicultura: criação de rãs.

O Brasil se destaca em tudo ao que se trata do setor agropecuário bem como na produção de alimentos, mas na produção de pescados o Brasil não tem uma posição de protagonista, de acordo com a publicação da *The State of World Fisheries and Aquaculture* (SOFIA) de 2020, sob responsabilidade da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), o Brasil ocupa apenas a 13ª posição no ranking de produção de peixes em cativeiro e é o 8º na produção de peixes de água doce. Devido ao seu litoral continental, vastidão territorial e abundantes recursos hídricos em água doce, o potencial brasileiro é enorme e o uso de tecnologias bem como o fomento do setor são primordiais.

O sistema de recirculação aquícola – RAS na piscicultura é uma das tecnologias que podem ser implementadas para o aumento da produção brasileira de peixes em cativeiro, principalmente em pequenas propriedades e produtores da agricultura familiar. Por ser considerado um sistema superintensivo de criação de peixes, diminui enormemente a área utilizada em relação ao sistema convencional bem como os recursos hídricos, com maior controle de parâmetros econômicos, ambientais e de manejo. As vantagens e desvantagens da utilização desse método de criação de peixes devem ser bem analisadas, bem como a escolha da espécie a ser criada, rações, condições fitossanitárias e a dedicação empregada pelo produtor para que se tenha viabilidade econômica do empreendimento. Assim o objetivo deste trabalho é fazer uma análise das vantagens e desvantagens do RAS em relação ao sistema tradicional.

A metodologia empregada neste trabalho utiliza uma abordagem qualitativa, sendo aplicado um amplo estudo no tema e no campo que está inserido e busca um entendimento mais profundo do mesmo. A utilização de pesquisas em revisões de literatura, livros, artigos científicos, dados bibliográficos e periódicos, é base que norteia todo o trabalho. Através da utilização de pesquisa descritiva e entrevista ligadas ao tema auxilia o desenvolvimento para melhor adequação a abordagem.

2 A PISCICULTURA

2.1 A piscicultura mundial

O relatório SOFIA da FAO é lançado a cada 2 anos, são coletados dados de diversos países e instituições trazendo estatísticas recentes e dados compilados e é a publicação que melhor mostra o panorama atual da pesca e aquicultura mundial. O SOFIA 2020 se baseou em informações anteriores as restrições do estado emergencial pandêmico da COVID-19, trazendo resultados mais fidedignos do crescimento do setor pesqueiro mundial. Entre todas as modalidades de produção, pesca marinha e continental, aquicultura marinha e continental, a pesca marinha ainda é a que tem maior produção.

Estima-se que a produção tenha atingido cerca de 179 milhões de toneladas de pescado em 2018 com um valor total de primeira venda estimado em US\$ 401 bilhões, dos quais 82 milhões de toneladas, avaliadas em US\$ 250 bilhões, vieram da produção de aquicultura. Do total, 156 milhões de toneladas foram utilizadas para consumo humano, o equivalente a uma oferta anual estimada de 20,5 kg per capita. As 22 milhões de toneladas restantes foram destinadas para uso não alimentar, principalmente para produção de farinha de peixe e óleo de peixe. (FAO, 2020, pag. 02)

Quando analisamos o setor pesqueiro em todas as modalidades temos a China como o maior produtor de pescado disparado com 35% de toda a produção mundial, isso é maior até que toda a produção asiática, quando se exclui a China da estatística, o continente asiático corresponde a 34% de toda a produção global, seguido das Américas com 13%, Europa 10%, África 7% e Oceania 1% (FAO, 2020). Ao olhar somente para a pesca de captura, os sete maiores produtores pesqueiros são responsáveis por mais de 50% da produção global e o panorama não é muito diferente com a China liderando com folga as estatísticas com 15% seguida de Indonésia 8%, Peru 8%, Índia 4%, Rússia 6%, EUA 6% e Vietnam 4% (FAO, 2020).

Segundo a FAO (2020), a aquicultura apresenta um papel de destaque como fonte de alimento e desde a década de 1970 tem-se um incremento na produção em média de 7,5% ao ano, sendo composta principalmente por pescado em águas continentais. A aquicultura atingiu a marca recorde de 114,5 milhões de toneladas em peso vivo em 2018, divididos entre 82,1 milhões de toneladas de animais aquáticos, 32,4 milhões de toneladas de algas aquáticas e 26 mil toneladas de conchas e pérolas ornamentais. Em 2018, 39 países, localizados em todas as regiões, exceto a Oceania, produziram mais animais aquáticos da aquicultura do que da pesca.

No foco da pesquisa, a piscicultura, sua produção em 2018 foi de 54,3 milhões de toneladas perfazendo um valor de venda de US\$ 139,7 bilhões, sendo que foram colhidos da aquicultura continental 47 milhões de toneladas, com valor de US\$ 104,3 bilhões e aquicultura marinha e costeira 7,3 milhões de toneladas, US\$ 35,4 bilhões. Com a piscicultura tendo números tão expressivos dentro do setor pesqueiro, é normal que tenhamos a tilapicultura como referência e liderança na produção de pescado em cativeiro. Segundo o Anuário Associação Brasileira da Piscicultura (PEIXEBR, 2022), a produção mundial de tilápia ficou em torno de 6,25 milhões de toneladas no ano de 2021. A China mantém-se com larga margem na liderança global de produção de tilápia, com a produção de 2 milhões de toneladas, o equivalente a 31,7% da produção global. A Indonésia vem em segundo com uma produção estimada em 1,4 milhão de toneladas, seguida de Egito com 1 milhão e Brasil com 534 mil toneladas, a Tailândia fecha o ranking dos 5 primeiros com 360 mil toneladas. As informações dos principais países produtores consolidam a tilápia como o peixe de cultivo mais produzido no mundo, seguido por pangásius e salmão (PEIXEBR, 2022).

2.2 A piscicultura brasileira

O setor pesqueiro mundial, de extrativismo ou de cultivo, tem grande relevância na economia global, entretanto, no Brasil o desempenho no setor fica aquém do esperado. Tendo visto que o Brasil se tornou uma potência agropecuária, uma vastidão continental costeira e um dos países com maior capacidade de recursos hídricos em água doce no mundo, a pesca e aquicultura brasileira não se desenvolveu de forma vertiginosa como outros setores da agropecuária, bem como de outras fontes de proteína produzidas no país. Mesmo assim, o Brasil é tido como o país com o maior potencial de crescimento no setor, desde 2014 a atividade da aquicultura cresceu mais de 50% num ritmo de crescimento médio de 5,65% ao ano (PEIXEBR, 2022).

De acordo com O Departamento de Desenvolvimento e Ordenamento da Pesca (DEPOP) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2022), o Brasil é dividido em quatro áreas de atividade pesqueira divididas em duas coordenações gerais, a marinha e a continental e subdividida em Marinha Norte – Nordeste e Marinha Sul – Sudeste e Continental Amazônica e Continental Nordeste Centro - Sul.

Ilustração 01. Mapa da divisão das regiões de produção pesqueira brasileira.



Fonte: Departamento de Desenvolvimento e Ordenamento da Pesca, 2022.

Devido a problemas estruturais e de gestão de políticas públicas as estatísticas da pesca extrativista brasileira estão totalmente desatualizadas, o último boletim publicado pelo MAPA foi no ano de 2011. A falta de dados e monitoramento sobre a maioria do pescado explorado comercialmente impossibilita o controle e a garantia de que a atividade está sendo realizada de forma sustentável e que assegure a viabilidade populacional dos peixes explorados. De acordo com o relatório intitulado Auditoria da Pesca no Brasil (OCEANA, 2020), documento realizado de forma pioneira pela ONG Oceana, mapeou-se os 118 principais estoques pesqueiros do país. Destes, apenas 7 dispunham de avaliações atualizadas, o que representa 6% do total explorado comercialmente.

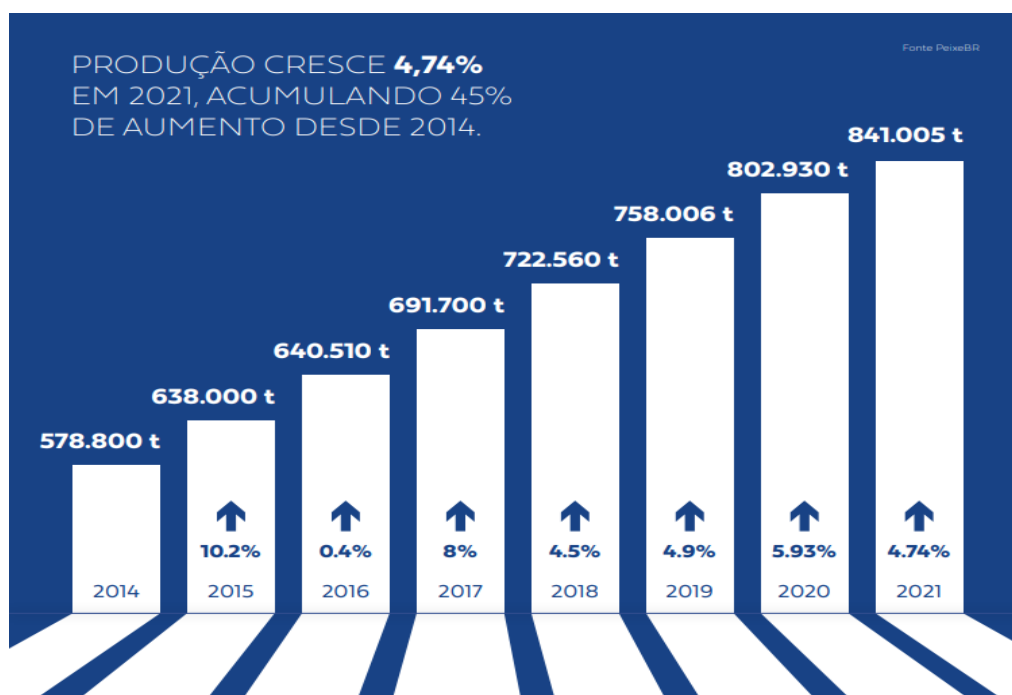
Estima-se que a produção da pesca extrativista marinha do Brasil seja algo em torno de 500 mil toneladas anuais (OCEANA, 2020). O cálculo, entretanto, está longe de ser preciso, justamente pela falta de informações atualizadas disponíveis.

Já no setor da pesca de cultivo brasileira, as estatísticas são bem mais precisas, com o auxílio de entidades representativas do setor, governos estaduais e

regulamentações mais exigentes por parte do MAPA aos criadores e produtores, os dados e informações do setor dão uma dimensão bem mais ampla do crescimento nos últimos anos e as projeções do mercado para este tão importante setor agropecuário brasileiro.

Com base no Anuário 2022 da PEIXEBR, o Brasil produziu 841.005 toneladas de peixes de cultivo (tilápia, peixes nativos e outras espécies), em 2021. Esse resultado representa crescimento de 4,7% sobre a produção de 2020 (802.930 t). O motor que impulsionou esse crescimento foi a tilapicultura (produção de tilápias), foram produzidas pouco mais de 534 mil toneladas de tilápia, representando 63,5% da produção de peixes de cultivo, tendo um avanço de 9,8% de crescimento em relação a de 2020. As outras espécies de peixes exóticos (carpas, trutas e pangasius) foram responsáveis por 5,3% da produção total de 2021, atingindo 44.585 toneladas, resultando num crescimento de 17% ao ano anterior, comprovando o potencial do pangasius para o clima brasileiro. Na contramão ficou a produção de peixes nativos, foram produzidos 262.370 t de peixes nativos (31,2% do total), com recuo de 5,85% em relação a 2020. Quando desmembramos a piscicultura da aquicultura, os números da produção de peixes de cultivo impressionam pelo crescimento ano a ano, desde 2014 a produção brasileira cresceu 45%.

Ilustração 02. Crescimento da produção brasileira de peixes de cultivo, nos últimos 8 anos.



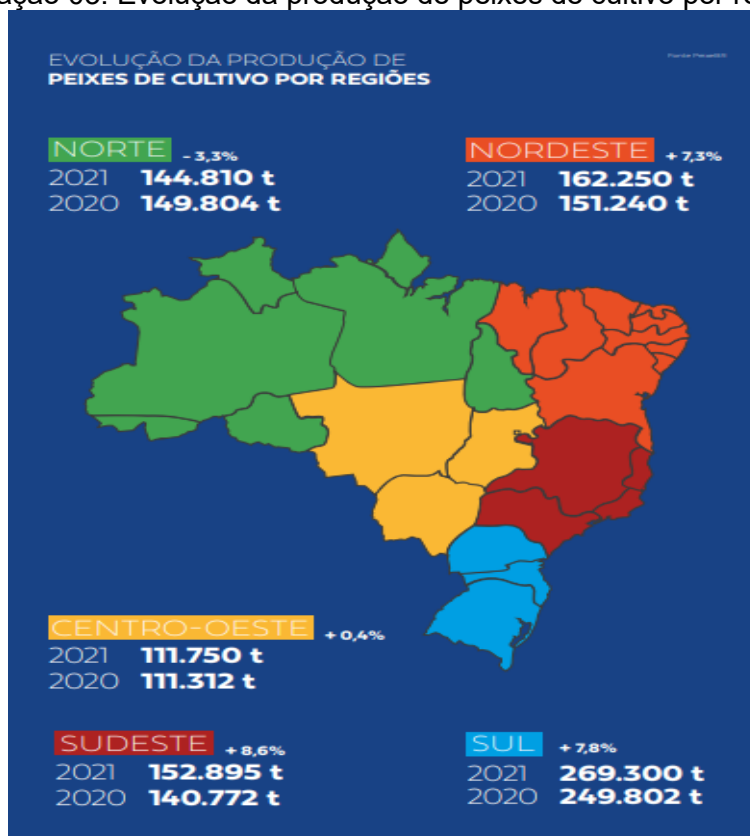
Fonte: PEIXEBR, 2022.

Quando analisamos a participação regional da piscicultura, a região Sul lidera com folga detendo 32% do total da produção nacional, seguida de longe pela região Nordeste com 19,3%, o Sudeste contribui 18,2%, a região Norte com 17,2% e por fim Centro-Oeste fecha com 13,3% da produção de pescado brasileira (PEIXEBR, 2022).

Todas as regiões do país têm potencial para expandir a produção de peixes de cultivo. Esse crescimento, porém, depende de uma série de fatores. Alguns sob a responsabilidade dos governos regionais e federal, outros de infraestrutura, visão mercadológica e adequações ambientais. Mesmo assim, a atividade mantém avanço médio de 5% nos últimos oito anos, segundo levantamento da Peixe BR. Se equacionarmos esses desafios, não tenho dúvidas de que a piscicultura brasileira experimentará um longo período de expansão. (PEIXEBR, 2022, pag. 26)

Mesmo com esse potencial não foram todas as regiões que tiveram crescimento na relação da safra 2021 para a 2020. A região Norte teve uma redução de 3,3% quando feito a comparação, já a região Centro-Oeste teve sua produção praticamente com o mesmo desempenho, na contramão vem a Região Sudeste, sendo a região que teve o maior crescimento com 8,6% (PEIXEBR, 2022).

Ilustração 03. Evolução da produção de peixes de cultivo por regiões.



Fonte: PEIXEBR, 2022.

Sendo a região Sul a maior produtora de peixes de cultivo, nada mais natural que um estado que a compõe, seja o líder brasileiro da produção. Esse título cabe ao estado do Paraná com 188 mil toneladas (Tabela 01), mais do que o dobro do segundo colocado, o estado de São Paulo com quase 82 mil toneladas, seguido por Rondônia em terceiro com 59,6 mil toneladas (PEIXEBR, 2022). O Paraná tem um modelo de produção definido. As cooperativas têm papel de destaque no desempenho da atividade no estado. Em São Paulo esse resultado é puxado por investimentos de grandes e médios produtores, que verticalizam suas estruturas, contribuindo para o aumento do setor de processamento. Rondônia que não teve bom desempenho enfrenta dificuldades inerentes ao segmento de peixes nativos, com desafios tanto em termos de legislação ambiental quanto de infraestrutura, apoio oficial e comercialização. Entre os 10 maiores produtores de peixes de cultivo do país, sete tiveram crescimento em 2021 e três apresentaram desempenho negativo. Além de Rondônia, a produção foi menor em Maranhão, Mato Grosso e Goiás que deixa o ranking dando lugar a Bahia 10º colocado (PEIXEBR, 2022).

Tabela 01. Os 10 maiores produtores de peixes de cultivo do Brasil.

Pos.	Estado	Produção (Ton.)
1º	Paraná	188.000
2º	São Paulo	81.640
3º	Rondônia	59.600
4º	Santa Catarina	53.600
5º	Minas Gerais	49.100
6º	Maranhão	46.500
7º	Mato Grosso	42.600
8º	Mato Grosso do Sul	37.400
9º	Pernambuco	31.930
10º	Bahia	31.250

Fonte: PEIXEBR, 2022.

2.3 Piscicultura no estado de São Paulo

Na contramão da ineficácia ou da falta de monitoramento da pesca extrativista no Brasil, o estado de São Paulo consegue ter maior controle sobre a produção e os estoques pesqueiros paulistas. Mesmo assim fica aquém do desejado, esse controle e fiscalização é mais eficaz na pesca marinha e estuarina, enquanto a pesca extrativista continental no estado paulista tem números imprecisos como bem a falta deles, gerando dados imprecisos e uma estatística incompleta. De acordo com o Programa de Monitoramento da Atividade Pesqueira Marinha e Estuarina do Instituto

de Pesca Do Estado de São Paulo (PROPESQ/IP, 2022), no que diz respeito a pesca extrativista marinha, São Paulo teve em 2021 uma produção pesqueira de 12.134 toneladas com valor estimado de pouco mais de R\$ 105 milhões, número menor que a produção no ano de 2020 que ficou em 15.180 toneladas com valor próximo aos R\$ 111 milhões, uma redução de aproximadamente 25,1% na produção, sendo que a sardinha verdadeira foi o peixe mais capturado, seguida da corvina e a pescada-foguete.

Já a piscicultura de cultivo vem mostrando crescimento ano após ano, de acordo com a PEIXEBR (2022) a produção de peixes de cultivo cresceu 9,4% em 2021 em relação ao ano anterior, passando de 74.600 toneladas para 81.640 toneladas com destaque especial a tilapicultura que foi responsável pela produção de 76.140 toneladas.

Ilustração 04. Produção da piscicultura de cultivo paulista nos últimos 5 anos e as espécies mais produzidas em 2021.



Fonte: PEIXEBR, 2022.

O Estado de São Paulo possui diversidade de sistemas de produção bem como a finalidade a que se destinam, sendo classificadas quanto ao sistema de produção em barramento, viveiro escavado, tanque-rede e sistema de recirculação; e pelo objetivo da produção em pesque-pague, engorda ou produção de alevinos e/ou juvenis. Com base no Levantamento das Unidades de Piscicultura do Estado de São Paulo (2019) da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) da Secretaria de Agricultura e Abastecimento (SAA) em 2018, foi verificada a existência de 1.462 pisciculturas, em 371 municípios. Quanto ao sistema, os viveiros escavados são 988 pisciculturas, em 315 municípios; barramentos, um total de 268 pisciculturas, em 138 municípios; e para tanques-rede, um total de 224 pisciculturas, em 87 municípios, não houve estatísticas apuradas sobre pisciculturas em sistemas de recirculação em larga escala comercial. Já sobre os objetivos da produção, temos 803 pisciculturas em 247 municípios com engorda; 127 pisciculturas em 90 municípios com produção de alevinos e/ou juvenis e 595 pesque-pagues em 262 municípios.

Embora o maior volume de produção seja no sistema de tanques-rede, o número de pisciculturas com viveiros escavados é predominante, com a maioria dessas pisciculturas desenvolvendo a atividade de pesque-pague. (SAA/CATI, 2019). A maior concentração de pisciculturas em tanques-redes fica nos reservatórios das usinas hidroelétricas dos rios Grande, Paraná, Paranapanema e Baixo e Médio Tietê, e como consequência os maiores municípios produtores, são banhados por esses rios, sendo que o município de Santa Fé do Sul lidera o ranking produtivo com 10.398 toneladas.

Apesar de ser um dos maiores produtores de peixes de cultivo do Brasil, São Paulo não é autossuficiente devido à alta densidade populacional. Para atender à demanda interna, os grupos varejistas importam principalmente de Santa Catarina, Paraná e Mato Grosso do Sul.(...) Mesmo assim, Estado de São Paulo continua sendo um dos melhores mercados para peixes de cultivo no Brasil e com muitas oportunidades, principalmente nos lagos das hidrelétricas, seja de domínio da União ou do estado. (PEIXEBR, pag. 136, 2022)

3 SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO AQUÍCOLA – RAS

Segundo Corso (2012) a piscicultura pode causar grandes impactos ambientais. Devido ao crescente desenvolvimento desta atividade, a repercussão dos impactos ambientais apresenta-se maximizada.

Os impactos ambientais podem ocorrer durante a fase de implantação de um sistema de cultivo e durante a sua operação de acordo com Valenti (2002 apud CORSO, 2012). O mesmo autor ressalta que os principais impactos ambientais durante a fase de instalação do empreendimento são:

- Remoção da cobertura vegetal no local de construção dos viveiros;
- Remoção de mata ciliar para captação de água;
- Erosão com o carregamento de sedimento para cursos d'água naturais.

Já os principais impactos ambientais causados durante a fase de operação dos cultivos são:

- Utilização exacerbada de recursos hídricos;
- Liberação de efluentes ricos em nutrientes (principalmente nitrogênio e fósforo) causando eutrofização de corpos d'água naturais;
- Liberação de efluentes ricos em matéria orgânica e sólidos em suspensão, aumentando a turbidez em corpos d'água naturais;
- Introdução de espécies exóticas e doenças no ambiente;
- Introdução de substâncias tóxicas e drogas bio-acumulativas no ambiente.

Entretanto, TIAGO (2007, apud Corso, 2012) afirma que um aspecto positivo, é que muitos desses efeitos potencialmente adversos podem ser amenizados ou eliminados utilizando-se de cuidados na localização e operação da atividade. Além destes cuidados, novas estratégias de cultivo podem ser utilizadas, amenizando ainda mais o impacto causado por esta atividade.

Entre as estratégias de cultivo que se utilizadas de forma correta minimizam estes impactos ambientais é a utilização de sistemas de recirculação de água. As razões para iniciar a reutilização da água decorrem da falta de água, controle da poluição, riscos à saúde e prováveis ganhos econômicos (CORSO, 2012).

A piscicultura pode ser praticada em diferentes sistemas de cultivo, os quais variam de intensidade conforme a densidade de animais por metro cúbico de água, tipo de ração, fluxo de água ou mesmo o reuso da mesma (LAPA e ARANA, 2016).

Ainda de acordo com os mesmos autores, quando temos a necessidade de reutilizar a água do cultivo, seja por sua pouca disponibilidade, preocupações com a

poluição dos mananciais ou mesmo por competição por outros usos numa determinada bacia hidrográfica, temos motivos de sobra para a utilização de Sistemas de Recirculação Aquícola (do inglês, *Recirculating Aquaculture Systems* – RAS). Os Sistemas de Recirculação Aquícola visam o reuso da água de cultivo após o seu devido tratamento.

Podemos enumerar algumas vantagens dos RAS analisadas e descritas por Timmons e Ebeling (2013 apud LAPA e ARANA, 2016):

- Maior produtividade por área e redução significativa da necessidade de captação de água (pode chegar a mais de 90%);
- Efluente mais concentrado e em menor volume, sendo possível tratar este através das técnicas e equipamentos corretos, de maneira muito mais econômica e eficiente;
- Ambiente de cultivo mais otimizado para atender as necessidades do animal aquático, permitindo o acompanhamento mais preciso de taxas de crescimento e previsões mais seguras de despescas;
- Aumento da biossegurança, o que amplia o controle de doenças;
- Maiores possibilidades de controle de fugas de espécies exóticas, por serem cultivadas em ambientes fechados;
- Possibilidade de agregar valor ao cultivo com outras espécies, como por exemplo plantas aquáticas, que fazem a recuperação do nitrogênio no fluxo de resíduos;
- Redução da pegada de carbono ao se utilizar cultivos aquícolas em sistemas de recirculação de água.
- Possibilidade de aproximar a produção aquícola dos centros consumidores, pois com o uso de RAS é possível montar o empreendimento em muitos locais, com controle total sobre a água de cultivo.
- É considerado como um dos métodos mais sustentáveis de produção de peixes.

Entretanto, existem algumas desvantagens nesse tipo de sistema de criação que devem ser pontuados, como em todo empreendimento a questão econômica é extremamente importante, e o RAS demanda um alto custo de investimento, além da grande dependência de energia elétrica, com fornecimento de oxigênio dissolvido e da necessidade de monitoramento rigoroso, com mão de obra qualificada para tal (LAPA e ARANA, 2016). Em uma análise mais técnica e operacional, Kubitzka (2006) analisa algumas outras desvantagens como:

- Desconhecimento dos princípios básicos que regem o funcionamento do sistema;

- Falta de capacitação dos operadores e gerentes para compreender e atuar sobre as interações físicas, químicas e biológicas que determinam a integridade dos componentes do sistema;
- Uso de rações de baixa qualidade;
- Inadequado design do sistema ou a tentativa de operar com componentes inadequados;
- Incorreto dimensionamento, ou ausência de importantes componentes (filtros, biofiltros e sistemas de “backup”);
- Criação de espécies com preços de mercado que muitas vezes não conseguem remunerar o custo operacional e sequer são capazes de retornar o capital investido;
- Inadequado manejo sanitário e falta de conhecimento sobre boas práticas de manejo e de medidas profiláticas para evitar ocorrência de doenças.

De acordo com Lapa e Arana (2016) no Brasil, os sistemas de cultivo com recirculação de água são utilizados principalmente nos laboratórios comerciais de reprodução, no cultivo de tilápia e alguns peixes ornamentais, nos aquários públicos e privados. Além disso, muitos laboratórios de pesquisa já realizam seus experimentos utilizando RAS. Reafirmando, Kubitza (2006) relata que no Brasil, o interesse de investidores pelo cultivo de peixes em sistemas fechados é ainda muito recente. Sistemas pioneiros visando a recria e engorda de tilápias começaram a ser implementados em meados da década de 90.

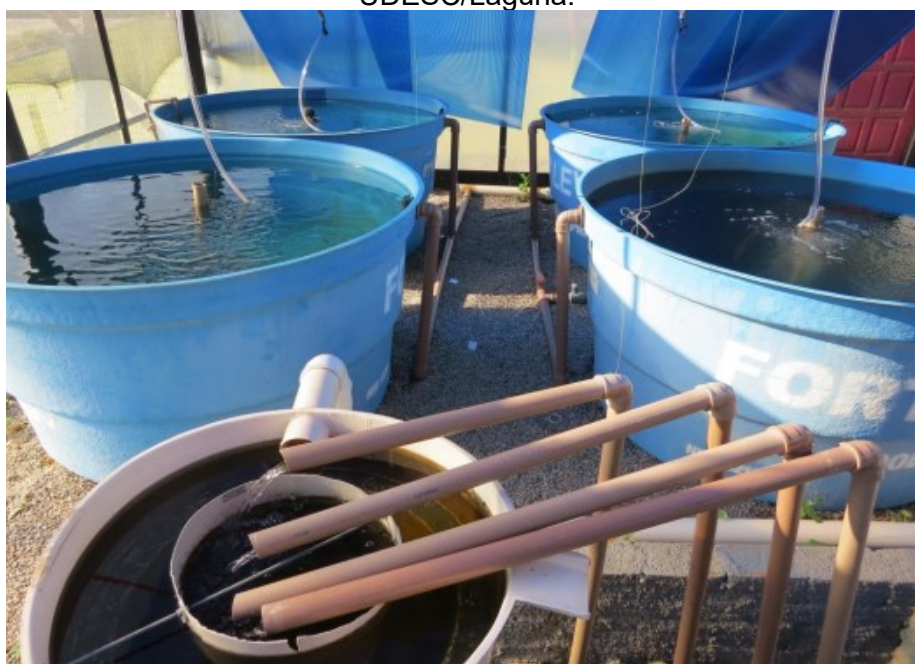
3.1 Componentes do Sistema

O sistema tem como característica principal, proporcionar instalações que garantam maior conforto para os animais, reduzindo as variações ambientais, promovendo um ambiente higiênico e reutilizando a água do sistema através de um sistema de tratamento (BRAZ FILHO, 2000). Segundo Kubitza (2006), os componentes básicos do sistema de recirculação, de um modo simplificado, são fracionados em seis componentes:

- tanques de cultivo;
- decantadores e filtros mecânicos;
- biofiltros;
- sistema de aeração e oxigenação;
- sistema de bombas e tubulação de drenagem e retorno;
- unidades de quarentena.

Para Lapa e Arana (2016), outros equipamentos e unidades podem se fazer necessário, tais como fracionadores de espumas, sistema ultravioleta, sistema de ozonização, entre outros. Esses equipamentos podem ser combinados de acordo com a densidade de cultivo aplicada, além da disponibilidade de investimento. Em geral, quanto maior for a necessidade de água clara, isenta de partículas orgânicas, nitrogênio amoniacal e patógenos, mais componentes o RAS poderá ter.

Ilustração 05. Sistema de recirculação de água do Laboratório de Aquicultura (LAQ) da UDESC/Laguna.



Fonte: Coutinho, 2016.

3.1.1 Tanque de Cultivo

Um recipiente que segura água é chamado de tanque. Porém, só porque um recipiente segura água necessariamente não faz dele um bom habitat de criação de peixes, nem necessariamente o torna eficiente para o operador administrar (BRAZ FILHO, 2000). De acordo com Kubitzka (2006) diversos formatos e design de tanques têm sido empregados em sistemas de recirculação, os mais comuns ainda são os tanques circulares e octogonais, que facilitam a concentração dos resíduos sólidos no dreno central. Alguns sistemas usam tanques retangulares ou ovais, que possibilitam um melhor aproveitamento do espaço comparado aos tanques circulares. Braz Filho (2000) exemplifica que os tanques utilizados para a criação de peixes em sistemas superintensivos podem ser de alvenaria, chapas metálicas, fibra de vidro, vinil e

mantas de PVC, sendo os dois últimos mantidos com estrutura de madeira ou metálica.

3.1.2 Decantadores e Filtros Mecânicos

Um dos principais problemas em um sistema de produção de pescado com recirculação de água é a remoção dos resíduos sólidos da água. Estes sólidos devem ser removidos pois podem entupir o biofiltro, sufocar as bactérias nitrificantes e reduzir o fluxo de água (BRAZ FILHO, 2000). Ainda de acordo com o autor os sólidos podem ser removidos por sedimentação, por concentrador centrífugo ou por filtração mecânica. Uma vez retirados, estes sólidos deverão ter um destino conveniente.

De acordo com Kubitza (2006), cones e decantadores podem ser usados para concentrar os sólidos decantáveis (partículas > 100 micra ou 0,1mm). Filtros mecânicos com telas finas ou filtros fechados com meio filtrante de areia, cascalho ou esferas de plástico (filtros tipo de piscina) concentram e removem os sólidos em suspensão (partículas entre 40 e 100 micra). Sólidos dissolvidos (partículas < 40micra) podem ser concentrados e removidos do sistema com o uso do fracionador de espuma.

Todos os contaminantes das águas residuais, exceto os gases dissolvidos, contribuem para aumentar a quantidade de resíduos sólidos, Lawson (2002 apud CORSO, 2012), sendo que os sólidos gerados nos tanques de cultivo, como fezes e sobras de ração, são a principal fonte de resíduos orgânicos do sistema.

3.1.3 Biofiltros

Segundo Braz Filho (2000) a filtração biológica é o processo pelo qual amônia é convertida primeiro em nitrito e então para nitrato. Este processo também é chamado nitrificação e é feito em um biofiltro. Esta estrutura nada mais é do que um meio sólido contido em um recipiente em cima do qual a água de efluente já filtrada é bombeada. O importante é dimensionar um biofiltro que remova o nitrogênio amoniacal e o nitrito, com pouca manutenção e que esteja integrado no sistema no qual está operando.

Os filtros biológicos são fundamentais para a saúde do sistema, geralmente consiste em uma caixa, tanque, cilindro, ou gaiola preenchida com um substrato que possibilite a fixação de bactérias nitrificadoras, que promovem a oxidação da amônia a nitrato. Diversos tipos de substratos podem ser utilizados nos biofiltros. Os mais

comuns são areia grossa, cascalho, brita, esferas ou cilindros de plástico e flocos de isopor (KUBITZA, 2006). De acordo com Corso (2012) são nos substratos que se fixam bactérias nitrificadoras do gênero *Nitrosomonas* (que realizam a oxidação da amônia a nitrito) e do gênero *Nitrobacter* (que oxida o nitrito a nitrato), ambas reações de oxidação ocorrem durante o percurso da água através do biofiltro.

3.1.4 Sistema de Aeração/Oxigenação

O sistema de aeração deve fornecer a quantidade de oxigênio dissolvido na água necessário ao sistema. Em uma produção superintensiva com recirculação de água é difícil de determinar o oxigênio solicitado, contudo tal informação é importante Losordo (1991, apud BRAZ FILHO, 2000). Identificamos os principais consumidores de oxigênio como a biomassa (peixes), a matéria orgânica (restos de ração, fezes), e o biofiltro (bactérias).

Segundo Kubitza (2006) o sistema de aeração/oxigenação é composto por sopradores de ar e difusores, aeradores mecânicos de diversos tipos (aeradores de pá ou bombas de água), injeção direta de oxigênio gás e mesmo uma combinação entre dois ou mais tipos de aeração/oxigenação. Aeradores e difusores, quando inadequadamente dimensionados ou posicionados podem provocar excessiva agitação dentro dos tanques de cultivo, levantando e fracionando os resíduos sólidos. Assim, é preferível concentrar a aeração em outros pontos do sistema, particularmente após a filtragem de sólidos em suspensão. O fracionador de espuma e o próprio biofiltro são pontos onde a aeração começa a ser aplicada. A maior parte da aeração geralmente é aplicada logo antes ou imediatamente após o biofiltro, reoxigenando a água que retornará aos tanques. Vale destacar que a quantidade de oxigênio dissolvido na água deve ser suficiente para a sobrevivência dos peixes. Seu monitoramento é vital, pois a sua quantidade é reduzida com o aumento da temperatura e da salinidade da água.

3.1.5 Sistemas de Bombas e Tubulação de Drenagem e Retorno

O fluxo de água através do sistema ocorre em parte por gravidade, em parte por bombeamento. A posição das bombas no sistema depende da distribuição vertical dos componentes do sistema e dos tipos de filtros e biofiltros utilizados (CORSO, 2012).

Em algum ponto do sistema é necessário instalar bombas para retornar a água tratada e reoxigenada para os tanques de criação. O dimensionamento de bombas e tubulações deve ser feito por profissionais com bom conhecimento em hidráulica, para evitar sub ou superdimensionamentos no sistema hidráulico do empreendimento (KUBITZA, 2006).

3.1.6 Unidades de Quarentena

Kubitza (2006) indica que sistemas de aquicultura mantenham unidades de quarentena como parte do manejo sanitário a ser adotado. Ainda de acordo com o mesmo, no RAS esta unidade deve ser fisicamente separada da unidade de produção, e contar com seus próprios tanques, filtros, biofiltros, sistema hidráulico e equipamentos de aeração. Peixes novos que chegam ao empreendimento devem permanecer em observação nesta unidade durante algumas semanas para se certificar de que estão livres de organismos patogênicos. Durante a quarentena os peixes geralmente recebem tratamento profilático e terapêutico para eliminar potenciais parasitas ou tratar algum tipo de doença.

3.2 Comparativo entre Diferentes Sistemas de Produção

Como visto a piscicultura de cultivo continental brasileira é diversa em sistemas de produção, espécies e a finalidade a que se dirige, assim sendo, também são vastas e diversificadas a literatura acadêmica e de pesquisa da piscicultura, mas, são bem restritos os trabalhos ou artigos comparativos em termos de sistemas de produção. Bertolini et al. (2021) traz através de um estudo de caso um raro comparativo entre sistema de produção intensivos apresentando seus dados econômicos.

As tecnologias comparadas foram a de tanque rede (TR), viveiro em terra com aeração e troca de água (tanque escavado), viveiros de terra em estufa com formação de bioflocos (BFT), com aeração e pouca/nenhuma troca de água e sistema fechado de BIO-RAS. O estudo focou em uma única espécie, a tilápia, bem como foi regionalizado na Região Sudeste, os dados foram obtidos de produções comerciais bem-sucedidas, que permitiram o acesso aos seus números e representam produções individuais de cada tecnologia.

Tabela 02. Dados combinados das tecnologias apresentadas.

Item	BFT	BIO-RAS	Valores	
			TR	Viveiro
Investimento (R\$)	197.585,00	229.485,00	1.723.879,25	244.550,00
Ciclo de produção (dias)	120-140	110-120	180	210
Área média em lâmina d'água (m ²)	800	800	45.000	10.000
Número de ciclos por ano	2,6 - 3	2,6 - 3,3	1,4	1,4
Produção por ciclo (t)	22,4	25,2	172	70,56
Produção Anual (t)	62.720	74.340	242.082	98.784
Estimativa dos custos de produção anual (R\$)	234.968,87	235.876,12	1.032.630,12	223.839,00
Peso médio de venda (g)	870	880	900	800
Preço médio líquido de venda (R\$/kg)	4,22	4,22	4,54	4,20
Receita Bruta (R\$)	264.678,40	313.714,80	1.099.052,28	414.892,80
Índice de Lucratividade %	11,22	24,81	6,05	46,05
Resultado Operacional por ano (R\$)	29.709,53	77.838,68	66.473,09	191.053,80
Vida útil média dos equipamentos (anos)	10 – 15	10 – 15	10	10

Fonte: Bertolini et al., 2021.

De acordo com Bertolini et al. (2021), a comparação entre as tecnologias deve ir além da observação do custo de produção por tonelada de tilápia produzida, sendo importante avaliar o custo de implantação, necessidade de terra, requerimento ou não de grandes volumes de água e o potencial de produção anual de cada tecnologia. Esta última característica altera o resultado financeiro, podendo viabilizar uma tecnologia. É o caso da BFT e BIO-RAS, que possuem a capacidade de realizarem de 2,6 a 3 ciclos por ano, sendo o diferencial financeiro das tecnologias de produção de baixo uso hídrico, em que a eficiência do manejo deve atingir níveis elevados para que os sistemas sejam viáveis, além do apelo de serem ambientalmente mais adequadas.

4 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA RAS NA AGRICULTURA FAMILIAR

A agricultura familiar brasileira desempenha atribuições que ultrapassam as “cercas e as porteiras” da produção de alimentos, cumpre um papel ambiental e social que agrega na produção para consumo próprio bem como no abastecimento das cidades, garantindo assim segurança alimentar, nutricional e ambiental a população.

No Brasil, a agricultura familiar tem se desenvolvido a partir de um conjunto complexo de sistemas de produção, agregando várias culturas e criação de animais, tanto para o consumo familiar quanto para o mercado (DOS SANTOS et al., 2014).

Assim sendo a piscicultura familiar cumpre esse papel com relevância. A piscicultura como atividade no meio rural surge, inicialmente, como uma alternativa visando complementar as receitas da propriedade e como fonte de proteína em comunidades carentes, mediante a produção de peixes em pequena escala para o consumo familiar da população em zonas rurais e urbanas (DOS SANTOS et al., 2014).

Sabendo que nenhuma propriedade rural é igual a outra, cada qual com suas particularidades, seus privilégios ou dificuldades, seus problemas e soluções, para a implantação de piscicultura é necessário identificar se a propriedade tem as condições necessárias para o cultivo de peixes. O clima, a topografia, o tipo de solo, as legislações locais e a disponibilidade de água são os principais fatores de análise para a implantação, apenas um desses fatores como problema pode limitar e até mesmo restringir que se implante uma criação de peixes.

Assim sendo, o Sistema de Recirculação Aquícola, pode ser solução para os agricultores familiares que possuam fatores limitantes em suas propriedades, buscando otimizar o sistema com componentes baratos para redução de custos de implantação.

4.1 Implantação do Projeto

O Sistema RAS foi implantado em uma propriedade de agricultores familiares denominada Sítio Nossa Senhora Aparecida localizado no Assentamento Reage Brasil no município de Bebedouro – SP. O sistema foi montado em linha com 10 metros de comprimento sobre uma camada de pedras e cacos de telhas e tijolos, facilitando o manejo evitando barro e contribuindo para a não impermeabilização do solo; paletes de madeira e plástico, blocos e tijolos foram utilizados para dar a altura de nível correto para a água do sistema correr pela gravidade. Conta com uma bateria

de 05 tanques de cultivo utilizados como tanques de engorda, sendo, 04 containers do tipo IBC com grades de 1000 litros de capacidade cortados em sua parte superior e 01 caixa d'água de polietileno de 1000 litros, com sistema de abastecimento e drenagem individuais. Para evitar exposição solar direta sobre a lâmina d'água os tanques recebem uma cobertura artificial com tela sombrite e também cobertura natural com alface d'água (*Pistia stratiotes*), lentilha d'água (*Lemna minor*) ou aguapé (*Eichhornia crassipes*). Essa menor exposição ao sol evita evaporação da água do sistema e proliferação exagerada de algas, além disso a cobertura natural colabora com a biologia do sistema fornecendo conforto de ambiência aos peixes.

Ilustração 06. Tanques de cultivo para engorda dos peixes.



Fonte: Autoria própria, 2022.

A drenagem dos tanques de engorda é realizada pelo sistema *overflow* com canos de PVC e descem por gravidade para o sistema de tratamento da água levando os resíduos sólidos dos tanques. O tratamento desses resíduos passa primeiro pelo decantador, o qual foi utilizado um tambor (bombona) de polietileno de 240 litros cortado em sua parte superior. A água com os sólidos da criação entra pela parte de baixo de forma a criar uma rotação espiral, fazendo com que os sólidos mais grossos e pesados se concentrem no fundo do decantador e a água saia por 02 suspiros para um sistema misto de filtragem mecânica e biológica. O decantador deve ser drenado periodicamente para a retirada dos sólidos e os mesmos terem destinação correta como por exemplo a compostagem.

Ilustração 07. Decantador de sólidos.



Fonte: Autoria própria, 2022.

No sistema misto de filtragem utilizou-se uma piscina de fibra de vidro de 1000 litros, essa piscina foi forrada com lona de plástico e utilizou-se como meio filtrante blocos, telhas, cacos de tijolos e carvão mineral. Vale ressaltar que a cerâmica dos tijolos e telhas funciona como um agregador das colônias de bactérias utilizadas na filtração biológica. É nesse ambiente onde ocorre o processo de conversão da amônia em nitrito e depois em nitrato. Para isso é necessário que o biofiltro conte com a presença de substratos que permitam a fixação de bactérias (KUBITZA,2006).

Ilustração 08. Sistema misto de filtragem mecânica e biológica.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Após a água passar por esse filtro misto, segue para mais uma etapa de filtragem agora em filtro biológico chamado *sump*, foi utilizada uma caixa d'água de polietileno de 500 litros. É neste filtro onde ficam as mídias nitrificantes, também conhecidas como colonizadoras ou biológicas, são nelas que as bactérias formam colônias para a última etapa de nitrificação. Neste projeto, utilizou-se como mídia, 10 m de eletroduto flexível (conduíte) corrugado de 1/2", cortado em seções de 2cm.

De acordo Pereira e Mercante (2005, apud APARICIO, 2013) a presença de oxigênio na coluna de água do biofiltro e na superfície do substrato (mínimo 4,0 mg/L), são condições fundamentais para o processo de nitrificação, mediado pela ação de dois gêneros de bactérias: Nitrossomonas e Nitrobacter. Assim optou-se por colocar um sistema de aeração no *sump* feito com canos de PVC de ¾", ligados diretamente a uma bomba submersa de 85 Watts de potência e vazão de 12.000 litros por hora, esta bomba deve ser de boa qualidade pois ela é o coração do sistema, alimentando toda a linha de água filtrada e oxigenada de retorno aos tanques de cultivo, ou seja, qualquer falha nela pode colocar toda a produção em risco.

Ilustração 09. Filtro biológico, sump, e mídias biológicas.



Fonte: A autoria própria, 2022.

Para maximizar a capacidade filtrante do sistema, optou-se por colocar mais uma etapa de limpeza e filtragem utilizando uma piscina de fibra de vidro de 1000 litros onde ficam peixes de outras espécies e que tem notada capacidade de remover sólidos da água e contribuir com a biologia do sistema, utilizou-se espécies de carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) também conhecida como carpa do limo, carpa cabeçuda (*Hypophthalmichthys nobilis*) e curimbá (*Prochilodus lineatus*).

Ilustração 10. Filtragem adicional com outras espécies de peixes.



Fonte: A autoria própria, 2022.

Há ainda acoplado ao sistema um tanque de cultivo para cria de alevinos, para esse tanque utilizou-se uma caixa d'água de 310 litros com sistema *overflow* de retirada de sólidos e aerador.

Ilustração 11. Tanques de cultivo para cria de alevinos.



Fonte: Autoria própria.

O dimensionamento do sistema foi implantado de acordo com a capacidade máxima de cultivo que seria de 350 kg de peixe no final de um ciclo de 8 meses (informação verbal)¹.

4.2 Custos de Implantação

O projeto teve como base implantar um projeto viável e com baixo custo para criação de peixes em sistema intensivo. Muitos desses materiais usados estavam na propriedade sem uso ou serventia, enquanto outros foram adquiridos no comércio de artigos usados, equipamentos essenciais foram adquiridos novos e com garantia.

¹ Entrevista particular cedida por Lucas Rodrigues Alvarenga sobre a implantação do sistema RAS no Sítio Nossa Senhora Aparecida em 09/06/2022.

Tabela 03. Orçamento de materiais usados na montagem do sistema na propriedade de agricultura familiar no município de Bebedouro – SP.

Material/Equipamento	Quant.	Valor Unit. (R\$)	Valor Total (R\$)
Bomba submersa Ocean Tech 12.000 l/h 220v	01	970,00	970,00
Container IBC 1000 l	04	350,00	1.400,00
Caixa d'água 1000 l Fortlev	01	282,50	282,50
Caixa d'água 500 l Fortlev	01	204,25	204,25
Caixa d'água 310 l Fortlev	01	194,90	194,90
Piscina de fibra 1000 l	02	400,00	800,00
Tambor 240 l	01	130,00	130,00
Barra de tubo PVC 32 mm 6m	04	16,00	64,00
Barra de tubo PVC de 50 mm 6m	04	17,50	70,00
Barra de tubo PVC de 100 mm 6m	01	33,90	33,90
Flange de PVC de 32 mm	06	10,30	61,80
Adaptador PVC de 32 mm	06	0,79	4,74
Cap PVC de 32 mm	04	2,00	8,00
Joelho de PVC de 32 mm 45 graus	10	1,90	19,00
Joelho de PVC de 32 mm 90 graus	06	1,90	11,40
Registro de PVC de 32 mm	03	13,50	40,50
Flange de PVC de 50 mm	08	18,75	150,00
Joelho de PVC de 50 mm 90 graus	12	3,89	46,68
Tê PVC de 50 mm	10	4,10	41,00
Adaptador PVC de 50 mm	02	2,90	5,80
Bucha redução PVC de 50 p/ 32 mm	06	3,30	19,80
Tê redução de 50 p/ 32 mm	06	3,50	21,00
Boia caixa d'água ¾"	01	14,50	14,50
Total		2680,38	4593,77

Fonte: Autoria própria (2022).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A opção por implantar o RAS em detrimento aos outros tipos de sistemas foi fundamentado nos quesitos limitantes e mais importantes de uma piscicultura de cultivo, ou seja, disponibilidade de água, uso de terras, tipos de solo, investimentos e custos. Como visto anteriormente, o sistema de recirculação é o mais interessante por ser ambientalmente mais adequado, ótimo índice de lucratividade, utilização de pouco espaço, menor investimento e custos gerais mais baixos quando comparados a outros sistemas de cultivo.

A implantação do projeto RAS foi realizada dentro do tempo e as condições esperadas, reforçando o objetivo de utilização de materiais usados e de baixo custo, mas com qualidade, o sistema se mostrou funcional e prático. Utilizou-se caixas d'água, piscinas bem como alguns tubos e conexões hidráulicas que já possuía em sua propriedade, diminuindo os custos de investimento de implantação (informação verbal)². O sistema passou por testes de vazamentos e dimensionamento de vazão e realizada uma recirculação de 30 dias para formar o ciclo biológico, ou seja, criar colônias de bactérias, fitoplâncton e zooplâncton para a filtração biológica e ambiência aos peixes. Foi iniciada uma criação em 2022 com juvenis de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), sem reversão sexual e aprimoramento genético, separados por tamanho nos tanques de engorda.

Apesar do sistema estar bem implantado e dimensionado é crítico no que se refere a ambiência térmica. O sistema está a céu aberto, mas com sombra em sua maior parte, em épocas de baixa temperatura é sofrível aos peixes, que tem seu metabolismo desacelerado, evita se alimentar, passa a ter perda de peso e não engordar e em casos extremos causa a mortandade da criação. Soluções simples podem ser adotadas para manter a água em uma temperatura satisfatória a criação, pode ser adotado um sistema de aquecedor elétrico, a gás ou lenha com um dispositivo de serpentina na água de retorno aos tanques, outra solução e talvez a melhor seria a implantação de uma estufa ao redor do sistema, além do conforto térmico, a estufa evita predadores, contaminantes, sol direto e etc.; frisamos que temperaturas estáveis são também benéficas a toda a biologia do sistema.

Além do problema de conforto térmico em dias frios na criação, outro problema ainda mais grave foi detectado, a instabilidade de fornecimento de energia elétrica na

² Entrevista particular cedida por Lucas Rodrigues Alvarenga sobre a implantação do sistema RAS no Sítio Nossa Senhora Aparecida em 09/06/2022.

zona rural. Duas quedas de energia que perduraram por muitas horas, causou a mortandade de quase toda a produção, devido à falta de recirculação e consequentemente a falta de aeração e oxigenação no sistema. A instabilidade de fornecimento de energia elétrica é um problema recorrente e uma solução é implantar um sistema de *backup* com baterias estacionárias de 12 ou 24 volts recarregáveis conectadas a um contactor automático, sistemas fotovoltaicos também são uma opção, bem como, geradores de energia elétrica movidos a combustíveis. Vale ressaltar que para um sistema de *backup* com baterias se faz necessário o uso de um inversor de voltagem ou uma segunda bomba de 12 volts.

Ainda de acordo com o proprietário, outra dificuldade encontrada, é encontrar mão de obra especializada nesse sistema (informação verbal)³, Bertolini et al. (2021) reforça esse pensamento quando coloca a mão de obra como o principal desafio tecnológico dos sistemas de recirculação como o BFT e o BIO-RAS.

³ Entrevista particular cedida por Lucas Rodrigues Alvarenga sobre a implantação do sistema RAS no Sítio Nossa Senhora Aparecida em 09/06/2022.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de criação de peixes com recirculação de água não é recente no Brasil, mas em relação a países europeus, EUA e Israel por exemplo, este tipo de sistema ainda engatinha, tendo sua utilização para fins comerciais iniciada em meados dos anos 90 (BRAZ FILHO, 2000). A escolha de espécies criadas, realidade econômica, disponibilidade hídrica, questões de sustentabilidade, regulamentação e visão da sociedade sobre o setor colocam o sistema RAS como interessante opção para o produtor rural, que atualmente está à procura de novas opções de produção. Uma vez que o aquicultor fizer a conta que vale mais a pena recircular a água do que gastar com insumos para deixá-la dentro dos padrões de qualidade para o cultivo, valerá a pena investir na propriedade para recuperar a qualidade da água inicial e dar sequência a novos cultivos com a água tratada (LAPA e ARANA, 2016).

Como se evidenciou o projeto foi idealizado de forma a reduzir custos de implantação, reutilizar equipamentos sem uso e ser funcional e cumpriu este papel. O dimensionamento e a vazão do sistema, sua capacidade de reter sólidos, filtração biológica e aeração está de acordo com o que é necessário para uma criação comercial de peixes. Há necessidade de correção ou implantação de medidas afim de mitigar ou zerar problemas na produção, como o conforto térmico e a capacidade de suprir eventuais quedas de energia por longos períodos. Com base nesse contexto, outros agricultores familiares podem seguir o mesmo caminho e diversificarem sua renda e consumir proteína de alto valor.

O presente trabalho definiu métodos e exemplos de equipamentos na implantação de um sistema de recirculação aquícola, mas muitos estudos ainda deverão ser realizados sendo fundamental para o bom desempenho do cultivo, um manejo adequado, o monitoramento dos parâmetros físico-químicos da água, biometrias regulares de pH, de amônia, nitritos e nitratos e qualidade da ração e sua conversão alimentar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, Lucas Rodrigues. **Entrevista particular sobre a implantação do sistema RAS no Sítio Nossa Senhora Aparecida**. 2022. Bebedouro, SP. Gravação digital em OGG, 13,30 min. Entrevista concedida a Luciano de Paula Roque e Thiago Lapola Alves em 09/06/2022.

APARICIO, Suzete. **Sistema Fechado de Circulação de Água (SFCA) para Condução de Experimento em Piscicultura**. Universidade Federal do Amazonas. Benjamin Constant, AM. 2013. 19 p.

BERTOLINI, Renata Melon Barroso et al. **Dados Econômicos de Diferentes Tecnologias de Produção Intensiva de Tilápias**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/aquicultura-e-pesca/informativos/cartilha-de-custos-tilapia-1/cartilha-de-custos-tilapia>. Acessado em: 15/06/2022.

BRASIL, Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo. **Levantamento das Unidades de Piscicultura do Estado de São Paulo**, São Paulo, SP. 2019. Disponível em: [https://www.cati.sp.gov.br/portal/themes/unify/arquivos/produtos-e-servicos/acervo-tecnico/Documento%20T%C3%A9cnico%20123%20-%20levantamento das unidades de piscicultura no estado de sao paulo marco 2021.pdf](https://www.cati.sp.gov.br/portal/themes/unify/arquivos/produtos-e-servicos/acervo-tecnico/Documento%20T%C3%A9cnico%20123%20-%20levantamento%20das%20unidades%20de%20piscicultura%20no%20estado%20de%20sao%20paulo%20marco%202021.pdf) Acessado em 04/05/2022.

BRASIL, Departamento de Desenvolvimento e Ordenamento da Pesca. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Áreas estratégicas para a pesca brasileira**, Brasília, DF. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/aquicultura-e-pesca/pesca/estrategias-regionais-do-depop> Acessado em: 30/04/2022.

BRASIL, Programa de Monitoramento da Atividade Pesqueira Marinha e Estuarina. Instituto de Pesca de São Paulo. **Informe pesqueiro de São Paulo**. São Paulo, SP. 2022. Disponível em: <http://www.propesq.pesca.sp.gov.br/42/conteudo> Acessado em: 28/04/2022.

BRASIL, Secretaria de Pesca e Aquicultura. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Boletim aquicultura em águas da união 2020**. Brasília, DF. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/aquicultura-e-pesca/aquicultura-1/boletim-aquicultura-em-aguas-da-uniao-2020.pdf>. Acessado em: 15/04/2022.

BRAZ FILHO, Manuel dos Santos Pires. **Qualidade na produção de peixes em sistemas de recirculação de água**. Centro Universitário Nove de Julho. São Paulo, SP. 2000. 41 p.

CORSO, Maira Nesello. **Uso de sistemas com recirculação em aquicultura**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012. 35 p.

COUTINHO, Carlos Roberto et al. **Implantação de um Sistema de Recirculação de Água Low Cost em Estufa**. In: Seminário de Iniciação Científica, 26º. 2016, Universidade do Estado de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 2016. Disponível em: https://www1.udesc.br/arquivos/id_submenu/2558/21.pdf. Acessado em: 19/05/2022

DOS SANTOS, Iolanda Araújo Ferreira et al. **Piscicultura de Base Familiar como Estratégia para o Desenvolvimento Rural: Experiências no Estado de Pernambuco**. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, PE. 2013. 18 p.

FAO, Organização Das Nações Unidas Para Alimentação E Agricultura. **SOFIA - The State of World Fisheries and Aquaculture 2020**. Roma, 2020. 244p. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/ca9229en> Acessado em: 06/05/2022.

KUBITZA, Fernando. Sistemas de Recirculação: sistemas fechados com tratamento e reuso da água. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, RJ. v. 16, n. 95, p. 15-22, mai/jun. 2006.

LAPA, Katt Regina; ARANA, Luis Alejandro Vinatea. **Sistemas de Recirculação Aquícola – RAS – Quando Utilizar?** Laboratório de Camarões Marinhos, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 2016. 6 p.

OCEANA BRASIL. **Auditoria da Pesca – Brasil 2021: Uma avaliação integrada da governança, da situação dos estoques e das pescarias**. Brasília, DF. 2021. 64p. Disponível em: <https://brasil.oceana.org/auditoria-da-pesca/> acessado em 03/03/2022

ONU, Organização das Nações Unidas. **Perspectivas da População Mundial, a Revisão de 2012**. New York, 2013. Disponível em: <https://www-un-org.translate.goog/en/development/desa/publications/world-population-prospects-the-2012-revision.html? x tr sl=en& x tr tl=pt& x tr hl=pt-BR& x tr pto=sc> Acessado em: 07/04/2022.

PEIXEBR, Associação Brasileira Da Piscicultura. **Anuário Associação Brasileira da Piscicultura 2022**. São Paulo, SP 2022. 79 p. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario2022/>

ANEXO A – Entrevista com agricultor familiar Sr. Lucas Rodrigues Alvarenga proprietário do Sítio Nossa Senhora Aparecida no município de Bebedouro – SP acerca da implantação do Sistema de Recirculação Aquícola – RAS em sua propriedade. Entrevista concedida no dia 06 de junho de 2022.

1 Porque optou pelo sistema RAS?

R: Eu optei pelo RAS por causa da minha disponibilidade hídrica, como possuo água de poço, optei pelo RAS, porque não tenho tanta água e ficaria mais fácil de trabalhar desta forma e para aprender a trabalhar, então o RAS é um sistema mais palpável

2 Antes de optar pelo sistema de recirculação, houve estudo para implantar outro sistema? (Tanque escavado, tanque elevado, etc.).

R: Eu cheguei a escavar um tanque, mas por motivos de a água puxar muito, eu não cheguei nem a fazer um estudo, só escavei um tanque e enchi de água, mas aqui a água vai embora muito rápido, eu não impermeabilizei o tanque, eu não acabei trabalhando dessa forma.

3 Quais são os benefícios que o sistema RAS trouxe para sua propriedade?

R: Ele manejado de forma certa, ele traz um lucro para pequenas propriedades iguais a minha, agrega na receita da propriedade.

4 Qual dificuldade de manter um sistema RAS?

R: A dificuldade que eu encontrei foi na mão de obra, não tendo tanto tempo para trabalhar com uma atenção bem grande em cima do sistema, tem que ter gente direto e o problema da energia, a falta de energia elétrica, foram os maiores problemas que eu encontrei.

5 Quais são os cuidados importantes para a implantação do sistema RAS?

R: Os cuidados principais que a gente tem que ter é a disponibilidade hídrica, ver o volume de água disponível, porque eventualmente tem que fazer uma TPA, troca parcial de água, então tem que haver um tanto de água compatível com o tamanho do sistema e também depois que tive problema com isso, tem que se atentar ao problema de energia, se tem muito problema de energia tem que montar um sistema de backup pra não ter esse problema, porque não pode parar de recircular essa água, senão da saturação de amônia.

6 Quais os componentes do sistema de produção implantado? (Tanques, bombas, filtros, etc.).

R: Os meus componentes são 5 caixas de engorda, cada caixa de 1000 litros, eu tenho 3 tambores de decantação, uma piscina de filtração, a piscina de filtração ela é composta com os filtros orgânicos, que é o carvão mineral e a cerâmica que uso telha e plantas, que é o sistema biológico, e também uma piscina de filtração com peixes que a gente trabalha com o curimba, a carpa capim e a carpa cabeçuda, esses peixes eles ajudam na filtração da água, também tem o tanque que é o SUMP que é uma caixa d'água de 500 litros aonde que fica o bombeamento, toda água filtrada cai nessa caixa e ela é

bombeada pra retornar no sistema e dentro dessa caixa também tem um sistema de filtragem biológica que é a desnitrificação feita por bactérias que são alojadas em pedaços de conduítes e também é feita essa parte da filtragem. Também tem uma caixa de 300 litros que é onde fica os alevinos, que é quando chega os alevinos ou nasce no sistema, é separado para os peixes grandes não comerem, aí quando chegam no tamanho eles passam para as caixas de engorda. Então o sistema é formado nessa composição aí.

7 Qual a capacidade de produção do sistema implantado?

R: A capacidade de produção dele é para 350 kg a cada 8 meses, a cada 8 meses é 350 kg de peixe.

8 Qual o tempo de 1 ciclo de produção?

R: Na faixa de 8 meses se consegue tirar o peixe com média de 800 g a 1 kg.

9 Aquisição de alevinos ou juvenis certificados? Genética? Reversão sexual?

R: No meu caso a intenção é, porém os que eu trabalhei não foram adquiridos dessa forma, não tem certificado, nem genética, nem reversão, eu fui coletar no tanque de um amigo meu, então eu já peguei os alevinos juvenis já, nem tinha alevino era juvenil e soltei no tanque, só separei por tamanho e soltei no tanque.

10 Em relação ao manejo alimentar, qual a ração utilizada? (% proteína, suplemento, etc.)

R: Eu trabalhei com a ração conforme o tamanho do peixe, então eu tenho um aplicativo que você coloca lá o tamanho quanto gramas ele tem e ele te fala qual ração tem que usar, então eu usei de acordo com as especificações mesmo, então tem ração de 38% de proteína quando ele é menor aí 36, 32, vem para 28, tanto a granulometria quanto a porcentagem de proteína são de acordo com as especificações do peixe que ele pede. E não usei mais nada, suplemento essas coisas eu não usei, trabalhei só com a ração.

11 O desenvolvimento do cultivo foi satisfatório? Houve prova de ganho de peso? Taxa de crescimento?

R: Eu não cheguei a fazer análise de ganho de peso, porém teve muito ganho de peso, não dentro de prazo específico porque o cultivo não foi satisfatório por esse motivo, eu não tive um empenho no cuidado do sistema durante o período certo, não tive mão de obra para isso, que foi um gargalo meu foi a mão de obra, então não foi satisfatório, mas tiveram bom ganho de peso.

12 Em relação a sanidade dos peixes, houve correto manejo sanitário? Houve problema com doenças ou parasitas?

R: Eu não tive problemas com doenças durante o período, houve o manejo sanitário, eu tenho descarte da água é feito periodicamente, da água de decantação, onde os dejetos maiores ficam, então quanto a isso foi tranquilo, não houve problemas.

13 Origem da água utilizada no sistema?

R: É água de poço artesiano, coletada e bombeada para as caixas.

14 Foram realizadas análises dos parâmetros de qualidade da água utilizada no sistema?

R: Sim eu fiz, agora não, mas fiz os testes de amônia, pH e de ácido nítrico eram realizadas semanalmente.

15 Há soluções de conforto térmico para os dias de baixa temperatura?

R: Não, não há, não implantei nenhum sistema de estufa ou de aquecimento de água.

16 Existem soluções para evitar ou reparar falta de energia elétrica que alimenta a bomba do RAS?

R: Até o momento não tinha, mas acabei comprando um gerador, porém, ele não é só para o sistema, uso ele em outros lugares do sítio também.

17 Qual a lucratividade do sistema RAS?

R: Eu não tenho parâmetro para falar de lucratividade porque, eu não consegui completar certinho o ciclo e poder vender e colocar o peixe no mercado, pois tive percas pelo motivo da falta de energia, perdi praticamente 80% dos peixes, então não tem como fazer uma conta, porém é um sistema lucrativo sim, ele bem manejado eu acredito que em torno de 60% mais ou menos se consegue ter um lucro em cima do investimento sim.

18 Há viabilidade econômica em sua produção?

R: Na forma como é tocada hoje, não há, precisa de uma estruturação e principalmente da mão de obra, que não tenho no momento.

19 Quais os planos de expansão da produção?

R: Assim que eu colocar para rodar novamente o sistema, eu tenho o plano de construção de tanques elevados para engorda e esse sistema vou deixar ele para os peixes alevinos e os juvenis, vou fazer dois tanques de engorda e colocar esses juvenis depois no tanque de engorda para ter uma produção em maior escala

20 Qual foi o investimento inicial da implantação do projeto?

R: Esse projeto que tenho aqui foi investido cerca de R\$ 3.500,00, fora o gerador.

21 Utilizou equipamentos que já possuía na propriedade no sistema?

R: Sim utilizei algumas caixas d'água e piscinas que eu já tinha na propriedade e alguns canos.

22 Buscou auxílio para a implantação ou manejo com equipe técnica ou profissional da área de piscicultura? Quais seriam?

R: Eu procurei auxílio no Youtube mesmo, um auxílio gratuito, mas com profissionais que entendem do assunto e eu fui estudando antes da implantação, foram com vários profissionais que disponibilizam vídeos no Youtube.